Handlungsoptionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Bestandsbau

Forschungsprojekt, Abschlussbericht, 31. März 2011

Im Auftrag der
Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)
Thüringer Energie- und GreenTech-Argentur (ThEGA)

Projektleitung:
Bauhaus-Universität Weimar
Professur Abfallwirtschaft
Prof. Dr.-Ing. habil. Werner Bidlingmaier
Dr.-Ing. Manfred Hanfler

Weitere beteiligte Forschungseinrichtungen:
Fachhochschule Nordhausen
FITR Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau gemeinnützige GmbH
Jena-Geos® Ingenieurbüro GmbH
Aninstitut an der BUW Knoten Weimar GmbH

Autoren:
Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Hans Wilhelm Alfen
Dipl.-Ing. Klaus-Peter Breitkopf
Dipl.-Ing. Ute Büchner
Dr.-Ing. Dirk Daube
Prof. Dr.-Ing. Dieter D. Genske
Dr.-Ing. Manfred Hanfler
B.Sc.Geogr. Anika Homuth
Dipl.-Ing. Anton Ivanov
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Frank Kiesewetter
M.Sc. Daniel Meyer
Dipl.-Ing. Ingo Quaas
Dr. Ing. Kersten Roselt
Dipl.-Geogr. Ariane Ruff
Dr.-Ing. Christian Springer

Inhaltsübersicht

1 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE 1

1.1 Aufgabenstellung 1

1.2 Vorgehensweise und Methodik 2

1.3 Durchführung 3

2 ANALYSE DES GEGENWÄRTIGEN WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN STANDES ZUM PROBLEMFELD DES ENERGETISCHEN STADTUMBAUS 4

2.1 Bisherige Modellvorhaben zum energetischen Stadtumbau in Deutschland 4

2.2 Literaturrecherche zur Analyse von Energiekonzepten für Regionen, Städte, Gemeinden, Einzelquartiere und Gebäude 46

2.3 Vorliegendes Wissen zum am Stadtumbau Beteiligten 61

2.4 Systematisierung der Komponenten nach Stadtplanerischen und gebäudetechnischen Gesichtspunkten 67

2.5 Bewertung der Lösungen einzeln und im Kontext mit anderen Optionen unter Zuhilfenahme recherchierter Lösungen und Pilotprojekte 98

3 KLASSIFIZIERUNG, IDENTIFIZIERUNG UND BEWERTUNG VON TYPISCHEN STADTRÄUMEN IM FREISTAAT THÜRINGEN 102

3.1 Methodische Grundlagen zur Stadtraumtypisierung 102

3.2 Klassifizierung von Stadtraumtypen für Thüringen 103

3.3 Stadtraumanalyse ausgewählter Städte und Gemeinden 110

3.4 Städtebauliche Bewertung der identifizierten Stadtraumtypen in den Untersuchungsräumen 131

3.5 Energetische Bewertung der identifizierten Stadtraumtypen in den Untersuchungsräumen 143

3.6 CO_2-Einsparpotenziale 172

4 ÖKOLOGISCH, ENERGETISCH UND WIRTSCHAFTLICH EFFIZIENTES ENERGIEKONZEPT AM BEISPIEL DER STADT WEIMAR 173

4.1 Zielstellung 173

4.2 Methodik 173

4.3 Analyse der gegenwärtigen Energiebedarfsdeckung in Weimar 174

4.4 Szenarien der energetischen Entwicklung 189

4.5 Interaktives Planungs- und Informationsportal zur Energiewirtschaft der Stadt Weimar (Kommunaler Energieausweis) 192

4.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 196

5 ABLEITUNG VERALLGEMEINERUNGSFÄHIGER UMSETZUNGS-STRATEGIEN ZUR ENERGETISCHEN QUALIFIZIERUNG VON STADTRÄUMEN 251

5.1 Handlungsempfehlungen für die wärmetechnische Sanierung, den Ausbau der Nahwärmeversorgung und den Einsatz erneuerbarer Energiequellen in den Stadträumen 251

5.2 Ermittlung eines optimalen, stadtraumtypischen „Mixes“ erneuerbarer Energieoptionen (Ausnutzung von Synergien) unter Berücksichtigung dezentraler Wärmeversorgungslösungen 257

5.3 Strategien zur Steuerung und Lenkung des energetischen Stadtumbaus 258

6 AKTUELLE FÖRDERMASSNAHMEN DES BUNDES UND DER EUROPÄISCHEN UNION ZUR ENERGETISCHEN STADTSANIERUNG 261

6.1 Förderrichtlinien, Gesetze zum Klimaschutz 261

6.2 Förderprogramme 271

7 ANTRAGSSKIZZE ZUR EINWERBUNG VON BUNDES- UND/ODER EU-MITTELN 316

7.1 Allgemeine Angaben bei der Antragstellung 316

7.2 Antragsskizzen bzw. Projektvorschläge und –ideen 317

8 FORSCHUNGS- UND HANDLUNGSBEDARF 320

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsübersicht II
Inhaltsverzeichnis IV
Abbildungsverzeichnis XIV
Tabellenverzeichnis XIX
Formelverzeichnis XXI

1 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE 1

1.1 Aufgabenstellung 1

1.2 Vorgehensweise und Methodik 2

1.3 Durchführung 3

2 ANALYSE DES GEGENWÄRTIGEN WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN STANDES ZUM PROBLEMFELD DES ENERGETISCHEN STADTUMBAUS 4

2.1 Bisherige Modellvorhaben zum energetischen Stadtumbau in Deutschland 4

2.1.1 Allgemein 4
2.1.2 Ziele, Methoden und Ergebnisse aus den Modellvorhaben der Forschungsinitiative EnEff:Stadt des BMWi 5
2.1.2.1 Allgemein 5
2.1.2.2 Modellhafte Stadtquartierssanierung Freiburg Weingarten-West 5
2.1.2.3 Integrales Quartiers-Energiekonzept Karlsruhe-Rintheim 7
2.1.2.4 Eine Militärbrache auf dem Weg zur Nullenergiestadt – Bad Aibling 8
2.1.2.5 Ökologische Siedlungsentwicklung Kassel-Oberzwehren 9
2.1.2.6 Sanierung und CO_2-neutrale Wärmeversorgung einer 50er Jahre-Wohnanlage – München/Haidhausen 10
2.1.2.7 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Modellvorhaben der Forschungsinitiative EnEff:Stadt des BMWi 11
2.1.3 Kurzdarstellung der Modellvorhaben aus der Förderinitiative „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt“ des BMBF 12
2.1.3.1 Allgemein 12
2.1.3.2 „Historische Stadt Aachen – E3: Energieeinsparung * Energieeffizienz * Erneuerbare Energien“ 12
2.1.3.3 Energieeffizientes Stadtentwicklungskonzept - (EneffSeko) der Städte Duisburg, Leipzig, Rosenheim, Schneeberg 13
2.1.3.4 „Wege in die energieeffiziente urbane Moderne – Entwicklung eines akteursorientierten kommunalen Energiemanagementsystems in Delitzsch“ 13
2.1.3.5 Energie- und Klimaschutzkonzept für das linksrheinische Düsseldorf 14
2.1.3.6 „Klima-Initiative Essen - Handeln in einer neuen Klimakultur“ 14
2.1.3.7 „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt für die Gemeinde Göda“ 15

2.1.3.8 „Energieeffiziente Stadt, der Hamburger Weg: Ambitionierter Klimaschutz bei komplexen Entscheidungsstrukturen“ 15
2.1.3.9 „Energieoptimierte Stadt (EOS) - Landau“ 16
2.1.3.10 „Im Osten geht die Sonne auf! Energieräumliches Konzept für den Leipziger Osten“ 17
2.1.3.11 „Magdeburg EnergieEffiziente Stadt – Modellstadt für Erneuerbare Energien (MD-E4)“ 17
2.1.3.12 Offene Innovationsprozesse für die energieeffiziente Stadt 2020+ (OFFIES 2020+) 18
2.1.3.13 „ENEFF STADT OLDENBURG: Energieeffiziente Stadt Oldenburg Entwicklung und Umsetzung einer Energieeffizienz-Strategie für die Gesamtstadt“ 18
2.1.3.14 „Energieeffiziente Stadt Schwäbisch Gmünd 2020“ 19
2.1.3.15 „Stadt mit Energie-Effizienz - SEE Stuttgart“ 20
2.1.3.16 „Wolfhagen 100% EE—Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung für die Stadt Wolfhagen“ 20
2.1.3.17 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der Förderinitiative „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt“ des BMBF 21
2.1.4 Modellvorhaben aus dem Forschungsprogramm Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt).....21
2.1.4.1 Allgemein 21
2.1.4.2 Modellstadt Cottbus - Projekt „Energiesparschule“ (bauliche und technische Sanierung eines Plattenbau-Schulgebäudes aus den 70er Jahren auf Passivhausstandard).....22
2.1.4.3 Modellstadt Finsterwalde – Projekt Schul- und Sportcampus 23
2.1.4.4 Guben – Modellvorhaben: Optimierung der fernwärmebasierenden Energieversorgung unter Einbeziehung regenerativer Energien.....24
2.1.4.5 Lübbenau / Spreewald – Modellvorhaben: Einbindung von energetischen Einzelmaßnahmen in das städtische Energiekonzept "Masterplan Energie 2021".....25
2.1.4.6 Luckenwalde – Modellvorhaben: Beispielhafte Verbesserung der energetischen Gesamtbilanz eines Stadtquartiers 26
2.1.4.7 Prenzlau – Modellvorhaben: Überprüfung und Durchführung beispielhafter Maßnahmen für den Umgang mit gründerzeitlichen Bestandsgebäuden.....27
2.1.4.8 Spremberg – Modellvorhaben: Energetische Stadterneuerung durch Umsetzung eines Bündels an Einzelmaßnahmen auf Basis des Stadtentwicklungskonzeptes 28
2.1.4.9 Vetschau – Modellvorhaben: Beispielhafte energetische Sanierung eines z.T. denkmalgeschützten Gebäudes 28
2.1.4.10 Gräfenhainichen – Modellvorhaben: Bilanzielle Energieautarkie der Stadt Gräfenhainichen.....29
2.1.4.11 Havelberg – Modellvorhaben: Etablierung einer ökologischen Energieversorgung unter Einbeziehung regionaler Energieträger....30
2.1.4.12 Naumburg – Modellvorhaben: Energetische Stadterneuerung 31

2.1.4.13 Tangerhütte – Modellvorhaben: Fortschreibung des Stadtentwicklungs-konzeptes bis 2020 unter Einbeziehung von energetischen Komponenten....32
2.1.4.14 Wanzleben – Modellvorhaben: Energetische Stadterneuerung - Familienfreundliche Stadt....33
2.1.4.15 Weißenfels – Modellvorhaben: Entwicklung und Umsetzung einer energieversorgungstechnischen Gesamtstrategie (Energetisches Konzept Weißenfels)....34
2.1.4.16 Zeitz – Modellvorhaben: Energetische Stadterneuerung auf Basis eines kommunalen Energiekonzeptes....35
2.1.4.17 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus dem Forschungsprogramm Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt)36
2.1.5 Modellvorhaben aus dem Wettbewerb „Energetische Sanierung von Großwohnsiedlungen auf der Grundlage von integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten“....36
2.1.5.1 Allgemein 36
2.1.5.2 Modellvorhaben Berlin-Reinickendorf / Märkisches Viertel....38
2.1.5.3 Modellvorhaben Dresden / Gorbitz....38
2.1.5.4 Modellvorhaben Karlsruhe / Rintheimer Feld....39
2.1.5.5 Modellprojekt Nürnberg / Parkwohnanlage West....39
2.1.5.6 Modellprojekt Wernigerode / Stadtfeld....39
2.1.6 Ausgewählte Modellprojekte aus der Förderung von „Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen“ des BMU....40
2.1.6.1 Allgemein 40
2.1.6.2 Modellprojekt Leitfaden zum Klimaschutz in Kommunen....40
2.1.6.3 Modellprojekt Technologiematrix Deutschland....41
2.1.7 Ausgewählte hervorstechende Modellvorhaben aus Österreich und der Schweiz....41
2.1.7.1 Modellprojekt: „aspern Die Seestadt Wiens – nachhaltige Stadtentwicklung“....41
2.1.7.2 Modellprojekt: ECR_Energy City Graz-Reininghaus – Urbane Strategien für die Neukonzeption, den Bau, Betrieb und die Umstrukturierung des energieautarken Stadtteils Graz-Reininghaus....42
2.1.7.3 Modellprojekt: Stadtumbau Lehen....43
2.1.7.4 Modellprojekt: GdZ – Gründerzeit mit Zukunft....44
2.1.7.5 Modellprojekt: Werkzeug für die Gestaltung nachhaltiger Quartiere 45

2.2 Literaturrecherche zur Analyse von Energiekonzepten für Regionen, Städte, Gemeinden, Einzelquartiere und Gebäude....46

2.2.1 Allgemeines....46
2.2.2 Ausgewählte Energiekonzepte für Großstädtische Siedlungsräume....46
2.2.2.1 Klimaschutzkonzept Karlsruhe 2009....46

2.2.2.2 Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Frankfurt am Main 2008 des ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH 46
2.2.3 Ausgewählte Energiekonzepte für Mittelstädtische Siedlungsräume in Thüringen 47
2.2.3.1 Klimaschutzkonzept der Stadt Weimar 47
2.2.3.2 Energiekonzept der Stadt Jena 49
2.2.4 Ausgewählte Energiekonzepte für ländliche Regionen 50
2.2.4.1 Das Bioenergiedorf Jühnde 50
2.2.4.2 Das Bioenergiedorf Barlissen 50
2.2.5 Leuchtturmprojekte zur Nutzung erneuerbarer Energien 51
2.2.5.1 Solarenergienutzung 51
2.2.5.2 Photovoltaikanlagen 52
2.2.5.3 Wasserkraftnutzung 53
2.2.5.4 Geothermie 54
2.2.5.5 Windenergienutzung 55
2.2.5.6 Biomasse 56
2.2.5.7 Energieeffiziente Stadtentwicklung 57

2.3 Vorliegendes Wissen zum am Stadtumbau Beteiligten 61

2.3.1 Analyse der wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und sonstigen Kenntnisse ... 61
2.3.1.1 Energieeffizientes Bauen 61
2.3.1.2 Bioenergieanlagen 63
2.3.1.3 Windenergieanlagen 64
2.3.1.4 KWK- und KWKK-Anlagen 65
2.3.1.5 Klimaschutz, allgemein 65
2.3.2 Zusammenstellung der Analyse in einer „Akteursdatenbank“ 66

2.4 Systematisierung der Komponenten nach Stadtplanerischen und gebäudetechnischen Gesichtspunkten 67

2.4.1 Bautechnische Komponenten 67
2.4.2 Gebäudetechnische Komponenten 86
2.4.3 Versorgungstechnische Komponenten 89

2.5 Bewertung der Lösungen einzeln und im Kontext mit anderen Optionen unter Zuhilfenahme recherchierter Lösungen und Pilotprojekte 98

3 KLASSIFIZIERUNG, IDENTIFIZIERUNG UND BEWERTUNG VON TYPISCHEN STADTRÄUMEN IM FREISTAAT THÜRINGEN 102

3.1 Methodische Grundlagen zur Stadtraumtypisierung 102

3.2 Klassifizierung von Stadtraumtypen für Thüringen 103

3.2.1 Analyse und Bewertung der Stadtraumtypisierung nach Everding 103

3.2.2 Identifizierung und Definition von regionaltypischen Stadträumen im Freistaat Thüringen 108

3.3 Stadtraumanalyse ausgewählter Städte und Gemeinden 110

3.3.1 Jena (Oberzentrum) 110
3.3.2 Mittelzentren 113
3.3.3 Grundzentren 121
3.3.4 Weitere Orte (Molschleben) 129

3.4 Städtebauliche Bewertung der identifizierten Stadtraumtypen in den Untersuchungsräumen 131

3.4.1 Baualter, Bebauungsdichte und Geschossigkeit 131
3.4.2 Einwohnerdichte, Wohnflächen und Leerstand 132
3.4.3 Städtebauliche Charakterisierung der Stadtraumtypen Thüringens 134

3.5 Energetische Bewertung der identifizierten Stadtraumtypen in den Untersuchungsräumen 143

3.5.1 Sanierungszustand und Energieverbrauchskennzahlen 145
3.5.2 Energieeinsparpotenziale und Abschätzung des zukünftigen Energieverbrauchs (Sanierungsziele, Sanierungszyklen, Sanierungsraten) 148
3.5.3 Energiepotenziale 151
3.5.4 Wärmebereitstellung 152
3.5.5 Potenziale zur Stromerzeugung 160
3.5.6 Potenziale zur dezentralen Energieerzeugung mit KWK 161
3.5.7 Möglichkeiten der Umstellung von Fernwärme auf regenerative Quellen, Abwärmenutzung 162
3.5.8 Energetische Nutzungsmöglichkeiten von brach gefallenen Stadträumen 164

3.6 CO_2-Einsparpotenziale 172

4 ÖKOLOGISCH, ENERGETISCH UND WIRTSCHAFTLICH EFFIZIENTES ENERGIEKONZEPT AM BEISPIEL DER STADT WEIMAR 173

4.1 Zielstellung 173

4.2 Methodik 173

4.3 Analyse der gegenwärtigen Energiebedarfsdeckung in Weimar 174

4.3.1 Gesamtstadt 174
4.3.1.1 Ermittlung der zugeführten Energieträger 174
4.3.1.2 Sekundärenergieerzeugung in den Umwandlungsanlagen 175
4.3.1.3 Endenergieeinsatz zur Nutzenergieerzeugung 176
4.3.1.4 Gesamtenergiebilanz der Stadt 180
4.3.1.5 Ermittlung der anthropogenen Emissionen 181
4.3.2 Stadtteilbezogene Analyse am Beispiel der Wärmeversorgung 182

4.3.2.1 Einteilung der Stadt in zusammengehörige Teilgebiete 182
4.3.2.2 Analyse demographischer und stadtplanerischer Strukturdaten 183
4.3.2.3 Analyse energetischer Strukturdaten in den Teilgebieten 184
4.3.2.4 Stadtraumtypische Energie- und demographische Kennzahlen 184
4.3.2.5 Kriterien für die Bewertung der analysierten Teilgebiete 188
4.3.2.6 Vorranggebiete für die Nahwärmeversorgung 189

4.4 Szenarien der energetischen Entwicklung 189

4.4.1 Energiepolitische Ziele der Bundesregierung 189
4.4.2 Energieeinsparoptionen 190
4.4.3 Substitution CO_2- reicher Energieträger durch CO_2- arme Energieträger 190
4.4.4 Primärenergie- und CO_2- Emissionsreduktion im Jahre 2020 191
4.4.5 Einsparpotentiale in den Teilgebieten der Stadt 191
4.4.6 Substitutionspotentiale durch erneuerbare Energien und Nahwärmeversorgung mit KWK 191
4.4.7 Strategien zur Entwicklung der zukünftigen Energiebedarfsdeckung der Stadt Weimar 191

4.5 Interaktives Planungs- und Informationsportal zur Energiewirtschaft der Stadt Weimar (Kommunaler Energieausweis) 192

4.5.1 Einführung 192
4.5.2 Projektziel 194
4.5.3 Bisherige Ergebnisse 196

4.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung 196

4.6.1 Überblick über Verfahren der Investitionsrechnung 197
4.6.1.1 Statische Verfahren 197
4.6.1.2 Klassische dynamische Verfahren 198
4.6.1.3 Moderne dynamische Verfahren 199
4.6.1.4 Verfahren zur Berücksichtigung der Unsicherheit 200
4.6.1.4.1 Sensitivitätsanalyse 200
4.6.1.4.2 Szenarioanalyse 202
4.6.2 Verfahren im Kontext von Energieeinsparinvestitionen 203
4.6.2.1 Kapitalwert 203
4.6.2.2 Kosten der eingesparten kWh Endenergie 204
4.6.2.3 Annuitätischer Gewinn 205
4.6.3 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung der Erweiterung des Nahwärmenetzes Weimars an Hand von vier Beispielen 207
4.6.3.1 WU Nahwärmenetz Weimar, Humboldtstraße 208
4.6.3.1.1 Ist-Situation 210
4.6.3.1.2 Konzeption des Nahwärmenetzes 210
4.6.3.1.3 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Nahwärmenetzes 211

4.6.3.1.4 Ergebnisse 215
4.6.3.2 WU Nahwärmenetz Weimar, Asbachviertel....215
4.6.3.2.1 Ist-Situation 216
4.6.3.2.2 Konzeption des Nahwärmenetzes 216
4.6.3.2.3 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Nahwärmenetzes 217
4.6.3.2.4 Ergebnisse 220
4.6.3.3 WU Nahwärmenetz Weimar, Kirschbachtal - Schönblick - Zöllnerviertel....221
4.6.3.3.1 Ist-Situation 221
4.6.3.3.2 Konzeption des Nahwärmenetzes 223
4.6.3.3.3 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Nahwärmenetzes 225
4.6.3.3.4 Ergebnisse 226
4.6.3.4 WU Nahwärmenetz Weimar, Tiefurt....226
4.6.3.4.1 Ist-Situation 226
4.6.3.4.2 Konzeption des Nahwärmenetzes 227
4.6.3.4.3 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Nahwärmenetzes 230
4.6.3.4.4 Ergebnisse 231
4.6.4 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung energetischer Gebäudesanierungen am Bespiel eines großen Mehrfamilienhauses der 50er Jahre....231
4.6.4.1 Eingangsgrößen für die Berechnungen....232
4.6.4.1.1 Gebäudetypologie 232
4.6.4.1.2 Endenergiebedarf 239
4.6.4.1.3 Vollkosten 241
4.6.4.1.4 Betrachtungszeitraum 242
4.6.4.1.5 Kalkulationszinsfuß 243
4.6.4.1.6 Energiepreis 243
4.6.4.2 Durchführung und Ergebnisse der Berechnungen....244
4.6.4.2.1 Kosten der eingesparten Endenergie 244
4.6.4.2.2 Annuitätischer Gewinn 247
4.6.4.2.3 Gesamtkosten 248

5 ABLEITUNG VERALLGEMEINERUNGSFÄHIGER UMSETZUNGS-STRATEGIEN ZUR ENERGETISCHEN QUALIFIZIERUNG VON STADTRÄUMEN....251

5.1 Handlungsempfehlungen für die wärmetechnische Sanierung, den Ausbau der Nahwärmeversorgung und den Einsatz erneuerbarer Energiequellen in den Stadträumen....251

5.2 Ermittlung eines optimalen, stadtraumtypischen „Mixes“ erneuerbarer Energieoptionen (Ausnutzung von Synergien) unter Berücksichtigung dezentraler Wärmeversorgungslösungen....257

5.3 Strategien zur Steuerung und Lenkung des energetischen Stadtumbaus 258

6 AKTUELLE FÖRDERMASSNAHMEN DES BUNDES UND DER EUROPÄISCHEN UNION ZUR ENERGETISCHEN STADTSANIERUNG 261

6.1 Förderrichtlinien, Gesetze zum Klimaschutz 261

6.1.1 Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 261
6.1.2 Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich 268
6.1.3 Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung 268
6.1.4 Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundesimmissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften 270
6.1.5 Energieeinsparverordnung 270
6.1.6 Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen 271
6.1.7 Verordnung zu Strom- und Gaszählern 271
6.1.8 Heizkostenverordnung 271

6.2 Förderprogramme 271

6.2.1 Förderungsmöglichkeiten des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) 273
6.2.1.1 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung 273
6.2.1.2 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Thermische Solaranlagen über 40 m2 Kollektorfläche für Ein- und Zweifamilienhäuser 274
6.2.1.3 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Pelletheizungen 276
6.2.1.4 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Innovationsförderung thermische Solaranlagen 277
6.2.1.5 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Holzhackschnitzelheizung 278
6.2.1.6 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien – Wärmepumpen 280
6.2.2 KfW-Förderprogramme 282
6.2.2.1 Energieeffizient Bauen 282
6.2.2.2 Vor-Ort-Beratung 283
6.2.2.3 Energieeffizient Sanieren - Kredit 284
6.2.2.4 Energieeffizient Sanieren - Zuschuss 286
6.2.2.5 Energieeffizient Sanieren - Sonderförderung 287
6.2.2.6 Altersgerecht Umbauen - Zuschuss 288
6.2.2.7 Altersgerecht Umbauen - Kredit 290
6.2.2.8 Wohnraum Modernisieren 291
6.2.2.9 KfW-Programm Erneuerbare Energien - "Standard" 292

6.2.2.10 Förderung von Biomasseanlagen....293
6.2.2.11 Fündigkeitsrisiko Tiefengeothermie....296
6.2.2.12 Investitionskredit Kommunen Premium – Energieeffiziente Stadtbeleuchtung....297
6.2.2.13 Investitionskredit Energieeffizient Sanieren – Kommunen....297
6.2.3 Förderprogramm des Thüringer Ministeriums für Bau, Landesentwicklung und Verkehr (TMBLV)....298
6.2.3.1 Förderung der Modernisierung und Instandsetzung von Mietwohnungen (ThürModR-Mietwohnungen)....298
6.2.3.2 Städtebauförderungsprogramm....298
6.2.4 Förderprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)....299
6.2.4.1 Klimaschutzinitiative – Förderprogramm für Kommunen, soziale und kulturelle Einrichtungen....299
6.2.4.2 Marktanreizprogramm....300
6.2.5 Förderprogramm des Thüringer Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT)....300
6.2.6 Förderprogramme des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)....309
6.2.7 Förderprogramm der Thüringer Aufbaubank....309
6.2.7.1 Thüringer Modernisierungsdarlehen....309
6.2.7.2 Thüringer Modernisierungsdarlehen - Öko-Plus - Effizienzhausförderung....310
6.2.8 Förderprogramm des IWO Instituts für wirtschaftliche Oelheizung e.V....311
6.2.8.1 Aktion Energie-Gewinner....311
6.2.9 Förderprogramm der E.ON Thüringer Energie AG....312
6.2.9.1 Erdgas-Förderprogramm....312
6.2.10 Förderprogramm der Verbraucherzentralen....313
6.2.10.1 Energieberatung der Verbraucherzentralen....313
6.2.11 Förderprogramme lokaler Stadtwerke in Thüringen....314
6.2.11.1 Förderprogramme der Stadtwerke Jena-Pößneck....314
6.2.11.2 Förderprogramme der Stadtwerke Erfurt....314
6.2.12 Förderungsprogramme auf europäischer Ebene....314

7 ANTRAGSSKIZZE ZUR EINWERBUNG VON BUNDES- UND/ODER EU-MITTELN....316

7.1 Allgemeine Angaben bei der Antragstellung....316

7.2 Antragsskizzen bzw. Projektvorschläge und –ideen....317

7.2.1 Nutzung von Hochgeschwindigkeitscomputernetzwerken zur Verbrauchssteuerung bzw. Effizienzsteigerung im Haushalt....318
7.2.2 Kommunaler Energieausweis....318
7.2.3 Energetische Nutzung von Brachfallflächen....319
7.2.4 Weitere Projektideen....319

8 FORSCHUNGS- UND HANDLUNGSBEDARF 320

Quellenverzeichnis XXI
Anhang 1: Berechnung zum Wohngebiet Humboldstraße XXII
Anhang 2: Berechnung zum Wohngebiet Asbachviertel XXIII
Anhang 3: Berechnung zum Wohngebiet Kirschbach XXIV
Anhang 4: Berechnung zum Wohngebiet Tiefurt XXV
Anhang 5: Akteursdatenbank XXVI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: KEIM iPor-System. 67
Abbildung 2: Tec Tem. 68
Abbildung 3: iQ-Therm. 68
Abbildung 4: Ytong Multipor. 69
Abbildung 5: Vakuum-Dämmstoff. 70
Abbildung 6: Aufbau eines VIP-Barrierefilms. 72
Abbildung 7: Bodenaufbau eines Vakuum-Isolations-Sandwich. 74
Abbildung 8: Aufbau eines Fassadenpaneels. 75
Abbildung 9: Aufbau und Funktion einer schaltbaren Wärmedämmung. 77
Abbildung 10: Aufbau einer Leichtbauwand mit PCM im Innenputz. 79
Abbildung 11: Makroverkapselung und Mikroverkapselung von PCM. 79
Abbildung 12: Spektrale Transmission einer thermotropen Hydrogelprobe in Abhängigkeit von der Temperatur (0,8 mm Hydrogel In 2x3,9 mm Floatblas). 81
Abbildung 13: Integrale Werte der Reflexion, Transmission und Absorption einer thermotropen Hydrogelprobe in Abhängigkeit von der Temperatur (0,8 mm Hydrogel in 2x3 mm Floatglas, korregierte Werte). 81
Abbildung 14: Querschnitt einer katalytisch schaltenden Verglasung. 82
Abbildung 15: Spektrale Transmission einer ungeschalteten und einer geschalteten gasochromen Scheibe im Vergleich zu einer eisenarmen Verglasung. 83
Abbildung 16: Dezentrale Lüftungstechnik: Lüftung, Heizung, Kühlung. 85
Abbildung 17: Quellluftartige Einbringung der erwärmten oder gekühlten Zuluft. Die Abluft wird über ein Deckengerät abtransportiert. Es erfolgt keine Wärmerückgewinnung. 85
Abbildung 18: Einbringung der erwärmten bzw. gekühlten Zuluft an der Decke. Die Abluft wird ebenfalls über das Deckengerät abgeführt, sodass eine Wärmerückgewinnung erfolgt. 86
Abbildung 19: Niedertemperatur-Heizkörper 86
Abbildung 20: Dezentrale Umwälzpumpe. 87
Abbildung 21: LED-Lampe. 88
Abbildung 22: Absorptions- und Wärmpumpe. 91
Abbildung 23: DAWP. 92
Abbildung 24: Komfort-Haustechnikzentrale Sole/ Wasser 94

Abbildung 25: Mikro-Gasturbine. 94
Abbildung 26: Mikro-KWK Dachs Stirling SE. 95
Abbildung 27: Solarstation. 96
Abbildung 28: Bivalente Latentwärme-zellen. 97
Abbildung 29: Dachziegel mit Hybrid-Solarmodulen. 98
Abbildung 30: Sonnenschutz mit Photovoltaikanlagen. 98
Abbildung 31: Urbane Windturbinen. 100
Abbildung 32: Einteilung des Stadtgebietes von Jena in Stadt- und Landschaftsraumtypen (nur Gemarkung Jena). 111
Abbildung 33: Einteilung des Stadtgebietes von Jena in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 111
Abbildung 34: Einteilung des Stadtgebietes von Nordhausen in Stadt- und Landschaftsraumtypen. 113
Abbildung 35: Einteilung des Stadtgebietes von Nordhausen in Stadt- und Landschafts-raumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 113
Abbildung 36: Einteilung des Stadtgebietes von Weimar in Stadt- und Landschaftsraumtypen. 115
Abbildung 37: Einteilung des Stadtgebietes von Weimar in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 116
Abbildung 38: Einteilung des Stadtgebietes von Schmalkalden in Stadt- und Landschaftsraumtypen. 117
Abbildung 39: Einteilung des Stadtgebietes von Schmalkalden in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 117
Abbildung 40: Einteilung des Stadtgebietes von Stadtroda in Stadt- und Landschaftsraumtypen. 119
Abbildung 41: Einteilung des Stadtgebietes von Stadtroda in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 119
Abbildung 42: Einteilung des Stadtgebietes von Bleicherode in Stadt- und Landschaftsraumtyp 121
Abbildung 43: Einteilung des Stadtgebietes von Bleicherode in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 121
Abbildung 44: Einteilung des Stadtgebietes von Bad Liebenstein in Stadt- und Landschaftsraumtypen. 123
Abbildung 45: Einteilung des Stadtgebietes von Bad Liebenstein in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 123

Abbildung 46: Einteilung des Stadtgebietes von Großbreitenbach in Stadt- und Landschaftsraumtypen. 125
Abbildung 47: Einteilung des Stadtgebietes von Großbreitenbach in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 126
Abbildung 48: Einteilung des Stadtgebietes von Meuselwitz in Stadt- und Landschaftsraumtypen. 127
Abbildung 49: Einteilung des Stadtgebietes von Meuselwitz in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 127
Abbildung 50: Einteilung des Stadtgebietes von Molschleben in Stadt- und Landschafts-raumtypen. 129
Abbildung 51: Einteilung des Stadtgebietes von Molschleben in Stadt- und Landschafts-raumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum). 130
Abbildung 52: Ermittlung von Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) am Beispiel des Modellausschnittes Weimar, Gutenbergstraße. 135
Abbildung 53: Energieformen und Energieparteien. 143
Abbildung 54: Vorgehensweise der Raumanalyse und energetischen Bewertung (nach BBR/BBSR & BMVBS 2009). 144
Abbildung 55: Geschossflächenzahlen und Wärmebedarf (Endenergie Raumwärme und Warmwasser). 147
Abbildung 56: Heizenergiestandards (WSVO, EnEV) in Deutschland über die Zeit. 150
Abbildung 57: Logarythmische Ordinate mit einer Geraden. 150
Abbildung 58: Regenerative Energieerzeugung und Formen der Nutzung. 152
Abbildung 59: Erdwärmesonden. 156
Abbildung 60: Abwasserwärmerückgewinnung in gebäudenahen Schächten 159
Abbildung 61 : Ein virtuelles Kraftwerk. 162
Abbildung 62: Brachliegende Dieseltankstelle in Dingsleben, Landkreis Hildburghausen. 166
Abbildung 63: Struktur zugeführte Energien in Weimar 2008. 174
Abbildung 64: Energieflussbild der Kläranlage Weimar 2004. 175
Abbildung 65: Endenergieeinsatz in Weimar 2008. 176
Abbildung 66: Struktur des Elektroenergieeinsatz in Weimar 2008. 177
Abbildung 67: Struktur des Erdgaseinsatz (Endenergie) 2008. 178
Abbildung 68: Nutzenergiestruktur in Weimar 2008. 179
Abbildung 69: Nutzenergiestruktur in Apolda 2004. 180

Abbildung 70: Entwicklung der CO2- Emissionen in Weimar von 1988 bis 2008. 181
Abbildung 71: Entwicklung der anthropogenen Schadstoffemissionen in Weimar von 1988 bis 2008. 181
Abbildung 72: Primärenergieverbrauchsstruktur in Thüringen von 1989 – 2004. 182
Abbildung 73: Teilgebiete mit hohen Bebauungsdichten. 183
Abbildung 74: Bebauungsdichte in den Stadtraumtypen. 185
Abbildung 75: Einwohnerdichte nach Stadtraumtypen. 186
Abbildung 76: Spezifischer Gasverbrauch der Tarifabnehmer (ohne Gewerbe). 186
Abbildung 77: Spezifischer Gasverbrauch der Gewerbekunden. 187
Abbildung 78: Spezifischer Gasverbrauch insgesamt. 188
Abbildung 79: Transformatorstation in Weimar (Foto Hanfler). 194
Abbildung 80: Wandel im Energieträgereinsatz zur Raumheizung und Warmwasserbereitung in Weimar von 1988 bis 2008. 195
Abbildung 81: Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes in Weimar von 1988 bis 2008. 196
Abbildung 82: Beispiel für ein Tornadodiagramm. 201
Abbildung 83: Beispiel für ein Spider-Chart. 202
Abbildung 84: Lageplan von Wohngebiet 1 (Blöcke 1-6) und Wohngebiet 2 (Blöcke 7-11) in der Humboldtstraße. 209
Abbildung 85: Bestehende Versorgungsleitungen WG 1. 212
Abbildung 86: Netzvariante 1. 213
Abbildung 87: Netzvariante 2. 214
Abbildung 88: Variantenvergleich Humboldstraße. 215
Abbildung 89: Bestehende Wärmeversorgung im Asbachviertel. 216
Abbildung 90: Gebietseingrenzung der verschiedenen Versorgungsvarianten. 217
Abbildung 91: Versorgungsvariante I. 218
Abbildung 92: Versorgungsvariante II. 218
Abbildung 93: Versorgungsvariante III. 219
Abbildung 94: Versorgungsvariante IV. 219
Abbildung 95: Variantenvergleich Asbachviertel. 220
Abbildung 96: Gebietseingrenzung Kirschbachtal - Schönblick – Zöllnerviertel. 222
Abbildung 97: Großverbraucher im Wohngebiet Kirschbachtal - Schönblick – Zöllnerviertel. 223

Abbildung 98: Variante I. 224
Abbildung 99: Variante II. 224
Abbildung 100: Variantenvergleich Kirschbachtal-Schönblick-Zöllnerviertel. 225
Abbildung 101: Grafische Darstellung der Leistungsbedarfswerte der aufgenommenen Gebäude in Tiefurt. 227
Abbildung 102: Aufteilung des Planungsgebietes Tiefurt. 228
Abbildung 103: Auslegung des Nahwärmenetzes in Tiefurt-West. 228
Abbildung 104: Auslegung des Nahwärmenetzes in Tiefurt-Mitte. 229
Abbildung 105: Auslegung des Nahwärmenetzes in Tiefurt-Ost. 229
Abbildung 106: Kosten-Erlöse-Verteilung für das geplante NahwärmenetzTiefurt. 230
Abbildung 107: Heizspiegel. 239
Abbildung 108: End- und Primärenergiebedarf für die energetischen Standards der Modellgebäude in der dena-Studie. 240
Abbildung 109: Preis für die eingesparte kWh Endenergie. 246
Abbildung 110: Annuitätischer Gewinn. 247
Abbildung 112: Summer der Betriebskosten (Heizung & WW) über 25 Jahre. 250
Abbildung 111: Sensitivität ausgewählter Eingangsgrößen. 250

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamtübersicht laufender und geplanter Projekte InnovationCity Bottrop. 60

Tabelle 2: Geothermie. 94

Tabelle 3: KWK und KWKK. 95

Tabelle 4: Solarthermie / Photovoltaik. 98

Tabelle 5: Einsatz erneuerbarer Energie bezogen auf Stadtraumtypen. 101

Tabelle 6: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Jena (nur Gemarkung Jena). 112

Tabelle 7: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Nordhausen. 114

Tabelle 8: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Weimar. 117

Tabelle 9: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Schmalkalden. 118

Tabelle 10: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Stadtroda. 120

Tabelle 11: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Bleicherode. 122

Tabelle 12: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Bad Liebenstein. 124

Tabelle 13: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Großbreitenbach. 126

Tabelle 14: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Meuselwitz. 128

Tabelle 15: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Molschleben. 131

Tabelle 16: Zusammenfassung städtebaulicher Kenngrößen für die Stadtraumtypen Thüringens. 142

Tabelle 17: Solare Gütezahlen für einzelne Stadtraumtypen (nach Everding 2004, 2007). 154

Tabelle 18: Charakteristische Dichten vertikaler Erdwärmesonden nach Stadtraumtyp. 157

Tabelle 19: Wirtschaftlichkeit der Abwasserwärmerückgewinnung nach Stadtraumtypen. 160

Tabelle 20: Chancen und Hemmnisse der einzelnen erneuerbaren Energieoptionen/-technologien bei der Umstellung von Fernwärmenetzen. 164

Tabelle 21: Brachflächentypen differenziert nach Stadtraumtypen. 168

Tabelle 22: Standortanforderungen und beurteilungsrelevante Kriterien für Optionen der energetischen Nachnutzung auf Brachflächen. 171

Tabelle 23: Beispiele für Kostengruppen und Kostenarten nach VDI 2067 (2010). 206

Tabelle 24: Energiekenndaten der Wohngebiete 1 und 2. 210

Tabelle 25: Vereinfachte Auslegung der Wärmeerzeugung mit BHKW und Spitzenkessel für beide Wohngebiete ohne Beachtung von Netzverlusten. 211

Tabelle 26: Übersicht der betrachteten Varianten Humboldstraße 211

Tabelle 27: Varianten I – IV für die Versorgung des Asbachviertels. 218

Tabelle 28: Anlagenauslegung für das Asbachviertel, Varianten I – IV. 220

Tabelle 29: Anlagenauslegung „Kirschbachtal - Schönblick - Zöllnerviertel“, Variante I und II. 225

Tabelle 30: Gebäudetypologien nach IWU. 233

Tabelle 31: Baualtersklassen und Gebäudearten nach IWU. 234

Tabelle 32: Eckdaten des Beispielgebäudes. 236

Tabelle 33: Maßnahmen für eine Modernisierung nach EnEV 2009. 237

Tabelle 34: Maßnahmen für eine Modernisierung auf KfW70-Niveau. 238

Tabelle 35: Maßnahmen für eine Modernisierung auf KfW55-Niveau. 238

Tabelle 36: Übersicht Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten für Beispielgebäude 242

Tabelle 37: Kosten der eingesparten kWh Endenergie für alle Niveaus der energetischen Sanierung im Überblick. 246

Tabelle 38: Annuitätischer Gewinn für alle Niveaus der energetischen Sanierung im Überblick. 247

Tabelle 39: Annuitätische Gewinns bei Variation der Energiepreissteigerung. 248

Tabelle 40: Berechnung der Gesamtkosten. 249

Tabelle 41: Stadtraumtypische Präferierung von Maßnahmen der Energieeffizienz und Energieeinsparung sowie der erneuerbaren Energieerzeugung. 255

Tabelle 42: Vergütung Deponie- und Klärgas 267

Tabelle 43: Vergütung Grubengas 267

Tabelle 44: Grundvergütung Geothermie 268

Tabelle 45: Angaben und Inhalte bei Antragstellungen 316

Formelverzeichnis

Formel 1: Ermittlung des Kapitalwertes. 203
Formel 2: Ermittlung der Kosten der eingesparten kWh Energie. 204
Formel 3: Ermittlung des annuitätischen Gewinns. 205

1 AUFGABENSTELLUNG UND VORGEHENSWEISE

1.1 Aufgabenstellung

Die Europäische Union hat sich verpflichtet, bis zum Jahre 2020 den Anteil an klimarelevanten Treibhausgasen und den Primärenergieverbrauch bezogen auf 1990 um 20 % zu reduzieren. Mit dem Ziel den Anteil der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch auf 20% zu steigern kann nur ein Teil der erstgenannten Ziele erreicht werden. Rationelle Energieversorgung und –verwendung sowie Maßnahmen zur Energieeinsparung müssen mit dem forcierten Einsatz erneuerbarer Energien einhergehen.

Zur Umsetzung der EU-Vorgaben hat die damalige Bundesregierung im August 2007 im Rahmen der „Meseberger Beschlüsse“ Eckpunkte ihrer zukünftigen Energiepolitik dargestellt und durch nachfolgende gesetzliche Regelungen wie dem Erneuerbaren Energien Wärmegesetz, der Novellierung des EEG und dem KWK-Gesetz fixiert. Im gerade vorgestellten Energiekonzept der Bundesregierung wurde die umfassende Gebäudesanierung im Bestand als ein Eckpfeiler zur Erreichung ihrer ambitionierten Klimaschutzziele (40%ige Treibhausgasreduktion bis 2020, bezogen auf 1990), zur Reduzierung von Energieimporten und zum langfristigen Ausstieg aus der Kernenergienutzung explizit genannt.

Damit wird deutlich gemacht, dass Energieeinsparung die erste Voraussetzung für den langfristigen Übergang von einer fossilen Energienutzung zu einer regenerativen Energienutzung ist. Das bedeutet natürlich auch für die Länder wie dem Freistaat Thüringen langfristige Strategien zur Energiebedarfsdeckung zu entwickeln und auf die Ebenen der Städte und Gemeinden zu projektzieren. Energiegerechte Stadt- und Gebäudeplanung sind wesentliche Komponenten zum Aufbau flexibler, langfristig sicherer und ökonomisch wie ökologisch effizienter Strukturen zur Deckung des anthropogenen Energiebedarfs nicht nur in urbanen sondern auch in ländlichen Räumen.

Die energetische Entwicklung von Städten und Regionen unterliegt einem permanenten Wandlungsprozess, der von globalen, gesellschaftlichen, demographischen, raumplanerischen und städtebaulichen Rahmenbedingungen abhängt. Deshalb sind aus heutiger Sicht unterschiedliche Optionen zur Deckung des anthropogenen Energiebedarfes denkbar, welche wiederum differenzierte Konsequenzen für die Raumplanung und die städtebauliche Entwicklung nach sich ziehen. Eine Aufgabe der Studie ist es, energetisch und ökologisch effiziente komplexe Lösungen wie Nahwärmeversorgung mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung unter Einbeziehung regenerativer Quellen wie Bio- und Klärgas, technologische und Grubenabwärme, Solarthermie, Erdwärme, Abwasserabwärme für präferierte Untersuchungsräume vorzuschlagen und dabei die Optionen eines verbesserten Wärmeschutzes für die Gebäude zu berücksichtigen.

Innovative Optionen der Energieversorgung und -verwendung sind Stand der Technik. Problem ist die durchgreifende Anwendung der Technologien. Dazu bedarf es Methoden und Instrumente, welche geeignet sind, die ökonomischen, ökologischen und sozialen Vorteile die-

ser Optionen den am Planungsprozess beteiligten Akteuren aber auch einer breiten Öffentlichkeit überzeugend darzustellen.

Um Handlungsoptionen für die kommunalen Ebenen entwickeln zu können, ist zunächst eine Analyse zum Stand der Energiebedarfsdeckung in ganz Thüringen erforderlich, in deren Ergebnis sich unter Zuhilfenahme wissenschaftlicher Methoden energetische Einsparpotentiale und daraus Szenarien der zukünftigen Entwicklung ableiten lassen.

1.2 Vorgehensweise und Methodik

Die Erarbeitung von nachhaltigen Energiekonzepten ist für Kommunen genauso lebensnotwendig wie für kommunale und regionale Versorgungsunternehmen. Die Entwicklung von praktikablen Methoden zur komplexen Simulation von Szenarien von der Energieerzeugung bis zur -verwendung lässt die Wirkung von Energieoptimierungskonzepten vorhersehbar machen. Gleichzeitig wird deutlich, wie sich Maßnahmen auf die Reduktion von Treibhausgasen auswirken.

Die Analyse bestehender Energiesysteme ist die Voraussetzung für eine zielgerichtete Strategie ihrer zukünftigen Entwicklung. Die eng bemessene Zeitvorgabe zur Lösung des Problems ermöglicht zwar eine breit gefächerte Analyse zum Methodenvorrat und zum gegenwärtigen Stand der Technik zur Umsetzung der Ziele, eine detaillierte Analyse der Energetik ausgewählter Städte und Gemeinden ist jedoch aufgrund der zeitaufwendigen Datenbeschaffung nicht möglich. Hier kann nur für ein auszuwählendes Modellprojekt (Mittelstadt, eine ländliche Gemeinde oder ein Einzelquartiere) die methodische Vorgehensweise erprobt werden. Für zukünftige beispielhafte Detailuntersuchung sollen dafür im Rahmen der Studie zunächst für Thüringen charakteristische Stadtraumtypen identifiziert, klassifiziert und bewertet werden. Die Höhe und Struktur ihrer derzeitigen und die aus den ableitbaren Potentialen ermittelbare zukünftige Energiebedarfsdeckung kann in erster Näherung mit Hilfe demografischer Daten, sowie städtebaulicher und energetischer Kennziffern ermittelt und auf ganz Thüringen hochgerechnet werden. Eigene Untersuchungen und Beispiele aus der Literatur sollen die Daten untersetzen. Das betrifft auch die aus den Primärenergieeinsparpotentialen und der Struktur der zukünftigen anthropogenen Energiebedarfsdeckung ableitbaren CO2-Reduktionen.

Bisherige Analysen im Rahmen von Energiekonzepten beschränken sich auf zumeist aufwendige Datenerhebung, die grafische Darstellung von Zahlenreihen und ihre Interpretation. Diese Herangehensweise ist oft wenig intuitiv und erleichtert die Auswertung der sehr komplexen Zusammenhänge nur unzureichend. Mit Mitteln moderner GIS-basierender Verfahren der Datenerfassung und -visualisierung können diese Prozesse der Energieversorgung und -verwendung in den Untersuchungsräumen deutlich gemacht, Lastschwerpunkte sowie Energieeinspar- und Substitutionspotentiale identifiziert und Problemfelder wie hohe Energieverluste und CO_2–Emissionen aufgedeckt werden. Auf einfache Weise können Entwicklungs-Szenarien untersucht und Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden, welche nicht nur energetische, sondern auch ökologische und ökonomische Auswirkungen betrachten. Am Ende

sind unter Beachtung der energiepolitischen Ziele der Bundesregierung für das Land Thüringen Handlungsstrategien ableitbar.

Im Ergebnis der Studie stehen verallgemeinerungswürdige Umsetzungsstrategien zur Erhöhung der Energieeffizienz unterschiedlicher Stadtraumtypen. Um die Ergebnisse der Studie zielführend nutzen zu können, werden die für das Problemfeld aktuellen Fördermaßnahmen der Bundesrepublik und der EU analysiert und handhabbar dargestellt. Am Ende der Untersuchung soll eine qualifizierte Vorlage für eine Antragskizze zur Einwerbung von Bundes- und/oder EU-Mitteln erarbeitet werden, die auch die Umsetzungsphase und ein Langzeitmonitoring zur ökonomischen, ökologischen und bautechnische Wirksamkeit der umgesetzten Maßnahmen betrachtet.

Die einzelnen Arbeitspakete zur Lösung der vorangestellten Ziele verlangen sehr unterschiedliche Vorgehensweisen und methodische Ansätze, welche letztlich auch von den Erfahrungen der Projektpartner abhängen. Ein Leitfaden, welcher einerseits für unterschiedliche Analyse- und Planungsaufgaben praktikable Methoden vorschlägt und andererseits den am Planungsprozess beteiligten Akteuren ein praktikables Instrumentarium mit Vorschlägen für energieeffiziente Handlungsstrategien zur Verfügung stellt, ist ein Hauptergebnis der Arbeit.

1.3 Durchführung

Sowohl die Bauhaus-Universität Weimar als auch die Fachhochschule Nordhausen mit ihrem interdisziplinären Lehr- und Forschungsaufgaben im Bereich des urbanen Planens und Entwerfens sieht sich als prädestiniert dem Thema „Energieeffizienz im Bestandsbau“ zu stellen und über ihrem Bildungsauftrag hinaus allen am Planungsprozess beteiligten Akteuren, Handlungsempfehlungen für den energetischen Stadtumbau zu geben. Einen besonderen Beitrag zur Lösung der Gesamtaufgabe leisten als Projektpartner das Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau Weimar gemeinnützige GmbH und der Knoten Weimar internationale Transferstelle Umwelttechnologie GmbH indem sie ihre Praxiskompetenz in das Projekt einbringen. Innerhalb der beiteligten Hochschulen bzw. Universitäten sind einzelne Professuren mit ihrer Fachkompetenz an der Problemlösung beteiligt.

Die nachstehenden Arbeitspakete sind eng an die in der Ausschreibung genannten Ziele und methodische Vorgehensweise zur Erfüllung der Zielstellung geknüpft. Sie orientieren sich gleichfalls an die Qualifizierung der zu beteiligenden Unterauftragnehmer. Als Modellprojekt wurde auf Grund der guten Datenlage die in Abstimmung mit dem Auftraggeber die Stadt Weimar ausgewählt.

2 ANALYSE DES GEGENWÄRTIGEN WISSENSCHAFTLICHEN UND TECHNISCHEN STANDES ZUM PROBLEMFELD DES ENERGETISCHEN STADTUMBAUS

2.1 Bisherige Modellvorhaben zum energetischen Stadtumbau in Deutschland

2.1.1 Allgemein

Das Spektrum der energetischen Stadterneuerung ist weit gefächert und umfasst u.a. folgende Inhalte:

- die Umsetzung von Maßnahmen der Energieeinsparung in der Gebäudesanierung,
- effizienzsteigernde Maßnahmen der zentralen Energieerzeugungs-, Verteilungs- und Speicherungsanlagen,
- die Einbindung regenerativer Energien.

Die energetische Stadterneuerung soll dazu beitragen, die Stadtentwicklungsprozesse im Hinblick auf Ressourceneinsparung und Kostensenkung zu verwirklichen.

Innovationen müssen möglichst schnell auf den Markt gebracht werden; dies erfordert anwendungsorientierte Forschung und Pilotprojekte zur Marktvorbereitung.

Aus der durchgeführten Recherche wurden Modellvorhaben aus folgenden Forschungsinitiativen zu einer genaueren Betrachtung herangezogen:

- Forschungsinitiative EnEff:Stadt des BMWi
- Förderinitiative „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt“ des BMBF
- Forschungsprogramm Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
- Wettbewerb „ Energetische Sanierung von Großwohnsiedlungen auf der Grundlage von integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
- Förderung von Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen“ des BMU
- „Haus der Zukunft“, ein Forschungs- und Technologieprogramm des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (Österreich)

- Projekt "Nachhaltige Quartierentwicklung" der Bundesämter für Energie BFE und für Raumentwicklung ARE (Schweiz)

2.1.2 Ziele, Methoden und Ergebnisse aus den Modellvorhaben der Forschungsinitiative EnEff:Stadt des BMWi[1]

2.1.2.1 Allgemein

In der Forschung Eneff Stadt werden für abgegrenzte Quartiere exergetisch und ökonomisch optimierte Maßnahmen entwickelt, umgesetzt und messtechnisch überprüft. Dabei orientiert sich die Forschung an entsprechenden Stadtraumtypen.

Im Rahmen der Forschungsinitiativer wurden bisher folgende 5 Modellvorhaben ausgewählt.

2.1.2.2 Modellhafte Stadtquartierssanierung Freiburg Weingarten-West

Siedlungstyp: Zeilenbebauung mittlerer und hoher Dichte und Hochhaussiedlung

Gebäudebestand: Im Sanierungsgebiet sind vier Gebäudetypen vorhanden: 16-geschossige Hochhäuser, 8- und 4-geschossige Mehrfamilienhäuser sowie Nichtwohngebäude (Ev. Fachhochschule für Sozialwesen, Kirche und Gemeindezentrum, Einzelhandel, Lebensmittelmarkt).

Bestand Wärmeversorgung: Die Wärmeversorgung erfolgt durch ein von der Freiburger Fernwärme GmbH betriebenes Fernwärmenetz, das durch ein Gas-BHKW versorgt wird.

Zielstellung des Vorhabens:

1. Sanierung des gesamten Bestandes der Freiburger Stadtbau GmbH auf den Stand eines KfW-Energieeffizienzhauses (60 kWh/m²a für Heizung und WW)
2. Sanierung ausgewählter Gebäude der Freiburger Stadtbau GmbH auf den Stand eines KfW Energieeffizienzhauses (40 kWh/m²a für Heizung und WW) und
3. Nachverdichtung des Stadtteils durch Neubauten
4. Sanierung der Adolf-Reichwein-Schule (60 kWh/m²a für Heizung und WW)

[1] Vgl. www.eneff-stadt.info

5. Sanierung des Bestandes der evangelischen Kirche

6. Weitere Sanierungen von Gebäuden im Quartier Weingarten West durch andere Eigentümer

Methodenanalyse:

In drei Typen von „Forschungsgebäuden“ sollen folgende Maßnahmen und innovative Technologien als Pilotvorhaben umgesetzt werden:

1. Einsatz von neuen Wärmedämmmaterialien auf Basis von Aerogel mit einer Wärmeleitfähigkeit von Lambda=0,013 W/mK

2. Verkleinerung der Grundrisse und Erhöhung der NGF, Verbesserung des A/V-Verhältnisses, Reduktion des Wärmebedarfs nach DIN 4108-6 auf 35,7 kWh/m²a

3. Heizung: Absenkung auf Systemtemperaturen 50/38.

4. Lüftung: Einsatz eines Lüftungszentralgeräts mit Wärmerückgewinnung; Einsatz von im Wohnungsbau unüblichen hocheffizienten Ventilatoren (System Nova); Zweistufige Regelung der Lüftungsanlage mit thermischen Stellantrieb.

5. Warmwasser: Reduktion der Zirkulationsverluste durch Rohr-in-Rohr-System

6. Senken der Anschlussleistung durch Einsatz eines dezentralen Speichermanagements.

Ein Hochhaus (Bugginger Straße 50) wurde durch folgende Maßnahmen zum Passivhaus umgestaltet:

• Wärmedämmung der Fassade: 20 cm WLG 035 u = 0,15 W/m²K

• Neue Fenster mit 3-fach-Vergl. u = 0,7 W/m²K

• Wärmedämmung Dach: 2 x 20 cm WLG 035 u = 0,19 W/m²K

• Wärmedämmung Kellerdecke: 20 cm u = 0,15 W/m²K

• Wärmedämmung aller Kellerwände

• Wärmedämmung der Rollladenkästen

• Einhausung der vorhandenen Balkone

• Neue Balkone thermisch getrennt

• Erneuerung der Heizung mit Niedertemperatur (Vorlauftemperatur 50°C)

• Einbau einer kontrollierten Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

• Einhausung der neuen Lüftungstechnik in einem wärmegedämmten Dachgeschoss

• Energiesparende Beleuchtung und Geräte in den Wohnung, Stand-by-Schalter etc.

• Photovoltaikanlage auf dem Dach insg. ca. 25 kWp

Abweichend vom Konzept für das Hochhaus Bugginger Straße 50 sollen bei den Gebäuden Bugginger Straße 47 und 67 (MFH mit 8 bzw. 4 Geschossen) im Bereich der Warmwasserversorgung dezentrale Wärmetauscher eingesetzt werden, um auch hier eine Systemtemperatur von unter 60° C zu realisieren. Es ist geplant, den Heizungsvorlauf in den Rücklauf der Fernwärme einzubinden.

Ergebnisse:

1. Aufgrund minimierten Wärmebedarfs, Verringerung des Gas-Kessel Anteils an der Wärmeversorgung von 43 % auf 25%

2. Optimierung des Fernwärmenetzes durch Verkürzung von Netzabschnitten sowie Außerbetriebnahme überdimensionierter Teilabschnitte aus dem Jahre 1965.

3. Verringerung der Vorlauftemperaturen von 108°C auf 98°C.

4. Einbindung der Heizung in den Rücklauf und damit verbundene Absenkung der Rücklauftemperatur.

5. Senkung der Leistung durch ein dezentrales Speichermanagement.

2.1.2.3 Integrales Quartiers-Energiekonzept Karlsruhe-Rintheim

Siedlungstyp: Mischung aus Zeilenbebauung hoher Dichte mit Hochhaussiedlung

Gebäudebestand: Das Quartier Karlsruhe-Rintheim ist zum Teil eine typische Großwohnsiedlung der Nachkriegszeit. Der andere Teil des Quartiers stammt aus den 60er/70er Jahren, mit verbesserter Heizungstechnik (Heizzentralen) und anderer Architektur (Hochhäuser). Dieser Teil ist jedoch energetisch nicht wesentlich besser ausgeführt.

Bestand Wärmeversorgung: Gas-Zentralheizungen, vereinzelt Kohle-Einzelöfen;

Zielstellung des Vorhabens:

Es soll ein Gesamtkonzept für das Viertel entwickelt werden, welches eine weitgehende energetische Verbesserung bei gleichbleibender Warmmiete gewährleistet. Dazu gilt es, die optimalen Maßnahmen zu finden, bei denen Energieeinsparung und Effizienz in der Energiebereitstellung am wirtschaftlichsten sind. Gleichzeitig soll ein Energiemanage-mentsystem aufgebaut werden, um den Anlagenbetrieb kontinuierlich überwachen zu können.

Methodenanalyse:

Innovative Techniken sollen für Heizung, Lüftungssysteme und Warmwasserbereitstellung sowie für die Sanierung der Gebäudehüllen genutzt werden.

Dazu gehören:

1. Verschiedene Dämmsysteme einschließlich Vakuumisolationspaneele;

2. Unterschiedliche Fensterqualitäten;

3. Einsatz von PCM-Deckenplatten zur Erhöhung der thermischen Speichermasse;

4. Lichtlenkungssysteme an den Außenjalousien; Lüftungsanlagen (z.T. kontrollierte Abluftanlagen, aber auch Anlagen mit zentraler und dezentraler Wärmerückgewinnung);

5. Wärmepumpen mit CO_2-Erdsonden im Experimentalbau sowie

6. verschiedene Regelungsvarianten.

Ergebnisse:

Die Wärmeversorgung des Quartiers erfolgt aus dem Fernwärmenetz der Stadtwerke Karlsruhe. Nach Fertigstellung einer Transportleitung können ca. 40% im Karlsruher Fernwärmenetz durch die Abwärme der Raffinerie MiRO gedeckt werden. Die verbleibenden 60 % werden über Kraft-Wärme-Kopplung eingespeist. Die Anbindung des Quartiers „Rintheimer Feld“ an das Fernwärmenetz erfolgt indirekt über Übergabestationen. Die Transportleitung zu der Übergabestation wurde 2008 errichtet; das Netz inklusive Übergabestation wird derzeit ausgebaut und soll bis 2012 fertiggestellt sein.

2.1.2.4 Eine Militärbrache auf dem Weg zur Nullenergiestadt – Bad Aibling

Siedlungstyp:	Militärbrache Bad Aibling Mischgebiet: ehemaliger Militärstützpunkt, künftiges Quartier mit Mischnutzung: Wohnen, Gewerbe und Dienstleistungen, Fremdenverkehr
Gebäudebestand:	ca. 60% 1915–1948 errichtet, ca. 40% Nachkriegsgebäude, deutsche Bauvorschriften haben für die amerikanische Militärbasis nicht gegolten
Bestand Wärmeversorgung:	Das Areal wurde durch eine gas- oder ölbefeuerte Nahwärmezentrale mit 3 Kesseln von je 6.500 kW Leistung mit Wärme versorgt. Das Nahwärmesystem wurde Mitte der 1990er Jahre grundlegend saniert. Die Wärmeerzeugung ist insgesamt deutlich überdimensioniert. Ein Kessel wurde stillgelegt und ein zweiter von 6,5 auf 3 MW umgebaut.

Zielstellung des Vorhabens:

Das Konzept sieht vor, Sanierungsstandards vom EnEV-Neubaustandard bis annähernd zum Passivhausstandard umzusetzen.

Methodenanalyse:

Bei der Modernisierung des Nahwärmenetzes sollen neue Wege beschritten werden, um das Ziel „Nullenergiestadt“ zu erreichen. Neben einer Holzhackschnitzelheizung werden ca. 2.000 m² Solarkollektoren installiert. In den Übergangszeiten und im Winter soll die Vorlauftemperatur des Netzes heizungsgeführt geregelt werden. Höhere Temperaturen für die Warmwasserbereitung werden durch den Einsatz von Wärmepumpen erreicht, die das Wärmenetz als Wärmequelle nutzen. Dies ermöglicht hohe Solargewinne. Abgerundet wird das Konzept durch den Einsatz innovativer Vorfertigungen aus Holz, fortschrittlicher TGA-Komponenten, Wasserkraftnutzung und Photovoltaik-Anlagen.

Ergebnisse:

Im Hotelkomplex ist die Sanierung abgeschlossen und an weiteren Gebäuden wurde mit den Sanierungsarbeiten begonnen. Seit Sommer 2009 ist das Solarnetz im Nordteil des Gebiets im Testbetrieb, welches mit Wärmepumpen in den Gebäuden zur Warmwasserbereitung ausgestattet ist. An das Netz sind acht Gebäude sowie der Hotelkomplex angeschlossen. Es erfolgt eine kontinuierliche Protokollierung der Messdaten über das Internet.

Für das Netz im Nordteil wird das Nullenergieziel an fossilen Brennstoffen angestrebt. Dazu dienen ein Hackschnitzelkessel, großdimensionierte thermische Solarflächen sowie eine Freiflächen-Photovoltaik-Anlage und eine Photovoltaik-Anlage auf den Dächern der ehemaligen Flugzeughangars. Für die Photovoltaik-Flächen auf den Flugzeughangars sind ca. 430 kWp und für die Freiflächenanlage ca. 2,4 MWp geplant. Der Stromertrag liegt bei ca. 3,0 GWh/a.

2.1.2.5 Ökologische Siedlungsentwicklung Kassel-Oberzwehren

Siedlungstyp: Einfamilien- bzw. Doppelhaussiedlung Neubau

Gebäudekonzept: Bebauung des Siedlungsbereichs mit hocheffizienten Gebäuden, um den Wärme- und Energiebedarf so gering wie möglich zu halten (Passivhaus-Standard)

Zielstellung des Vorhabens:

Ziel des Modellvorhabens ist es:

- eine energetisch und exergetisch optimierte Wärmeversorgung für die neuen Siedlungsgebiete zu entwickeln und umzusetzen,
- die im Rahmen des Verbundforschungsvorhabens LowEx entwickelten Technologien in der Praxis zu erproben und zu überprüfen,

- durch hocheffiziente Kühlstrategien eine Erhöhung des sommerlichen Komfort zu erzielen,
- verschiedene Gebäudekonzepte aus energetischer und exergetischer Sicht zu bewerten und zu vergleichen und
- die Ergebnisse auf ähnliche Vorhaben übertragbar zu gestalten.

Methodenanalyse:

Die Heizung und Warmwasserbereitung soll so optimiert werden, dass ein rechnerischer Ausgleich der jährlichen CO_2-Bilanz erreicht wird.

Dafür sind mehrere Maßnahmen notwendig:

- Senkung des Heizwärmebedarfs durch einen sehr guten Wärmeschutz der Gebäude,
- Optimierung der solarenergetischen Erträge Über die Ausrichtung der Gebäude zu erzielen,
- Reduzierung der wärmeübertragenden Flächen durch eine günstige Kubatur des Gebäudes,
- im nördlichen Gebiet Fernwärmeversorgung der Gebäude über den Fernwärmerücklauf (50°C) und im südlichen Gebiet eine dezentrale Lösung vorzusehen.

Die verbleibenden CO_2-Emissionen sollten mittels Photovoltaik-Anlagen ausgeglichen werden.

Ergebnisse:

Derzeit wird das Bebauungsplanverfahren vorbereitet (Vorstudie). Des Weiteren wird eine Energie- und Exergiebilanz sowie eine CO_2-Bilanz erstellt. In der Umsetzungsphase ist ein Projekt-Monitoring vorgesehen.

2.1.2.6 Sanierung und CO_2-neutrale Wärmeversorgung einer 50er Jahre-Wohnanlage – München/Haidhausen

Siedlungstyp: Innerstädtische Blockbebauung

Gebäudebestand: Die 1955 gebaute und inzwischen sanierungsbedürftige Wohnanlage im Münchner Stadtteil Haidhausen/Au umfasst vier 3- bzw. 5-geschossige Gebäude mit Kellergeschoss und nicht ausgebautem Dachgeschoss. Die 149 zwei, drei und vier Zimmern-Wohnungen besitzen eine Wohnfläche von 40 m² und 65 m² und somit eine Gesamtwohnfläche von ca. 6.513 m².

Bestand Wärmeversorgung: Einzelofen (Holz, Gas, Öl, Elektro)

Zielstellung des Vorhabens:

Ziel des Projektes ist eine energetische Sanierung der vier Gebäude, um einen Primärenergiebedarf für Beheizung und Trinkwassererwärmung zu erreichen, der mindestens 50% unter dem zulässigen Wert eines Neubaus (EnEV 2007) liegt. Die noch benötigte Restwärme soll mit erneuerbaren Energien kompensiert werden, um eine CO_2-neutrale Energieversorgung zu erreichen.

Methodenanalyse:

Die Gebäudeaußenwände erhalten ein Dämmsystem aus Resol-Hartschaum (WLG 022). Für die Fassade der Straßenseite ist eine Vakuumdämmung vorgesehen. Die Fenster werden 3-fach wärmeschutzverglast ausgeführt. Die Kellerdecken werden mittels Vakuumdämmplatten isoliert.

Die zukünftige Wärmeversorgung der zu sanierenden Gebäude sowie der Neubauten erfolgt über eine zu errichtende Heizzentrale. Ein Anschluss der Heizzentrale an die Fernwärmeversorgung der Stadtwerke München wäre nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich. Stattdessen soll für die Beheizung der Wohnungen die oberflächennahe Geothermie genutzt werden. Die Nutzung der Geothermie ist in Form einer direkten thermischen Nutzung von Grundwasser mittels Gasmotorwärmepumpe geplant.

Zur Deckung der Spitzenlast soll ein zusätzlicher Gas-Brennwertkessel dienen.

Damit das Ziel einer CO_2-neutralen Wohnanlage erreicht werden kann, wird ein Teil der Wärme solarthermisch über ein Röhrenkollektorfeld gewonnen.

Die Wärmeübergabe in den Räumen erfolgt mittels Heizkörper. Die Wohnungen sollen ausschließlich natürlich über die Fenster belüftet werden. Fensterkontakte, die bei geöffnetem bzw. gekipptem Fenster den Heizwasserdurchfluss durch die Heizkörper stoppen, unterstützen ein energieeffizientes Nutzerverhalten.

Ergebnisse:

Ergebnisse aus diesem Modellvorhaben liegen bislang noch nicht vor.

2.1.2.7 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus den Modellvorhaben der Forschungsinitiative EnEff:Stadt des BMWi

Aus den Modellvorhaben der Forschungsinitiative EnEff:Stadt des BMWi lassen sich die Erfahrungen aus

- dem Einsatz von neuen Wärmedämmmaterialien (auf Basis von Aerogel, Vakuumisolationspaneele),

- der Absenkung der Systemtemperaturen,
- dem Einbau von kontrollierten Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung,
- dem Einsatz von Photovoltaikanlagen,
- dem Einsatz von PCM-Deckenplatten zur Erhöhung der thermischen Speichermasse,
- der Verwendung von Wärmepumpen mit CO_2-Erdsonden,
- der thermischen Nutzung von Grundwasser mittels Gasmotorwärmepumpe
- der Fernwärmeversorgung der Gebäude über den Fernwärmerücklauf,
- dem Aufbau von Nahwärmenetzen,
- dem Einsatz von Wärmepumpen, die das Wärmenetz als Wärmequelle nutzen und
- dem Einsatz von Holzhackschnitzelheizungen

für die Steigerung der Energieeffizienz im Bestandsbau nutzen.

2.1.3 Kurzdarstellung der Modellvorhaben aus der Förderinitiative „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt“ des BMBF[2]

2.1.3.1 Allgemein

In der ersten Phase des Wettbewerbs haben 72 Konsortien ihre Projektideen eingereicht. Das BMBF hat in der zweiten Phase des Wettbewerbs "Energieeffiziente Stadt" 15 Projekte gefördert. Kommunen, Forschungseinrichtungen, Energieversorger und andere Akteure haben in diesen Projekten innovative Umsetzungskonzepte zur Steigerung der Energieeffizienz in Städten und Kommunen erarbeitet.

2.1.3.2 „Historische Stadt Aachen – E3: Energieeinsparung * Energieeffizienz * Erneuerbare Energien“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

Der Wettbewerbsbeitrag verbindet innovative und technologische Ansätze mit integralen Energiekonzepten für historische Gebäude. Es wird die Ermittlung und Erprobung einer Gebäudetypologie mit passenden Sanierungsmaßnahmen verbunden. Das Augenmerk wird dabei auf solche Themen wie z.B. „Umgang mit historischen Gebäuden“, integrierte Stadtplanung, Verbesserung der Entscheidungsprozesse gelegt.

[2] Vgl. www.wettbewerb-energieeffiziente-stadt.de

2.1.3.3 Energieeffizientes Stadtentwicklungskonzept - (EneffSeko) der Städte Duisburg, Leipzig, Rosenheim, Schneeberg

Kurzdarstellung des Konzeptes:

Das Stadtentwicklungskonzept (SeKo) soll als Orientierung für die längerfristige Entwicklung einer Stadt dienen. Es soll ein abgestimmtes Handeln auf sozialen, wirtschaftlichen und räumlichen Gebieten ermöglichen.

Ziel des Projektes ist die Zusammenarbeit zwischen zuständigen kommunalen Planungsämtern und den lokalen Ver- und Entsorgungsunternehmen zur Erschließung von CO_2-Minderungspotentialen. Basierend auf den Erfahrungen soll für alle Städte ein dynamisches Modell zur Entscheidungsfindung entwickelt werden, welches bei klar abgegrenzten Bau- und Versorgungsstrukturen in unterschiedlichen Stadttypen geeignet ist, effiziente Energieversorgungsstrukturen aufzuzeigen, um damit der Stadtplanung Entscheidungskriterien zu liefern. Effizienzverbesserungen bis zum Jahr 2030 um 25%, gemessen am Ausgangsjahr 2010, werden angestrebt.

2.1.3.4 „Wege in die energieeffiziente urbane Moderne – Entwicklung eines akteursorientierten kommunalen Energiemanagementsystems in Delitzsch“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

Der Weg in die energieeffiziente Stadt Delitzsch beginnt mit einer Analyse des vorhandenen Entwicklungsstandes. Erarbeitet werden eine Energie- und Klimabilanz unter Einbezug demographischer Entwicklungsprozesse.

Ziele:

- eine mindestens 40prozentige Reduktion des CO_2-Ausstoßes bis 2020, gemessen am Ausgangsjahr 1990,
- Entwicklung eines innovativen, flexibel einsetzbaren, computerbasierten Instruments zum Aufzeigen von alternativen Entwicklungspfaden,
- Grenzen und Möglichkeiten dezentraler Energieversorgung ausloten,
- Bewertung der Alternativen durch relevante Akteure der Stadt Delitzsch soll ausgetretene Denkmuster hinterfragen und die Teilhabe der Akteure verbessern

Auf diese Weise kann ein auf das Gesamtsystem Stadt ausgerichtetes Umsetzungskonzept erarbeitet werden, das auch auf andere Städte übertragbar ist.

2.1.3.5 Energie- und Klimaschutzkonzept für das linksrheinische Düsseldorf

Kurzdarstellung des Konzeptes:

In einem Umsetzungskonzept für einen Stadtbezirk sollen verschiedene Möglichkeiten der Verbesserung der Energieeffizienz in Düsseldorf entwickelt und erprobt werden. Der Bezirk zählt ca. 40.000 Einwohner auf 13 km² Fläche und besteht aus 23.000 Wohnungen in 5.000 Wohngebäuden. Es werden städtebaulich typische Situationen analysiert und konkret ausgewertet.

In Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Düsseldorf wird der Aufbau eines Nahwärme- und Nahkälte-Netzes untersucht und der ökologische und wirtschaftliche Nutzen bewertet. Bei allen Vorhaben wird der Einsatz regenerativer Energien berücksichtigt. Die Ergebnisse der Studien soll Vorbildcharakter für die Übertragung in andere Stadtgebiete besitzen.

2.1.3.6 „Klima-Initiative Essen - Handeln in einer neuen Klimakultur“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Realisierung des Zieles des Bundes (40%-CO_2-Reduktion) in Essen bis 2020
- Klimabewusstes Verhalten im Gebäude- und Mobilitätsbereich durch Optimierung der Nutzung kommunaler/ wirtschaftlicher Infrastruktur
- Kommunikation und Förderung des Klimabewustseins im täglichen Handeln von Individuen, Unternehmen und Organisationen

Kommunales Energieeffizienz-Controlling

Klimabewusstsein schaffen, Klimakultur erzeugen
Die Umwelt- und Klimapolitik ist ein Feld, bei dem die engagierte Mitwirkung der gesamten Bevölkerung notwendig ist. Wer die Bevölkerung einer Stadt zur Energieeinsparung motivieren möchte, muss diese in die Umwelt- und Klimapolitik der Stadt einbeziehen.

Handlungsfeld: Sanierung von Gebäuden
Entwicklung eines Dienstleistungspaketes, das von der Analyse über die Planung, Finanzierung und Realisierung alle Schritte der energetischen Gebäudesanierung aus einer Hand anbietet.

Handlungsfeld: regenerative Energien
Zur effektiven CO_2-Einsparung, wird der Einsatz regenerativer Energien, vor allem die Energieträger Bio-/Holzpellets, Holzhackschnitzel, Solarenergie / Photovoltaik, Erd- und Abwasserwärme, betrachtet.

2.1.3.7 „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt für die Gemeinde Göda“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

Die Betrachtungen konzentrieren sich für die Gemeinde Göda auf die Wärmeversorgung der kommunalen Liegenschaften, größerer Wohngebäude und Gewerbebetriebe. Ausgehend von einer Analyse vorhandener Potentiale sowie der lokalen Energie- und Stoffströme sollen Maßnahmen und Dienstleistungen entwickelt werden. Aus den Ergebnissen soll ein Baukastensystem als Handlungsanweisung zur systematischen Untersuchung und zur Findung von Konzepten für ähnlich strukturierte Gebiete und Standorte entstehen.

In Göda soll perspektivisch eine Lösung für die Wärmeversorgung unter Verwendung vielfältiger regenerativer Energieträger entstehen, an der viele relevante Akteure beteiligt sind. Für die angeschlossenen Objekte sollen die CO_2-Emissionen um 70 % reduziert werden.

2.1.3.8 „Energieeffiziente Stadt, der Hamburger Weg: Ambitionierter Klimaschutz bei komplexen Entscheidungsstrukturen“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

Entwicklung eines umfassenden Instrumentariums für die mittel- und langfristige Planung der städtischen Wärmeerzeugung und Wärmenutzung.

Vorgehen:

- Festlegung der Entscheidungskriterien
- Datenerfassung und Analyse
- Aufteilung der Stadt in „Wärmezellen“
- Rechtliche Möglichkeiten „Stadt & Bundesland“
- Konzeptentwicklung „Planungsinstrumentarium“

Ein CO_2-Minderungsziel von minus 80 % bis 2050 ist nur durch konsequente energetische Gebäudesanierung erreichbar. Entsprechend ist ein Planungsinstrumentarium notwendig, um sowohl in räumlicher wie auch in zeitlicher Hinsicht einen optimalen Weg zum Erreichen des Zieles aufzuzeigen. Die Schaffung eines Instrumentariums bedingt eine genaue Kenntnis der lokalen Energiedaten und ihrer Integration in ein Gesamtkonzept. In dem Projekt werden zunächst Regeln zur Einteilung des Stadtgebiets in Wärmezellen erarbeitet. Zwei bis drei ausgewählte Hamburger Quartiere werden detailliert analysiert. In einem zweiten Schritt wird dann ein detailliertes Planungsinstrumentarium entwickelt. Dabei geht es um:

- die integrale Planung von Gebäudetechnik und Infrastrukturnetzen,
- die Einbeziehung bisher nicht ausreichend genutzter Wärmequellen und -senken,

die Integration von Energieangebot und -nachfrage insbesondere auch zwischen Industrie, Gewerbe, öffentlichen Gebäuden und Haushalten.

2.1.3.9 „Energieoptimierte Stadt (EOS) - Landau“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Strategien zur Steigerung der Energieeffizienz und Erhöhung des Anteils regenerativer Energien entwickeln,
- Nutzungskonzepte für Tiefen-Geothermie sowie Energieverbünde u. Wärmenetze erstellen,
- Entwicklung eines Gesamtkonzeptes für das gesamte Energiesystems „Stadt Landau“,
- Handlungskonzepte zur Umsetzung erarbeiten,
- Übertragungsfähigkeit auf andere Kommunen prüfen.

Als wichtigste Handlungsfelder und Aktivitäten ergeben sich:

(1) Industrie- und Gewerbebetriebe:

Steigerung der Energieeffizienz durch lokale Kompetenznetzwerke und Energieverbünde.

(2) Gebäude:

Wärmeversorgung von Gebäuden durch Nahwärmekonzepte (Wärmenetze bzw. Wärmeinseln).

(3) Regenerative Energienutzung:

Verstärkte Nutzung der Tiefen-Geothermie zur gekoppelten Strom- u. Wärmeerzeugung und der dachintegrierten Photovoltaik.

(4) Lokaler Energieversorger: als Anbieter von integrierten Energiedienstleistungen.

Es entsteht ein Gesamtkonzept des Energiesystems „Stadt Landau“. Die Ergebnisse werden den politischen Gremien und kommunalen Entscheidungsträgern vorgestellt und es wird für eine Umsetzung der Erkenntnisse gesorgt. Bis zum Jahr 2020 sollen gegenüber 1990 die jährlichen CO_2-Emissionen um mindestens 40% verringert werden. Die gefundenen Lösungen werden auf ihre Realisierbarkeit bei ähnlich strukturierten Kommunen geprüft.

2.1.3.10 „Im Osten geht die Sonne auf! Energieräumliches Konzept für den Leipziger Osten“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Erarbeitung eines innovativen ganzheitlichen Umsetzungskonzeptes unter Berücksichtigung des demografischen Wandels
- Vereinigung der Strategien zum Umgang mit dem demografischen Wandel und zum Klimaschutz
- Erarbeitung eines energieräumlichen Konzeptes
- Herausbildung eines energieräumlichen Konsenses

Erarbeitung eines computergestützten Modells

Ziel:

Ziel des Projektes ist die Erarbeitung eines innovativen ganzheitlichen Umsetzungskonzeptes für eine „energieeffiziente Stadt Leipzig“ unter Berücksichtigung des demografischen Wandels. Dabei werden übergeordnete und individuelle Strategien entwickelt.

Erstmals in diesem Projekt werden die Strategien zum Umgang mit dem demografischen Wandel und zum Klimaschutz vereint. Die Ergebnisse des Umsetzungskonzeptes fließen in den Stadtumbau ein.

Ergebnisse

In dem Projekt wird ein energieräumliches Konzept erarbeitet. Alle Ergebnisse dienen dazu, den Energiebedarf im Leipziger Osten erheblich zu verringern, indem sie Potenziale zur energetischen Optimierung aufzeigen und die Akteure hierfür sensibilisieren.

2.1.3.11 „Magdeburg EnergieEffiziente Stadt – Modellstadt für Erneuerbare Energien (MD-E4)“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Deckung des Energiebedarfs durch Nutzung eines überdurchschnittlichen Anteils an erneuerbarer Energie und Energie aus Abfällen
- Reduzierung des CO_2-Ausstosses bis 2020 um 40% gegenüber 1990
- Entwicklung eines Energie-Geo-Informationssystems
- Erfolgskontrolle über ein Kennzahlensystem

Magdeburg strebt an, eine energieeffiziente Stadt im Rahmen einer Modellstadt für Erneuerbare Energien zu werden. Es soll ein sehr hoher Anteil des gesamten Energie-bedarfs aus erneuerbaren Energien und der Müllverbrennung (inkl. bedeutenden Eigenerzeugungsanteil) gedeckt werden.

Insgesamt soll der CO_2-Ausstoß bis 2020 um mindestens 40% gegenüber 1990 reduziert und der Energieverbrauch um 20% gegenüber 2007 gesenkt werden.

In zehn Arbeitspaketen wird hierzu ein Umsetzungskonzept erarbeitet, welches eine Vielzahl an Projekten bzw. Maßnahmen beinhaltet. Hierzu gehört u.a. die Entwicklung eines Energie-Geo-Informationssystems (Energie-GIS), eine Erfolgskontrolle über ein Kennzahlensystem und ein Betreiberkonzept einer energieeffizienten Stadt.

2.1.3.12 Offene Innovationsprozesse für die energieeffiziente Stadt 2020+ (OFFIES 2020+)

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Entwicklung eines Energieeffizienzkonzeptes für die Bereiche Mobilität, Wohnen und Stadtplanung/-entwicklung
- Gemeinschaftliche und interaktive Gestaltung zukunftsfähiger, energieeffizienter Siedlungsstrukturen und der energetischen Sanierung
- Ausbau des vielfältigen Angebots nachhaltiger Mobilitätsdienstleistungen

Zur Erhöhung der Energieeffizienz in den Bereichen Wohnen und Mobilität sollen gemeinsam mit den Partnerunternehmen, der Kommune und den Bürgern Ideen generiert, bewertet und später umgesetzt werden. Die Ideen und Konzepte werden hinsichtlich ihrer Energieströme und Emissionen bilanziert.

Sowohl im Verkehrs- als auch im Wohnbereich sind in München und in der Region hohe Potenziale vorhanden, um die Kohlendioxid-Emissionen von derzeit etwa 6,5 t CO_2 pro Einwohner und Jahr bis 2015 um 30 % zu senken.

2.1.3.13 „ENEFF STADT OLDENBURG: Energieeffiziente Stadt Oldenburg Entwicklung und Umsetzung einer Energieeffizienz-Strategie für die Gesamtstadt“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Entwicklung einer softwaregestützten Energie- und Emissionsbilanzierung für die Stadt Oldenburg
- Datenerhebung über die Strom- und Wärmeversorgung in vier ausgewählten Sektoren: Mobilität, Wohnen, Arbeiten und Dienstleistungen

- Entwicklung zweier Werkzeuge (Energiemodell der Stadt und Simulationsmodell des Dienstleistungssektors)
- Datenabbildung in den genannten Modellen
- Auswertung der Ergebnisse und daraus Entwicklung von Konzepten für die Energie- und Emissionsbilanzierung
- Vorbereitung von Folgeprojekten zur Umsetzung der Konzepte

Es wird ein Werkzeug: Energiemodell der Stadt Oldenburg auf Basis der Software „TIMES“ und ein Simulationsmodell zur Beschreibung des Dienstleistungssektors entwickelt. Im nächsten Schritt werden Daten über die Strom- und Wärmeversorgung sowie Transport- und Verkehrsstruktur erfasst und in den Modellen abgebildet. Aus den Ergebnissen werden Konzepte und Methoden für die Energie- und Emissionsbilanzierung entwickelt.

Das Energiemodell der Stadt Oldenburg kann von der kommunalen Stadt- und Verkehrsplanung, aber auch von Energieversorgungsunternehmen als Planungs- und Entscheidungsgrundlage genutzt werden. Mit dem Modell lässt sich außerdem die Effizienz von vergangenen Maßnahmen überprüfen. Es können aber auch Konzepte für eine effizienzoptimierte Strom- und Wärmeversorgung der Stadt Oldenburg entwickelt werden.

2.1.3.14 „Energieeffiziente Stadt Schwäbisch Gmünd 2020“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Entwicklungen von Dienstleistungen für eine energieeffiziente Stadterneuerung
- Beseitigung von Investitionshemmnissen bei Immobilienbesitzern bezüglich der Modernisierung u. Steigerung der Energieeffizienz
- Ermittlung von Einsparpotentialen und Aufbau eines Netzwerkes unter Leitung von Stadt u. Stadtwerken.
- Aktivierung von lokal verfügbaren regenerativen Energieträgern
- Einschätzung der Energieversorgung anhand der Siedlungsstrukturen

Die Stadt Schwäbisch Gmünd will ein energetisches Stadterneuerungskonzept erarbeiten, das von der gesamten Bevölkerung getragen, eine deutliche Reduzierung des Energie-verbrauchs ermöglicht. Es gilt dabei sowohl die Akteure als auch die Maßnahmen innerhalb der gesamten Stadt zu vernetzen. Ziel ist es, ein Konzept zur rationellen Energieverwen-dung zu verfolgen, in dem die Stadt als Gesamtsystem hinsichtlich ihres Energiebedarfs, gesehen wird. In der Nutzung der lokalen Energieressourcen liegen die größten Potenziale für die energieeffiziente Stadt Schwäbisch Gmünd.

2.1.3.15 „Stadt mit Energie-Effizienz - SEE Stuttgart“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Bilanzierung des Energieverbrauchs im gesamten Stadtgebiet
- Entwicklung eines ganzheitlichen Bilanzmodells
- Entwicklung eines Strategiemodells unter Einbezug der individuellen Aktivitäten
- Erkennung von Optimierungspotenzialen
- Erstellung einer Energiestrategie bis zum Jahr 2050
- Umsetzung erarbeiteter Maßnahmen
- Erfolgskontrolle durch Monitoring

Die Stadt Stuttgart hat im Bereich Energieeinsparung bereits viele Maßnahmen in der Vergangenheit erfolgreich umgesetzt. Dazu gehören sowohl das städtische Energiemanagement als auch energetische Vorgaben für private Bauvorhaben. Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Umsetzung einer Strategie für die ganze Stadt.

Auf Basis der Ergebnisse werden Minderungsziele formuliert und deren Wirksamkeit anhand von Einzelmaßnahmen beurteilt. Danach sollen die Maßnahmen umgesetzt und Ihre Wirksamkeit analysiert werden, um eine Energiestrategie bis 2050 zu erstellen. Mindestziel ist die 20%ige Effizienzsteigerung bis 2020.

2.1.3.16 „Wolfhagen 100% EE—Entwicklung einer nachhaltigen Energieversorgung für die Stadt Wolfhagen“

Kurzdarstellung des Konzeptes:

- Senkung des Energiebedarfs im Gebäudebestand
- Anregung und Initiierung von Sanierungsmaßnahmen - Modellsanierungen
- Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung durch Wind und Biomasse
- Konzept zur Umsetzung von Smart-Metering und Verbraucherinformation
- Potenzialabschätzung und Ausbau von Elektro-Mobilität
- Ganzheitliche Abbildung des „Energiesystems Kommune“
- Initiierung eines breiten bürgerschaftlichen Motivationsprozesses

Die Stadt Wolfhagen ist mit rund 14.000 Einwohnern und 11 Stadtteilen eine typische ländlich geprägte Kommune in Nordhessen. Wolfhagen stellt sich derzeit vorrangig der Aufgabe

einer zukunftsfähigen Energieversorgung. Besonderes Augenmerk liegt auf dem Bereich Altbausanierung, verstärkter Ausbau erneuerbarer Energienutzungen und langfristig kostengünstige Mobilität.

Die geplanten Arbeitspakete gliedern sich in die drei Maßnahmenschwerpunkte Gebäudesanierung, Elektro-Mobilität und Optimierung der Energieversorgungsstrukturen. In diesen drei Bereichen sollen in Wolfhagen konkrete bauliche oder investive Maßnahmen erfolgen. Eine umfassende wissenschaftliche Systembetrachtung und -auswertung sowie ein Kommunikations- und Informationspaket soll sicherstellen, dass die erzielten Ergebnisse anwendbar und übertragbar sind.

2.1.3.17 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der Förderinitiative „Wettbewerb Energieeffiziente Stadt“ des BMBF

In den verschiedenen Modellvorhaben wird deutlich, dass für die Entwicklung energieeffizienter Versorgungskonzepte die Kenntnis der vorhandenen Potentiale und der lokalen Energie- und Stoffströme eine grundlegende Voraussetzung darstellen. In diesen Versorgungskonzepten ist dem Einsatz regenerativer Energien (Solar, Geothermie, Energie aus Abfällen, Stromerzeugung durch Wind und Biomasse) besonderes Augenmerk zu schenken und ihr Einsatz vorrangig zu berücksichtigen. Die Errichtung von Nahwärme- und Nahkältenetzen in Verbindung mit KWKK-Anlagen ist anzustreben. In den Prozess eines energetischen Stadtumbaus ist eine breite Masse der Bevölkerung einzubeziehen.

2.1.4 Modellvorhaben aus dem Forschungsprogramm Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt)[3]

2.1.4.1 Allgemein

Das ExWoSt-Forschungsfeld „Modellvorhaben zur energetischen Stadterneuerung“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im BBR wird in Zusammenarbeit mit dem Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung des Landes Brandenburg und dem Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt durchgeführt.

Das Forschungsfeld verfolgt folgende Ziele:

- Die praktische Erprobung der Verknüpfung des Programms ”Stadtumbau Ost” mit beispielhaften Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz, Energieeinsparung und Anwendung erneuerbarer Energien in Modellvorhaben

[3] Vgl. www.bbsr.bund.de

- Die energetische Stadterneuerung soll die Ziele des Programmes Stadtumbau Ost hinsichtlich Ressourceneinsparung und Kostensenkung verwirklichen helfen.

- Die Beschreibung erfolgreicher Kooperationsformen und Förderinstrumente und deren Anreizwirkung zur energetischen Gebäudesanierung sowie zur Steigerung der Standortqualität.

- Die Darstellung von Möglichkeiten zur Nachnutzung vorhandener Anlagen und Leitungsnetzen; Beschreibung von Wechselwirkungen in Bezug auf den Einsatz regenerativer Energieträger und die erreichbaren Kohlendioxid–Einsparungen.

2.1.4.2 Modellstadt Cottbus - Projekt „Energiesparschule“ (bauliche und technische Sanierung eines Plattenbau-Schulgebäudes aus den 70er Jahren auf Passivhausstandard)

Rahmen- und Strukturdaten

Oberzentrum, ca.100.000 Einwohner,

rückläufige Bevölkerungsentwicklung (2001-2007 -9,5%),

Durchschnittsalter der Bevölkerung 44,6 Jahre,

Stadtstruktur:

historisch geprägte Stadtstruktur, mit heterogener Baustruktur,
ausgedehntes gründerzeitliches Quartier im Westen der Stadt,
mehrere große Plattenbau-Gebiete im Stadtgebiet,
der Anteil der Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern liegt bei 20,2 %,
Fernwärmeanteil von über 70% an der Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung,
Wärmeerzeugung durch ein braunkohlegefeuertes HKW (Leistung 75 MWel / 340 MWth),
mehrere semizentrale KWK-Anlagen und Heizkessel im Stadtgebiet,
dezentrale Erzeugung über Öl, Gas oder Kohle,

Stromerzeugung über KWK und Wasserkraft (280 KW)

Modellvorhaben: Energiesparschule

Maßnahmen

- Reduzierung des Heizenergiebedarfs durch eine hochwertige Dämmung der Außenhülle

- Minimierung des Warmwasser und Elektroenergiebedarfs

- Einsatz von Baustoffen und Bauteilen mit hoher Lebensdauer

- Einsatz einer kontrollierten Be und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung
- Installation außenliegender Sonnenschutzvorrichtungen mit zusätzlicher Tageslichtlenkung
- Einsatz energieeffizienter Leuchten

Projektstand

Die Planungsleistung für die energetische Sanierung ist abgeschlossen. Seit Juli 2010 laufen die Sanierungsarbeiten, die Fertigstellung ist für Dezember 2011 geplant.

2.1.4.3 Modellstadt Finsterwalde – Projekt Schul- und Sportcampus

Die innerhalb eines Stadtquartiers liegenden Gebäude unterschiedlichen Baualters und unterschiedlicher Bautypologie werden zu einem innerstädtischen Schul- und Sportcampus umgestaltet.

Rahmen- und Strukturdaten

Mittelzentrum, ca. 18.100 Einwohner,

rückläufige Bevölkerungsentwicklung (2001-2007: -9,7 %),

Durchschnittsalter der Bevölkerung 46,7 Jahre

Stadtstruktur:

- Altstadt durch hohen Instandhaltungsbedarf und Brachflächen geprägt,
- mittelalterliche Stadtstruktur erkennbar,
- hoher Anteil an Mehrfamilienhäusern in Zeilenbauweise, Anteil Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern 29,0 %
- Zentrale Fernwärmeversorgung über das Heizwerk Süd (Gas/Leichtöl / 20MWth), 1 BHKW-Lösung zur Versorgung von ca. 100 Haushalten mit Strom und Teilversorgung öffentlicher Gebäude mit Wärme,
- weitere Wärmeversorgung dezentral

Maßnahmen

- Altbauten, die zum Teil unter Denkmalschutz stehen, sollen eine KWK-Nahwärme und eine thermische Solaranlage erhalten.
- Eine Plattenbau-Schule, sowie eine Turnhalle und eine sanierte Schwimmhalle sollen mit einer PV-Anlage und einer thermischen Solaranlage nachgerüstet werden.
- Im Zusammenhang mit der Errichtung eines Freibadbeckens an der städtischen Schwimmhalle ist die Ausstattung mit Solarthermie und Photovoltaik geplant.

Projektstand

Die Sanierung der Turnhalle, inkl. des Einbaus einer thermischen Solaranlage ist abgeschlossen. Derzeit laufen Untersuchungen zur energetischen Sanierung des denkmalgeschützten Gymnasiums bezüglich einer möglichen Innendämmung und des Umbaus der Heizungsanlage (Anschluss an das Nahwärmenetz).

2.1.4.4 Guben – Modellvorhaben: Optimierung der fernwärmebasierenden Energieversorgung unter Einbeziehung regenerativer Energien

Modellstadt Guben

Bundesland Brandenburg

Einwohnerzahl: (12/2009): 19.291

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -19,5

Stadtstruktur:

Aufgrund eines starken Rückganges der Wärmedichte infolge des Stadtumbaus und einer zunehmenden energetischen Sanierung der Gebäude hat der Wärmeabsatz im Fernwärmenetz der Stadt Guben seit 1990 dramatisch abgenommen.

Das überdimensionierte Netz ist aufgrund sehr hoher Wärmeverluste und trotz hoher Fernwärmepreise in seiner Wirtschaftlichkeit gefährdet.

Maßnahmen

In einem ersten Schritt wurde ein Energiekonzept erarbeitet, das folgende, verschiedene Lösungsansätze untersucht und technisch-wirtschaftlich bewertet:

- Möglichkeit der Errichtung neuer Heizkraftwerke unter Berücksichtigung anpassungsfähiger Standort- und Leistungsvarianten und dem Einsatz von erneuerbaren Energien.
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Wahl verschiedener Energieträger für den Betrieb der neuen Heizkraftwerke, .
- Berücksichtigung möglicher flexibler Standortvarianten der Wärmeerzeugereinheiten - insbesondere in Bezug auf die demographische Entwicklung der einzelnen Stadtteile.

Projektstand

Für die Stadt Guben wurde der heutige und künftige Energieverbrauch für Haushalte, öffentliche Dienste, private Unternehmungen und Verkehr ermittelt. Die energetischen Einsparpotenziale und die regionalen Potenziale für die Produktion von Erneuerbaren Energien wurden identifiziert.

Die Stadt Guben hat am Forschungsprojekt „Nationale Stadtentwicklungspolitik“ mitgearbeitet. Ein Ergebnis daraus ist die Planung eines grenzübergreifenden Energiekonzepts für die Grenzstadt Guben / Gubin.

2.1.4.5 Lübbenau / Spreewald – Modellvorhaben: Einbindung von energetischen Einzelmaßnahmen in das städtische Energiekonzept "Masterplan Energie 2021"

Modellstadt Lübbenau/ Spreewald

Bundesland Brandenburg

Einwohnerzahl: (12/2009): 16.874

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -11,4

Auf Grundlage des kommunalen Energiekonzepts sollen unterschiedliche Einzelmaßnahmen der Energieeinsparung aufeinander abgestimmt werden.

Parallel dazu besteht Abstimmungsbedarf zu einem in der Vorbereitung befindlichen regionalen Energiekonzept.

Maßnahmen

- Schritt 1: Erarbeitung eines kommunalen Energiekonzeptes (Masterplan Energie 2021)
- Schritt 2: Vertiefende energetische Untersuchungen für den Teilraum 2 (Neustadt Südwest)
- Schritt 3: Vertiefungsstudie beispielhaftes Einzelprojekt "Haus für Kinder und Senioren" (Machbarkeitsstudie)

Relevante Einzelprojekte sind:

- Machbarkeitsstudie für eine großflächige Solarthermie-Anlage, die in das kommunale Fernwärmenetz integriert werden soll,
- Alternativer Primärenergieeinsatz zum Betrieb des Fernwärmenetzes der Stadt Lübbenau,
- Optionen der Energieversorgung für Heizung und Kühlung in geplanten soziokulturellen Einrichtungen im Bestand,

- Contracting-Modelle für den Betrieb von Blockheizkraftwerk-Anlagen bei unterschiedlichen Betreibern

Projektstand

Derzeit erfolgt die Erarbeitung des Planes Energie Lübbenau 2021. Parallel dazu werden für den Teilraum Neustadt Südwest energetische Untersuchungen durchgeführt und das Einzelprojekt „Haus für Kinder und Senioren“ baulich umgesetzt.

2.1.4.6 Luckenwalde – Modellvorhaben: Beispielhafte Verbesserung der energetischen Gesamtbilanz eines Stadtquartiers

Modellstadt Luckenwalde

Bundesland Brandenburg

Einwohnerzahl: (12/2009): 20.715

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -6,6

Die Stadt Luckenwalde initiiert den energetischen Stadtumbau am Beispiel des Luckenwalder Stadtquartiers Nuthe/Burg. Bereits sanierte und noch unsanierte Wohnblocks (Plattenbauweise), sowie ein Einkaufzentrum und eine Kita sind Gebäude innerhalb des Projekts.

Maßnahmen

Folgende Schwerpunkte der energetischen Stadterneuerung werden benannt:

- energetische Sanierung der Kita
- Rückbau von nicht mehr benötigten Wohnflächen
- energetische Sanierung von Wohngebäuden
- Bilanzierung und Visualisierung der Energiebedarfe und Energiedeckung des Quartiers Nuthe/Burg
- Herausarbeitung einer Rangfolge zur Umsetzung von energetischen Maßnahmen

Projektstand

Der Bauantrag zur Sanierung der Kita ist gestellt. Für die sozial verträgliche energetische Sanierung der Plattenbauten werden derzeit Lösungen gesucht. Ziel ist es auch Familien und Personen mit geringem Einkommen das Wohnen in energetisch saniertem Wohnraum zu ermöglichen. Über das Modellvorhaben hinaus werden das Rathaus und sämtliche Kitas bis zum Jahr 2011 mit Fördermitteln des Konjunkturpakets energetisch saniert.

2.1.4.7 Prenzlau – Modellvorhaben: Überprüfung und Durchführung beispielhafter Maßnahmen für den Umgang mit gründerzeitlichen Bestandsgebäuden

Modellstadt Prenzlau

Bundesland Brandenburg

Einwohnerzahl: (12/2009): 19.802

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -9,6

Die Stadt Prenzlau beabsichtigt, die z.T. denkmalgeschützten Altbaubestände Schwedter-Straße 25/29 energetisch zu sanieren. Bei der Sanierung werden folgende Ziele verfolgt:

Ziele

1. Erhalt der städtebaulich-architektonischen Qualität der letzten Gründerzeitbauten,
2. Anwendung innovativer, energiesparender Lösungen bei der Modernisierung und Instandsetzung,
3. Prüfung der Vereinbarkeit von energetischer Sanierung und denkmalpflegerischen Auflagen,
4. Prüfung von sinnvollen Nutzungsmöglichkeiten,
5. Seniorengerechte Umgestaltung der Wohngebäude.

Projektstand

Grundlage des Projektes war eine Machbarkeitsstudie. Im Jahr 2010 erfolgt die Sanierung der Gebäude 25 und für 2011 ist die Sanierung des Gebäudes Nr. 29 vorgesehen. Im Rahmen der Beratung und Diskussion innerhalb des Forschungsfeldes der Energetischen Stadterneuerung wurden weitere Energiethemen von der Stadt Prenzlau diskutiert. Zurzeit wird ein Konzept für die geothermische Nutzung von Altbohrungen zur saisonalen Speicherung überschüssiger Wärme im Sommer, mittels Aquiferspeicher erarbeitet.

2.1.4.8 Spremberg – Modellvorhaben: Energetische Stadterneuerung durch Umsetzung eines Bündels an Einzelmaßnahmen auf Basis des Stadtentwicklungskonzeptes

Modellstadt Spremberg

Bundesland Brandenburg

Einwohnerzahl: (10/2009): 24.782

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -8,4

Die Stadt Spremberg nutzt einen innerstädtischen ehemaligen Berufsschulbildungskomplex, der zuletzt als Grundschule genutzt wurde, als Bildungs- und Freizeitzentrum und wird diesen energetisch optimieren. Es soll im Rahmen des Gesamtvorhabens ein Konzept für die energetische Modernisierung des Objektes realisiert werden. Das Objekt besteht aus einer ehemaligen Berufsschule in Monolith-Bauweise, einem Internat in Stützen-Riegel-Konstruktion und einer Turnhalle.

Maßnahmen

- Die Wärmeversorgung des neuen Schulgebäudes wird durch den Anschluss an das städtische Fernwärmenetz sichergestellt.
- Der Einsatz von Geothermie wurde geprüft, ließ sich jedoch im Rahmen der Nutzungsdauer nicht betriebswirtschaftlich darstellen, da die bereits vorhandene Wärmedämmung nicht verändert werden soll.
- Das Einsparpotential liegt bei diesem Gebäude größtenteils in der Erneuerung der Fenster und der Dämmung der Kellerdecke.
- Für die Turnhalle ist der Einsatz einer Luft/Wasser/Wärmepumpe kombiniert mit einer thermischen Solaranlage für die Warmwasserbereitung das nachhaltigste Maßnahmenbündel.

Projektstand

Das Schulgebäude, das Haus der Vereine und die Turnhalle wurden modernisiert.

2.1.4.9 Vetschau – Modellvorhaben: Beispielhafte energetische Sanierung eines z.T. denkmalgeschützten Gebäudes

Modellstadt Vetschau/ Spreewald

Bundesland Brandenburg

Einwohnerzahl: (12/2009): 8.944

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -14,7

Die Stadt Vetschau beabsichtigt, das z.T. denkmalgeschützte ehemalige Gymnasium der Stadt energetisch zu sanieren. Dabei verfolgt das Projekt zwei Ziele. Zum ersten die Anwendung innovativer, energiesparender Lösungen bei der Modernisierung und zum zweiten den Umbau zu einem multifunktionalen Bürgerhaus. Es wird ein Konzept angestrebt, bei dem sowohl die denkmalgeschützte Substanz erhalten bleibt, als auch eine deutliche Energieeinsparung des Gebäudes erreicht wird.

Maßnahmen

- Reduzierung des Heizenergiebedarfs über hochwertige Dämmung der Außenhülle,
- Minimierung des Warmwasser- und Elektroenergiebedarfs,
- Einsatz von Baustoffen und Bauteilen mit hoher Lebensdauer,
- Einsatz einer kontrollierten Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung,
- Einsatz ausschließlich regenerativer Energieträger (Geothermie und Solarthermie) zur Wärmeversorgung des Gebäudes in Verbindung mit einer energieeffizienten Wand-Flächenheizung,
- Optional: Einsatz einer Photovoltaikanlage.

Projektstand

Das Vorhaben befindet sich in der Detailplanung. Zuletzt fanden Workshops zur Konzeption des Gebäudes mit den künftigen Nutzergruppen statt.

Die bauliche Umsetzung wird voraussichtlich ab April 2010 erfolgen und zwei Jahre andauern.

2.1.4.10 Gräfenhainichen – Modellvorhaben: Bilanzielle Energieautarkie der Stadt Gräfenhainichen

Modellstadt Gräfenhainichen

Bundesland Sachsen-Anhalt

Einwohnerzahl: (6/2009): 7.665

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -14,9

Das Stadtentwicklungskonzept folgt dem Leitbild "Stadt mit neuer Energie". Dies heißt Stadtumbau als energetischer Umbau der Bausubstanz auf Basis erneuerbarer Energien durch breite Mitwirkung der Bürgerschaft, der Unternehmen und Verwaltungen.

Maßnahmen

- Umstellung des Blockheizkraftwerks (BHKW) auf Biogas.
- Aufgrund der räumlichen Entfernung zwischen Biogasanlage und BHKW muss entweder eine neue Leitungstrasse errichtet oder das Biogas aufbereitet und in das vorhandene Erdgasnetz eingespeist werden.
- Kommunale Brachflächen sollen zur Biomasseproduktion genutzt werden.
- Einrichtung eines Bürgerinformationszentrums Energie. Es ist ein Internetportal geplant, welches umfassend die Informationen zur Energieeinsparung, der Effizienzverbesserung und dem Einsatz regenerativer Energien in Gräfenhainichen darstellt.

Projektstand

Die Fortschreibung des Stadtentwicklungskonzeptes „Energetische Stadterneuerung“ 2020+ Gräfenhainichen liegt zur Diskussion vor und ist unter www.stadt-mit-neuer-energie.de einzusehen.

2.1.4.11 Havelberg – Modellvorhaben: Etablierung einer ökologischen Energieversorgung unter Einbeziehung regionaler Energieträger

Modellstadt Havelberg

Bundesland Sachsen-Anhalt

Einwohnerzahl: (12/2009): 7.133

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -10,8

Die Hansestadt Havelberg hat sich folgende Ziele gesetzt:

Im Rahmen des Forschungsprojekts wird ein Energiekonzept für die Kommune Havelberg im UNESCO Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe erstellt. In ihm sollen stadtplanerische, technische und ökonomische Aspekte der Stadtentwicklung mit folgenden Zielen zusammengeführt werden:

- preiswerte/ sichere Wärme-und Kraftstoffversorgung
- Umstellung der zentralen Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energien
- ersatzweiser Ausbau der zentralen Wärmeversorgung für neue Stadtbereiche
- Etablierung von Insellösungen zur dezentralen Energieversorgung
- Einbeziehung regionaler Wertschöpfungskette in lokale Energieversorgungsprojekte.

Maßnahmen

- Im Januar 2008 wurde ein Blockheizkraftwerk auf Basis von Erdgas in Betrieb genommen. Die durch die Kraft Wärme Kopplung erzeugte Elektroenergie wird derzeit als wirtschaftlichste Bereitstellung von Strom angesehen. Eine Erhöhung der Leistung wäre aus Sicht der Stadtwerke wünschenswert, lässt sich jedoch durch eine zu geringe Wärmeabnahme nicht ökologisch vertretbar darstellen. Daraus ergeben sich folgende Maßnahmen:

- Umstellung der zentralen Wärmeerzeugung auf erneuerbare Energien

- ersatzweiser Ausbau der zentralen Wärmeversorgung für neue Stadtbereiche

- Etablierung von Insellösungen zur dezentralen Energieversorgung.

Projektstand

Die Fortschreibung des Integrierten Stadtentwicklungskonzepts (INSEK) mit energetischem Schwerpunkt liegt der Stadt Havelberg zur Diskussion vor. Ein Ergebnis dieser grundsätzlichen Diskussion sind energetische Sanierungen von kommunalen Liegen-schaften. So wird im Zuge der Sanierung ein Gymnasium mit einer Photovoltaikanlage ausgestattet. Auch private Investoren nutzen erneuerbare Energien bei der Sanierung. Es werden eine Reihe von Gebäuden in der Altstadt mit einer Erdwärmepumpe ausgestattet. Die Stadtwerke Havelberg bauen bereits eine Biogasanlage mit 1,3 MW Leistung.

2.1.4.12 Naumburg – Modellvorhaben: Energetische Stadterneuerung

Modellstadt Naumburg/ Saale

Bundesland Sachsen-Anhalt

Einwohnerzahl: (12/2009): 28.141

Bevölkerungsentwicklung 1999-2005 (%): -7,2

Die Stadt Naumburg hat bereits einige energetische Optimierungsprojekte realisiert.

Das Jugendzentrum "Otto" wurde durch eine Photovoltaikanlage und die Nutzung von Niederschlagswasser energetisch optimiert.

In einigen öffentlichen Gebäuden der Stadt wurden Wandflächenheizungen installiert und eine Nietzsche-Gedenkstätte wurde mit Erdwärmenutzung geplant. Andere Gebäude wurden mit Solaranlagen ausgestattet. Durch die oben genannten Einzelprojekte hat Naumburg zahlreiche Erfahrungen in Bezug auf die energetische Sanierung von Gebäuden gesammelt. Diese Erfahrungen sollen in ein integriertes Energiekonzept einfließen, um zukünftige Projekte in einem gesamtstädtischen Zusammenhang abzustimmen.

Als nächster Schritt erfolgt deshalb die Fortschreibung des Integrierten Stadtentwicklungskonzeptes (INSEK).

Maßnahmen

In das Gesamtpaket des Konzeptes der energetischen Stadterneuerung sollen folgende Einzelprojekte integriert werden.

- Erfassung des technischen Bestandes, insbesondere der Energienutzung in Naumburg,
- Sanierung einer Schule und Kindertagesstätte, Beheizung auf Basis von Erdwärme und Solarwärme,
- Errichtung von Solaranlagen zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen im Bestand der Wohnungsbaugenossenschaft,
- Errichtung einer Bürgersolaranlage,
- Errichtung der Biogasanlage Flemmingen,
- Umstellung der Straßenbeleuchtung auf Energiesparschaltungen.

Projektstand

Durch die SALEG und zwei ortsansässige Büros wurde das Stadtentwicklungskonzept mit energetischem Schwerpunkt fortgeschrieben und liegt der Stadt zur Beschlussfassung vor. Als nächster Schritt wird die Umsetzung der Einzelmaßnahmen in die Wege geleitet.

2.1.4.13 Tangerhütte – Modellvorhaben: Fortschreibung des Stadtentwicklungs-konzeptes bis 2020 unter Einbeziehung von energetischen Komponenten

Modellstadt Tangerhütte

Bundesland Sachsen-Anhalt

Einwohnerzahl: (12/2009): 5.475

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -15

Die Einbeziehung von energetischen Komponenten bei der Fortschreibung des Stadtentwicklungskonzeptes bis 2020 ist Ziel des Modellvorhabens.

Maßnahmen

Im weiterführenden Stadtentwicklungskonzept sollen u.a. folgende Maßnahmen berücksichtigt werden:

- energetische Sanierung einer Grundschule und weiterer Einzelprojekte .
- Prüfung der Abwärmenutzung der ansässigen Gießerei zur Wärmeversorgung weiterer Gebäude.
- Diskussion zur Übernahme der Fernwärmeversorgung in kommunale Hand .
- Prüfung der städtischen Fernwärmenetze hinsichtlich ihrer Auslastung und nach Ablauf der derzeitigen Verträge hinsichtlich des verwendeten Brennstoffs (derzeit Öl).

Projektstand

Die (energetische) Fortschreibung des Integrierten Stadtentwicklungskonzeptes (INSEK) wurde von den Stadtverordneten beschlossen. Im Folgenden werden ausgewählte Einzelmaßnahmen umgesetzt.

2.1.4.14 Wanzleben – Modellvorhaben: Energetische Stadterneuerung - Familienfreundliche Stadt

Modellstadt Wanzleben

Bundesland Sachsen-Anhalt

Einwohnerzahl: (12/2009): 5.193

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): -5,3

Die Stadt Wanzleben will ihre Energiewirtschaft hinsichtlich Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit, Ressourcenschonung, Sicherheit, Sozialverträglichkeit und gesellschaftliche Akzeptanz gestalten.

Maßnahmen

- Das vorhandene Fernwärmenetz mit seiner Biogasanlage ist im April 2008 um die Komponente Solarthermie mit einer Jahresleistung von ca. 245.000 kWh ergänzt worden. Damit wird der sommerliche Wärmebedarf zu 100% aus regenerativen Energien gedeckt.

- Die Erweiterung des Fernwärmenetzes auf die Bereiche der Altstadt bzw. weitere Stadtgebiete ist erklärtes Ziel. Mit der Erweiterung des Netzes ist der Ausbau bzw. die Ergänzung durch weitere Energieerzeuger geplant.

Projektstand

Die Fortschreibung des Stadtentwicklungskonzeptes mit energetischem Schwerpunkt wurde im Dezember 2008 beauftragt.

2.1.4.15 Weißenfels – Modellvorhaben: Entwicklung und Umsetzung einer energieversorgungstechnischen Gesamtstrategie (Energetisches Konzept Weißenfels)

Modellstadt Weißenfels

Bundesland Sachsen-Anhalt

Einwohnerzahl: (12/2009): 28.301

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): +8,8

Die Stadt Weißenfels verfolgt mit ihrem Energiekonzept das Ziel der Energieautarkie durch die Nutzung der lokal vorhandenen Primärenergieträger Wasserkraft, Geothermie, Biogas und Windkraft.

Maßnahmen

Folgende Maßnahmen befinden sich parallel zur Erarbeitung des kommunalen Energiekonzeptes bereits in der Planung bzw. partiellen Umsetzung:

- Bau einer Passivhaussiedlung in der Innenstadt,
- Sanierung des Quartiers "Alte Sparkasse",
- Grundelemente: Oberflächennahe Geothermie (Einzelanlagen), Wärmedämmung, Kontrollierte Lüftung.

Das Projekt dient als Beispiel für energieoptimierte Altbausanierung.

- In Zusammenarbeit mit den Wohnungsunternehmern und Grundstückseigentümern werden Gespräche geführt, um Vorhaben, wie z.B. die Errichtung von Passiv- und Energiesparhäusern, Nutzung von Geothermieanlagen, sowie die Installation von Photovoltaikanlagen und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen zu forcieren.

In das Energiekonzept sollen darüber hinaus folgende weitere Maßnahmen beinhalten:

- Errichtung eines Energiekompetenzzentrums, das Beratungsstützpunkt für Grundstückseigentümer, Investoren und Unternehmen sowie Gewerbetreibende in Fragen der Energieeffizienzsteigerung an ihren Gebäuden sein soll.
- Untersuchungen zur Optimierung und Umrüstung der Fern- und Nahwärmeversorgung im Stadtgebiet (Nutzung der Potentiale großer Industrieanlagen, aus Abfällen oder Abwärme),

- Prüfung von Brachflächen und Dachflächen auf die Eignung für die örtliche Energiegewinnung

Projektstand

Das Energiekonzept liegt der Stadt zur Beschlussfassung vor.

2.1.4.16 Zeitz – Modellvorhaben: Energetische Stadterneuerung auf Basis eines kommunalen Energiekonzeptes

Modellstadt Zeitz

Bundesland Sachsen-Anhalt

Einwohnerzahl: (12/2009): 32.189

Bevölkerungsentwicklung 2001-2009 (%): +2,9 (auf Grund von Eingemeindungen)

Auf Grundlage des bestehenden Integrierten Stadtentwicklungskonzeptes (INSEK) wird ein städtisches Energiekonzept erarbeitet Im nächsten Schritt werden an Hand einer Prioritätenliste Einzelmaßnahmen zur energetischen Sanierung in Angriff genommen.

Maßnahmen

Unabhängig von der anstehenden Erarbeitung eines Energiekonzeptes werden derzeit folgende Maßnahmen der energetischen Stadterneuerung in Zeitz umgesetzt:

- Weiterbeschäftigung des Energiebeauftragten,
- Nutzung von innerstädtischen Brachflächen zur Gewinnung regenerativer Energien,
- Installation von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen auf Schulen und anderen öffentlichen Gebäuden,
- Integration regenerativer Energien zur Erzeugung von Wärme und Elektrizität.

Weitere Schwerpunkte sind

- die Bebauung einer ausgewiesenen Fläche für Windkraftanlagen,
- Konzentration des Rückbaus auf das Schwerpunktgebiet Zeitz-Ost (Stabilisierung der Betriebskosten der weiter bestehenden Wohnungen).

Projektstand

Das Energiekonzept liegt der Stadt zur Beschlussfassung vor. Im Folgenden werden vorgeschlagene Einzelmaßnahmen umgesetzt.

2.1.4.17 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus dem Forschungsprogramm Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWoSt)

Altbauten, die zum Teil unter Denkmalschutz stehen, können mittels KWK-Nahwärme und thermischer Solaranlage versorgt werden. Die Erweiterung eines vorhandenen Fernwärmenetzes auf die Bereiche der Altstadt stellt eine weitere Möglichkeit der Versorgung dar. Außerdem sollte die Nutzung der Potentiale großer Industrieanlagen, aus Abfällen oder Abwärme sowie die Nutzung von innerstädtischen Brachflächen zur Gewinnung regenerativer Energien geprüft werden.

Die Umstellung vorhandener Blockheizkraftwerke (BHKW) auf Biogas und die Speicherung überschüssiger Wärme im Sommer, mittels Aquiferspeicher sowie die Etablierung einer dezentralen Energieversorgung stellen weitere untersuchte Versorgungskonzepte dar.

2.1.5 Modellvorhaben aus dem Wettbewerb „Energetische Sanierung von Großwohnsiedlungen auf der Grundlage von integrierten Stadtteilentwicklungskonzepten“[4]

2.1.5.1 Allgemein

Um die Sanierung zukunftsfähiger Großwohnsiedlungen zu beschleunigen, lobt das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung den Wettbewerb „Energetische Sanierung von Großwohnsiedlungen auf der Grundlage integrierter Konzepte” aus.

Insgesamt wurden 76 Wettbewerbsarbeiten eingereicht. Fünf Wettbewerbsbeiträge haben eine Auszeichnung in Gold erhalten, die im Weiteren betrachtet werden.

Goldpreisträger

- GESOBAU AG Berlin-Reinickendorf / Märkisches Viertel
- Eisenbahner-Wohnungsbaugenossenschaft Dresden eG Dresden / Gorbitz
- VOLKSWOHNUNG GmbH Karlsruhe / Rintheimer Feld
- wbg Nürnberg GmbH Immobilienunternehmen Nürnberg / Parkwohnanlage West
- Gebäude- und Wohnungsbaugesellschaft Wernigerode mbH (GWW) Wernigerode / Stadtfeld

[4] Vgl. www.bmvbs.de

Silberpreisträger

- GEWOBA Aktiengesellschaft Wohnen und Bauen Bremen / Neue Vahr
- Nassauische Heimstätte Wohnungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Frankfurt (Main)-Niederrad / A.-Miersch-Siedlung
- Freiburger Stadtbau GmbH (FSB) Freiburg (Breisgau) / Weingarten West
- Gemeinnützige Baugesellschaft zu Hildesheim AG Hildesheim / Drispenstedt
- Leipziger Wohnungs- und Baugesellschaft mbH Leipzig / Kreuzstraßen-viertel
- Wittenberger Wohnungsbaugesellschaft mbH & Wohnungsbaugenossenschaft Wittenberg eG Lutherstadt Wittenberg / Wittenberg West
- PRO Potsdam GmbH GEWOBA Wohnungsverwaltungsgesellschaft Potsdam mbH Potsdam / Drewitz
- Wippertal Wohnungsbau- und Grundstücksgesellschaft mbH, Wohnungsbaugenossenschaft „Glückauf" eG & WBG „Fortschritt" Sondershausen eG Sondershausen / Wippertor
- Gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaft mbH Suhl & AWG
- Wohnungsbaugenossenschaft „Rennsteig" eG Suhl / Suhl-Mitten
- Zwickauer Wohnungsbaugenossenschaft eG Zwickau / Eckersbach

Bronzepreisträger

- HOWOGE Wohnungsbaugesellschaft mbH Berlin-Pankow/ Buch
- Hilfswerk-Siedlung GmbH Berlin-Neukölln / Gropiusstadt
- VBW BAUEN UND WOHNEN GMBH Bochum / Hustadt
- VBW BAUEN UND WOHNEN GMBH Bochum / Sonnenleite
- Wohnungsbaugesellschaft Wesermarsch mbH & Braker WohnBau GmbH Brake / Rosenburgring/Kiebitzring (Ring-Quartier)
- Gebäudewirtschaft Cottbus GmbH Cottbus / Ströbitz/Quartier Clara-Zetkin-Straße
- Evonik Wohnen GmbH Duisburg-Vierlinden / Overbruch
- Selbsthilfe-Bauverein eG (SBV) Flensburg / Fruerlund-Süd
- GWB „Elstertal" – Geraer Wohnungsbaugesellschaft mbH Gera Bieblacher Hang / Bieblach Ost

- Städtische Wohnungsbau GmbH Göttingen & Volksheimstätte eG
- Wohnungsbaugenossenschaft Göttingen / Leineberg
- Hallesche Wohnungsgesellschaft mbH Halle / Heide Nord
- Hallesche Wohnungsgesellschaft mbH Halle / Innenstadt
- Hallesche Wohnungsgesellschaft mbH Halle / Silberhöhe
- Gesellschaft für Bauen und Wohnen Hannover GmbH Hannover / Mittelfeld

Nachfolgend werden ausgewählte Modellvorhaben vorgestellt.

2.1.5.2 Modellvorhaben Berlin-Reinickendorf / Märkisches Viertel

Berlin, ca. 3,4 Mio. Einwohner, Bundesland Berlin

Kommunales Wohnungsunternehmen

15.138 WE überwiegend 1963-1975 erbaut

Energiekonzept

In Berlin-Reinickendorf / Märkisches Viertel saniert das kommunale Unternehmen GESOBAU rund 13.000 Wohnungen aus den 60er und 70er Jahren. Durch Erneuerung der Fenster, Dämmung der Bauteile und Einbau energieeffizienter Heizungsanlagen wird das Neubauniveau der EnEV 2007 um mindestens 30% unterschritten. Die Fernwärmeversorgung wird 2011 auf Kraft-Wärme- Kopplung und Biomasse umgestellt. In 10.000 Wohnungen wurden intelligente Stromzähler eingebaut.

2.1.5.3 Modellvorhaben Dresden / Gorbitz

Dresden, ca. 512.200 Einwohner, Bundesland Sachsen

Genossenschaft

1.023 WE komplett 1984-1990 erbaut

Energiekonzept

Das Konzept der Genossenschaft verbindet die Sanierung von rund 1.000 Wohnungen einer Dresdener Plattenbausiedlung der 80er Jahre mit Pilotprojekten zur regenerativen Stromerzeugung und Elektromobilität. Durch sehr gute Dämmung, Optimierung von Wärmebrücken und Luftdichtheit unterschreitet der Energiebedarf das Neubauniveau der EnEV 2007. Die Fernwärmeversorgung mit Kraft-Wärme-Kopplung wird mit einer CO_2-Hochtemperatur-Wärmepumpe koppelt, die die Abwärme der zentralen Abwasserleitung nutzt.

Kleinwindkraft- und Photovoltaikanlagen mit Speichersystemen werden über ein Energiemanagementsystem verbunden. Dadurch wird es möglich, die regenerative Energie vor Ort vollständig zu nutzen und Elektrofahrzeuge damit zu versorgen.

2.1.5.4 Modellvorhaben Karlsruhe / Rintheimer Feld

Karlsruhe, ca. 290.700 Einwohner, Bundesland Baden-Württemberg

Kommunales Wohnungsunternehmen

1.176 WE überwiegend Baualtersklasse 1949-1957

Energiekonzept

Auf der Grundlage einer genauen Bestandsanalyse plant die VOLKSWOHNUNG im Karlsruher Stadtteil Rintheim die energetische Sanierung von rund 1.000 Wohnung der 50er und 70er Jahre. Im Rahmen der Forschungsreihe „EnEff:Stadt – Forschung für die energieeffiziente Stadt" werden 90 baugleiche Wohnungen in unterschiedlichen Varianten saniert, um die optimalen Maßnahmen für zukünftige Sanierungen zu identifizieren.

Das gebietseigene Nahwärmenetz wird durch Fernwärme aus Kraft-Wärme- Kopplung und Nutzung industrieller Abwärme (Raffinerie) versorgt. Ein Energiemanagementsystem zur Optimierung des Nutzungsgrades der Anlagen wurde vorgesehen.

2.1.5.5 Modellprojekt Nürnberg / Parkwohnanlage West

Nürnberg, ca. 503.100 Einwohner, Bundesland Bayern

Kommunales Wohnungsunternehmen

1.356 WE komplett 1961-1964 erbaut

Energiekonzept

In der Anfang der 60er Jahre gebauten, denkmalgeschützten "Reichow-Siedlung" am Rand der Innenstadt Nürnbergs werden 1.030 Wohnungen saniert und modernisiert. Der Ausbau der Dachgeschosse in Passivhausbauweise wurde mit der Denkmalschutzbehörde abgestimmte und schafft ca. 150 neue Wohnungen. Durch Dämmung, Fensterwechsel und dem Einbau von Lüftungsanlagen in den unteren Stockwerken der überwiegend 3- bis 4-geschossigen Gebäude wird eine Unterschreitung des Neubau-Standards der EnEV 2009 um 40% (mindestens aber dessen Einhaltung) angestrebt. Das Gebiet wird über ein Fernwärmenetz versorgt.

2.1.5.6 Modellprojekt Wernigerode / Stadtfeld

Wernigerode, ca. 34.400 Einwohner, Bundesland Sachsen-Anhalt

Kommunales Wohnungsunternehmen

2.150 WE überwiegend Baualtersklasse 1980-1985

Energiekonzept

In dem zwischen 1980 und 1985 errichteten Plattenbaugebiet Stadtfeld, wird die städtische GWW rund 850 noch unsanierte Wohnungen modernisieren, um den KfW-Effizienzhaus-Standard 70 oder 100 (EnEV 2007) zu erreichen.

Dies soll vor allem durch eine Verbesserung der Dämmung der Außenhülle und den Einbau neuer Fenster erreicht werden. Die Gebäude sind mit Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung versorgt. Der wirtschaftliche Einsatz von Photovoltaikanlagen auf 60% der Dachflächen wird geprüft. Durch ein Energiemanagement werden die Verbräuche bereits sanierter Wohnungen überprüft und abgeglichen.

2.1.6 Ausgewählte Modellprojekte aus der Förderung von „Klimaschutzprojekten in sozialen, kulturellen und öffentlichen Einrichtungen“ des BMU[5]

2.1.6.1 Allgemein

Die Förderprogramme der Klimaschutzinitiative dienen dazu, die in Deutschland vorhandenen großen Potenziale zur Emissionsminderung durch die Steigerung der Energieeffizienz und die Nutzung regenerativer Wärme kostengünstig und breitenwirksam zu erschließen. Dazu sollen bestehende Hemmnisse bei der Emissionsminderung erkannt und abgebaut werden.

2.1.6.2 Modellprojekt Leitfaden zum Klimaschutz in Kommunen

Für Klimaschutzprojekte wurde durch das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) ein umfassender Leitfaden „Klimaschutz in Kommunen“ erstellt. Anhand von über 100 Praxisbeispielen werden darin wichtige Empfehlungen für eine erfolgreiche Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen gegeben.

Das Bundesumweltministerium hat das Deutsche Institut für Urbanistik beauftragt, den Leitfaden inhaltlich grundlegend zu überarbeiten und aktuelle Schwerpunkte sowie Handlungsfelder zu ergänzen.

[5] Vgl. www.bmu-klimaschutzinitiative.de

Projektstand

Der überarbeitete Leitfaden sollte im Dezember 2010 sowohl in gedruckter Fassung vorliegen als auch in elektronischer Form im Internet abrufbar sein, ist jedoch noch nicht erhältlich.

2.1.6.3 Modellprojekt Technologiematrix Deutschland

Das Bundesumweltministerium fördert im Rahmen seiner Nationalen Klimaschutzinitiative das Forschungsprojekt mit dem Ziel, eine weitgehend übertragbare und möglichst allgemeingültige Technologiematrix für die deutschen Großstädte zu erstellen. Diese Technologiematrix soll die Voraussetzung dafür schaffen, dass alle deutschen Metropolen bei der Erstellung von langfristigen Klimaschutzstrategien auf einer gemeinsamen technologischen Basis aufbauen und somit in der weiteren Entwicklung miteinander besser kooperieren können.

Inhaltliche Struktur

Als Basis für eine technische Beschreibung klimafreundlicher städtischer Gebäude-, Verkehrs- und Energieinfrastrukturen werden entsprechende hoch effiziente Technologien auf regenerativer Basis für die verschiedenen Bereiche recherchiert und systematisiert.

Projektstand

Inzwischen sind bereits 19 Städte an der Erstellung beteiligt. Unter der federführenden Begleitung der Stadt Düsseldorf hat das Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH 130 Technologien untersucht, die bei ihrem Einsatz zu einer erheblichen Minderung von Treibhausgasen in einer Stadt führen können.

2.1.7 Ausgewählte hervorstechende Modellvorhaben aus Österreich und der Schweiz[6]

2.1.7.1 Modellprojekt: „aspern Die Seestadt Wiens – nachhaltige Stadtentwicklung“

„Aspern Die Seestadt Wiens“ ist die bedeutendste Stadterweiterungsmaßnahme, die in Wien je initiiert wurde und eines der größten Stadtentwicklungsprojekte Europas.

Die wichtigsten Ziele des Projektes sind:

- Umsetzung konkreter Demonstrationsprojekte als Leuchtturmprojekte für die weitere Siedlungsentwicklung

[6] Vgl. www.hausderzukunft.at, www.nachhaltigwirtschaften.at

- Überdurchschnittliche Gebäudestandards und Anwendung der geplanten EU-Gebäuderichtlinie, d.h. Plus Energie Häuser in den Demonstrationsvorhaben
- Weiterentwicklung von Vorprojekten wie ADRES (Energie der Zukunft), Gebäudeintegration/ÖNORM Plus (Haus der Zukunft Plus) in konkrete Anwendungsprojekte
- Erkennen von Potentialen für effiziente Gebäude durch Optimierung von Freiräumen
- Förderung der Zusammenarbeit zwischen Investoren zur Schaffung von Synergien im Energiebereich

Begleitung der Projekte und laufendes Monitoring

Projektstand

Im Juli 2009 haben die Bauarbeiten auf dem ehemaligen Flugfeld Aspern begonnen. Die Bauarbeiten sind für 20 Jahre angesetzt. Auf mehr als 240 Hektar Fläche sind 8.500 Wohnungen, Büros für 20.000 Arbeitsplätze und ein 90.000 Quadratmeter großer zentraler Park mit einem See geplant.

2.1.7.2 Modellprojekt: ECR_Energy City Graz-Reininghaus – Urbane Strategien für die Neukonzeption, den Bau, Betrieb und die Umstrukturierung des energieautarken Stadtteils Graz-Reininghaus

Ziel ist die Ausarbeitung eines Gesamtenergiekonzeptes für den energieautarken Stadtteil Graz-Reininghaus.

Das Gesamtenergiekonzept wird für einen ganzen Stadtteil mit einer Gesamtfläche von über 1 Million m², davon 550.000 m² in zentraler Lage im Eigentum der Asset One, entwickelt.

Die Stadtentwicklung von Graz-Reininghaus ist derzeit das größte Stadtentwicklungsprojekt Österreichs.

Das Leitprojekt gliedert sich in folgende Subprojekte:

Subprojekt 0 – Leitprojekt-Management

Subprojekt 1 – Nachhaltigkeitsprojektbegleitung

Subprojekt 2 – Gesamtenergiekonzept energieautarker Stadtteil Graz-Reininghaus

Subprojekt 3 – Energieturm Graz-Reininghaus

Subprojekt 4 – Energetische Nutzung bestehender Tiefenkeller

Subprojekt 5 – Bau eines großvolumigen Plus-Energie-Wohnbaus

Subprojekt 6 – Bau Plus-Energie-Gewerbebetrieb ÖKO-Service GmbH

Subprojekt 7 – Prozessanalyse, Dokumentation und Verbreitung der Ergebnisse

Projektstand

Entsprechend dem Projektzeitplan wird der Baubeginn für das erste Stadtquartier im Jahr 2011 erfolgen und 2013 können die ersten Neubauten bezogen werden.

2.1.7.3 Modellprojekt: Stadtumbau Lehen

Im Stadtteil Lehen in Salzburg werden in den nächsten Jahren zahlreiche Projekte durchgeführt, die den Stadtteil grundlegend verändern und erneuern sollen. Einige der Demonstrationsprojekte werden in Rahmen des Concerto II Projektes „Green Solar Cities“ von der EU unterstützt.

Übergeordnetes Ziel ist ein möglichst hoher Anteil an erneuerbaren Energien in diesem Stadtteil.

Die Strategie zur Erreichung beruht auf zwei Säulen:

- Hocheffziente Gebäude (Gebäudehülle, Stromeffizienz) und
- Nutzung von thermischer Solarenergie und Photovoltaik im Stadtteil

Es wird versucht in einem möglichst breiten Ansatz die verschiedensten Aspekte der Energieeffizienzsteigerung einzubeziehen.

- Neubau von ca. 300 Wohnungen, eines Kindergartens und eines Studentenwohnheims auf dem ehemaligen Stadtwerkeareal (Status: Baubewilligung erteilt)
- Neubau eines Science- und Technologieparks (Planungsphase)
- Thermische Großsolaranlage mit 2.000m² Kollektor mit verbesserter Puffertechnologie und Mikronetz für die Versorgung des gesamten Neubauareals (Ende der Simulationsphase)
- Fassadenintegrierte Photovoltaik in Wohngebäuden
- Sanierung von einigen Wohnbauten aus den 40er und 50er Jahren im Stadtteil
- Errichtung eines Passivhauses mit 12 Wohnungen
- Neubau auf altem Stadionareal mit Bibliothek, Geschäften, 40 geförderten Mietwohnungen
- Errichtung von Seniorenwohnungen, eines Pflegeheimes und geförderter Mietwohnungen

- Energieeffiziente Sanierung eines Bürohochhauses aus den 60er Jahren
- Entwicklung eines speziellen intelligenten Energie-Monitoring mit Rückkopplung zu den Nutzern

Öffentlichkeitsarbeit und Einbindung der Bewohner und Nutzer in den Prozess

Die verschiedenen Projekte sollen koordiniert werden und es wurde eine Qualitätsvereinbarung ausgearbeitet.

Projektstand

Am Areal des alten Fußballstadions im Zentrum des Stadtteils Lehen wurde ein Projekt errichtet, das die Funktion eines neuen Stadtteilzentrums erfüllt.

Für die Bebauung des 14.000 m² großen Areals wurde ein Wettbewerb ausgeschrieben. Das Siegerprojekt verbindet ein Pflegeheim mit ca. 90 Betten mit betreuten Wohnungen und ein Bauteil mit Mietwohnungen. Niedrigenergiestandard, eine große thermische Solaranlage und eine kontrollierte Wohnraumlüftung sind Bestandteil dieser Anlage. Baubeginn war im März 2010, die Fertigstellung wird im Frühling 2012 sein.

Von März 2009 bis März 2010 wurde ein Gebäude mit 43 Wohnungen energetisch saniert. Das Gebäude wurde an die städtische Fernwärme angeschlossen.

2.1.7.4 Modellprojekt: GdZ – Gründerzeit mit Zukunft

Das Ziel dieses Leitprojekts ist die gesamtheitliche Modernisierung von Gründerzeitgebäuden unter Anwendung innovativer technischer und organisatorischer Lösungen.

Dazu werden die folgenden Aktivitäten durchgeführt:

- Entwicklung von multiplizierbaren Konzepten sowie innovativen technischen und organisatorischen Lösungen für die Sanierung von Gründerzeitgebäuden,
- Umsetzung der Konzepte und Lösungen im Rahmen von mindestens fünf innovativen Demonstrationsprojekten einschließlich Begleitmonitoring,
- Verbreitung der Ergebnisse an Eigentümer und Hausverwaltungen, Planer und Architekten, Baugewerbe sowie internationale Vernetzung.

Mit den Demonstrationsprojekten sollen Wege aufgezeigt werden, wie die technischen, wirtschaftlichen, sozialen und rechtlichen Hindernisse bei der innovativen Sanierung von Gründerzeitgebäuden überwunden werden können.

Methodische Vorgehensweise

- Auswahl der für die Investitions-entscheidungen relevanten Parameter

- Erarbeitung mathematischer Modelle zur Berechnung von aussagekräftigen Kennzahlen.

- In weiterer Folge werden die erarbeiteten Berechnungsmodelle in einem Software-Prototypen umgesetzt.

Erwartete Ergebnisse

In der Abschlussphase des Projekts wird die entwickelte Prototyp-Software anhand von realen Daten getestet. Durch den Vergleich zu abgeschlossenen Sanierungsprojekten können die Berechnungsmodelle überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

Endprodukt des Projekts ist eine voll funktionsfähige Demoversion des Software Tools inklusive Leitfaden zur Benutzung.

Projektstand

Die Laufzeit des Projektes erstreckt sich von Okt. 2009 bis Sept. 2014. Ergebnisse liegen zurzeit noch nicht vor.

2.1.7.5 Modellprojekt: Werkzeug für die Gestaltung nachhaltiger Quartiere[7]

Ziel ist die Entwicklung einer Bewertungs- und Entscheidungshilfe für nachhaltige Quartiere.

In der Testphase werden Pilotprojekte mit vier Quartieren durchgeführt. Ab 2011 soll das Werkzeug interessierten Gemeinden zur Verfügung stehen.

Das Werkzeug umfasst rund 40 Kriterien aus 10 Themenfeldern.

Bis Ende Oktober wurden die Kriterien verfeinert und eine erste Version des Werkzeugs entwickelt. Im November hat die Testphase in vier Pilotquartieren in Basel (Dreispitz), Genf (Carré Vert, ex Artamis), Neuenburg (Ecoparc) und Zürich (Bullinger) begonnen.

Anfang 2011 soll das überarbeitete Werkzeug den Gemeinden kostenlos via Internet zur Verfügung gestellt werden.

Projektstand

Das Werkzeug „Nachhaltige Quartiere“ (Online-Version) ist bereits für Mai 2011 unter

[7] Vgl. www.nachhaltigequartiere.ch

http://nachhaltige-quartiere.ch/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=10 angekündigt.

2.2 Literaturrecherche zur Analyse von Energiekonzepten für Regionen, Städte, Gemeinden, Einzelquartiere und Gebäude

2.2.1 Allgemeines

Aus der großen Anzahl von bereits erstellten Energiekonzepten für Regionen, Städte, Gemeinden, Einzelquartiere und Gebäude wurden nur einige wenige einer genaueren Betrachtung unterzogen. Weitere wurden im Anhang Literatur und Internet-Kontaktadressen zu Erneuerbare-Energien-Kommunen aufgeführt.

2.2.2 Ausgewählte Energiekonzepte für Großstädtische Siedlungsräume

2.2.2.1 Klimaschutzkonzept Karlsruhe 2009[8]

Für große Städte ergibt sich beim Thema Erneuerbare Energien eine grundlegende Problematik.

Die Energieerzeugung durch Erneuerbare Energien oder deren Rohstoffgewinnung benötigt oft große Flächen. Diese lassen sich aber in Großstädten oftmals nicht finden. Ein Ausbau innerhalb der Stadtgrenzen ist deswegen nur begrenzt möglich.

Auch die Nutzung der Wasserkraft oder die Ausweisung eines Windparks auf der eigenen Gemarkung ist häufig nicht gegeben. Städte wie Karlsruhe setzen deshalb vorrangig auf die durch ihre Strukturen vorliegenden ungenutzten Klimaschutzpotenziale im Bereich der Energieeffizienz. Das betrifft beispielsweise eine Verminderung des Raumwärme- und Strombedarfs in Gebäuden, andererseits kann Primärenergie mittels Nah- und Fernwärmenetzen eingespart werden.

2.2.2.2 Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Frankfurt am Main 2008 des ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH[9]

Energieversorgung

Ziel und Inhalt

[8] Vgl. Stadt Karlsruhe, Umwelt- und Arbeitsschutz, www.karlsruhe.de/rathaus/buergerdienste/umwelt/klimaschutz

[9] Vgl. www.ifeu.de

In Frankfurt wird schon seit langem daran gearbeitet, den Anteil von Kraft-Wärme-Kopplung zu erhöhen und Nah- und Fernwärme auszubauen. Dieser Weg soll weiter ausgebaut und zudem verstärkt der Einsatz von Sonnen- und Bioenergie forciert werden.

Einsparpotenzial

Insgesamt beträgt das Einsparpotenzial im Bereich Nachhaltige Energieversorgung:

Bis 2015: bis zu 700.000 t CO_2

Wichtigste Maßnahmen

- Ausbau von Nah- und Fernwärme mit KWK (mit CO_2-armen Energieträgern)
- Ausarbeitung einer langfristigen Biomassestrategie und Info-Kampagne Bioenergie
- Öffentliche Dächer demonstrativ für Solaranlagen zur Verfügung stellen und Unterstützung der Bundes- und Ländervorgaben zum Einsatz erneuerbarer Energien
- Optimierung der Energieberatung
- Klimapartnerprogramm der Mainova:
- weiterhin: KWK-Kampagne, Energiereferat als Koordinator der Maßnahmen, Veranstaltungsreihen zu ausgewählten Themen (u.a. Contracting, Biomasseeinsatz etc.), Qualifizierungsprogramme für Multiplikatoren (Handwerker, Architekten, Ingenieure etc.).

Handlungsschritte / Verknüpfung der Maßnahmen

Zunächst sollte die Datenbasis für den Ausbau von Nah- und Fernwärme sowie der Biomassenutzung aktualisiert und gefestigt werden. Parallel dazu können schon ergänzende Informations- und Beratungsmaßnahmen anlaufen, insbesondere soweit sie sich auf kleinere Solar- und Biomasseanlagen beziehen.

Auch mit der verstärkten Bereitstellung von Dächern für Solaranlagen wird begonnen.

2.2.3 Ausgewählte Energiekonzepte für Mittelstädtische Siedlungsräume in Thüringen

2.2.3.1 Klimaschutzkonzept der Stadt Weimar

Die Stadt Weimar will mit dem „Integrierten Klimaschutzkonzept“ den eigenen Stand der Energiebedarfsdeckung in Weimar analysieren, Potentiale zur Senkung des Energieverbrauches, zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Erhöhung des Anteiles der Erneuerbaren Energien aufdecken, die Handlungsmöglichkeiten in der Kommune untersuchen und letztendlich Maßnahmen zur Senkung der Treibhausgasemissionen im Rahmen einer Prioritätenliste fixieren.

Für dieses Ziel wurde die Stadt nach unterschiedlichen Stadtraumtypen (u.a. Altstadt, Wohnungsbau der 50iger Jahre, historische Zweckbaukomplexe, Gewerbe- und Industriegebiete) in eine Vielzahl von Teilgebieten gegliedert und analysiert. Die von den Stadtwerken Weimar Stadtversorgungs-GmbH nach Baublöcken zur Verfügung gestellten Daten für die netzgebundenen Energieträger Strom, Erdgas und Fernwärme erlauben eine detaillierte und gezielte Bestandsaufnahme der Energieerzeugung in stadtwerkeigenen Erzeugeranlagen. Ablesbar ist der Energieverbrauch für die ca. 120 Stadtteile als wesentliche Grundlage dieses Konzeptes. Weiterhin erfolgt die Zusammenstellung der derzeit vorhandenen Energieerzeugung durch Erneuerbare Energien (Photovoltaik-, Solar-, Erdwärme- und Wasserkraftanlagen) Heizöl und feste Brennstoffe (Holz, Kohle).

Aufbauend auf den Energieverbrauchsdaten wird eine Ist-CO_2-Bilanz für Weimar erarbeitet, die in den Folgejahren fortgeschrieben wird und so u.a. ein Maß für die Umsetzung und die Wirksamkeit der Klimaschutzaktivitäten der Stadt sein kann.

An typischen Gebäuden in der Stadt werden Potenziale zur Energieeinsparung, speziell von Wärmeenergie, untersucht. Entsprechend der Bauwerkstypologie des Institutes Wohnen und Umwelt werden dazu stichprobenhaft ca. 240 gezielt ausgewählte Wohngebäude genauer analysiert. Durch Optimierung von Gebäudehülle, unter Beachtung der Denkmalschutzbelange, und der Anlagentechnik wird die Energieeffizienz für jedes einzelne Objekt ermittelt und daraus können die Einsparpotentiale stadtteilbezogen statistisch hochgerechnet werden.

Die Verbrauchsdaten für die Bereiche Industrie- und Gewerbe werden baublock- und branchenbezogen ermittelt und mit allgemeinen Benchmarkzahlen verglichen. Daraus sollen erste Einsparpotenziale allgemein aufgezeigt werden. Außerdem wurden ausgewählte Unternehmen/Gewerbebetriebe gezielt angeschrieben und zu ihrem Energieeinsatz und –verbrauch befragt.

Zur Potentialanalyse für Solar- und Photovoltaikanlagen werden anhand des Gebäudebestandes und durch Auswertung von Luftbildern vorhandene geeignete Dachflächen der einzelnen Stadtraumtypen bestimmt. Auch hier spielt der Denkmalschutz in den Betrachtungen eine relevante Rolle.

Die geothermischen Wärmeenergiepotentiale von Erdwärmeanlagen werden durch die Bewertung von geologischen und hydrogeologischen Bodenverhältnissen und anhand der zur Verfügung stehenden Freiflächen ermittelt.

Die Abwärmenutzung aus Abwasserleitungen wird ebenfalls analysiert. Der Generalentwässerungsplan der Stadt Weimar liefert die notwendigen Zahlen, um auch hier das Wärmeenergiepotenzial ermitteln zu können.

So soll ein Gesamtpotenzialatlas für Energieeinsparpotentiale, Nahwärmenutzung mit Kraft-Wärme-Kopplung und zur Nutzung erneuerbarer Energien in Weimar entstehen, der die Grundlagen für die Festlegung konkreter Klimaschutzziele der Stadt bildet. Daraus wird ein Maßnahmenkatalog mit stadtteilbezogenen und zielgruppenorientierten Aktionsplänen erarbeitet. Für die Prioritätenfestsetzung einzelner Maßnahmen sind einerseits die erzielbaren

Energie- und $C0_2$-Einsparpotenziale und andererseits die Realisierbarkeit auch unter rechtlichen und wirtschaftlichen Aspekten entscheidend.

Die Stadt Weimar insgesamt und insbesondere die Stadtverwaltung sollen zum Vorbild für ein energiebewusstes Handeln und ein Symbol für eine energieeffiziente Stadt werden. Die Verbraucher und damit die Bürger Weimars können so zum Energiesparen und zum Engagement im Klimaschutz motiviert werden. Mit ihrem Klimaschutzkonzept will die Stadt für ihren Bereich die Verantwortung übernehmen und damit den von der Bundesregierung und vom Land Thüringen eingegangen Verpflichtungen zum Klimaschutz gerecht werden.

2.2.3.2 Energiekonzept der Stadt Jena[10]

Die Stadtwerke Jena-Pößneck GmbH versorgen den überwiegenden Teil der Jenaer Haushalte, Gewerbe- und Industriebetriebe sowie der kommunalen Einrichtungen mit Elektroenergie und Erdgas. Darüber hinaus betreiben die Stadtwerke ein Fernwärmenetz. Die Fernwärme wird in dem von der E.ON Thüringer Energie AG betriebenen GuD-Heizkraftwerk Jena-Süd erzeugt.

Ausgewählte Handlungsfelder

- Ausbau der Fernwärmeversorgung, der Bereitstellung von Wärme aus erneuerbaren Energien und/oder der Bereitstellung von KWK-Wärme aus dezentraler Erzeugung sowie der Kälteerzeugung aus Fernwärme.

- Errichten eine Biogasanlage mit 1.000 kWel zur Wärmeeinspeisung in das Fernwärmenetz.

- Es werden weitere BHKW-Standorte untersucht.

- Errichtung einer weiteren Wasserkraftanlage mit ca. 20 kW (175.000 kWh/Jahr) am Hochbehälter Remderoda.

- Die Stadt unterstützt Projekte zur Nutzung erneuerbarer Energien in Jena, z. B.:

  - Solarflächen auf den Gebäuden der jenawohnen GmbH und anderer Wohungsunternehmen

  - Solarflächen auf Gewerbebauten

  - Mitarbeiterbeteiligung an Solarflächen von Jenaer Unternehmen

  - Solarflächen am neuen Autobahntunnel der BA4

[10] Vgl. www.adfc-jena.de

Die Stadt unterstützt ein Projekt mehrerer Jenaer ÖKOPROFIT-Unternehmen zur Optimierung der Regelung von Heizungsanlagen und Fernwärme-Hausanschluss-stationen.

2.2.4 Ausgewählte Energiekonzepte für ländliche Regionen

2.2.4.1 Das Bioenergiedorf Jühnde[11]

Energiekonzept:

Das Projekt beinhaltet die energetische Versorgung von Jühnde über ein Nahwärmenetz. Die Wärme wird mittels eines Biomasse-Heizwerkes erzeugt. 70 % des gesamten Ortes sind an dieses Nahwärmenetz angeschlossen.

2.2.4.2 Das Bioenergiedorf Barlissen[12]

Das Projekt beinhaltet die Energiegewinnung aus regenerativen Rohstoffen und ist Teil des Bioenergiekonzeptes der Region Südniedersachsen.

Energiekonzept:

Biogasanlage

Die Biogasanlage dient der Erzeugung von Strom und Wärme aus Biomasse mit Hilfe einer Verbrennungsmotoranlage. Zusammen mit der Gülle werden Nachwachsende Rohstoffe vergoren und das entstehende Gas in einem Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt.

Holzfeuerung

- Wärmeleistung 30-100% der Nennwärmeleistung (165-550KW) stufenlos modulierbar
- Wirkungsgrad >90% je nach Brennstoff und Lastverhalten
- Ausgerüstet mit Vorschubrostfeuerung und Multizyklon-Flugaschenabscheider
- Ausgelegt für trockenes und waldfrisches Holz bis 60% Wassergehalt

[11] Vgl. www.bioenergiedorf.de
[12] Vgl. www.bioenergiedorf-barlissen.de

Nahwärmenetz

Das Nahwärmenetz wird aus einer ca. 950 m Ringleitung und ca. 1.100 m Hausanschlussleitung einschließlich Hausanschlussstation bestehen.

Photovoltaikanlage

Zusätzlich wird eine 30 kW Photovoltaikanlage betrieben, die auf dem in Richtung Süden geplanten Betriebsgebäude installiert wird.

Elektroladesäule

Auf dem Gelände ist eine Ladesäule zur Versorgung von Elektroautos installiert, die sowohl Besuchern, als auch Genossenschaftsmitgliedern "sauberen Strom" zur Verfügung stellt.

Ergebnisse

Der Abschluss der gesamten Arbeiten erfolgte im Juni 2010. Ergebnisse liegen noch nicht vor.

2.2.5 Leuchtturmprojekte zur Nutzung erneuerbarer Energien

Erneuerbare Energien und der Einsatz innovativer Technologien mit hoher Energieeffizienz sind für einen wirksamen Klimaschutz unverzichtbar und gewinnen eine immer größere Bedeutung.

2.2.5.1 Solarenergienutzung

Solarthermische Nahwärmeversorgung Hirtenwiesen

Die größte solarthermische Anlage Deutschlands steht derzeit in Crailsheim. Bis Ende 2007 wurden insgesamt 10.000 m^2 Sonnenkollektoren auf öffentlichen Gebäuden sowie einem 900 m langen Lärmschutzwall errichtet. Basis dafür ist eine Kombination aus einem neu konstruierten Kurzzeitwärmespeicher mit einem Wasservolumen von 100.000 Litern mit einem Temperaturniveau von 108 °C und einem Langzeitwärmespeicher. Der Langzeitwärmespeicher wird im Endausbau aus 120 Erdsonden mit einer Tiefe von 60 m bestehen. Die Wärme soll so im Erdreich zwischengespeichert werden und dann bis ins Frühjahr die Wärmeversorgung auf einem Temperaturniveau von 45 °C sicher stellen.

Technische Daten

Kollektorfläche: 10.000 m^2

Kurzzeitwärmespeicher: 100.000 Liter Wasser bei 108 °C

Langzeitwärmespeicher: 20 Mio. Liter Wasser

Speichertechnologie: 120 Erdwärmesonden à 60 m Tiefe

Inbetriebnahme: 2004-2009

Energetische Sanierung eines Schul- und Sportzentrums der sechziger Jahre

Das Schul- und Sportzentrum der Gemeinde Eggenstein-Leopoldshafen ist ein typisches Schulgebäude der 1960er Jahre für insgesamt ca. 400 Schüler.

Es entstand das bundesweit erste solare Nahwärmesystem mit Langzeitwärmespeicherung in einem Sanierungsvorhaben. Insgesamt liefern 1.600 m^2 Kollektoren und ein 4.500 m^3 großer Wärmespeicher einen Großteil der Heizenergie.

Der Speicher wurde als Erdbecken-Wärme-Speicher mit einem Temperaturniveau bis 90 °C ausgeführt. Auf der neu gebauten Sporthalle wurden 600 m^2 Kollektorfläche errichtet. Im Anschluss wurden die Flachdächer eines Schulgebäudes in Pultdächer umgewandelt und liefern mit 1.000 m^2 Kollektorfläche Solarwärme für das Nahwärmesystem. Unter den Solarkollektoren wurde eine Lüftungsanlage eingebaut, die eine Wärmerückgewinnung ermöglicht.

Technische Daten

Bruttogeschossfläche: 10.500 m^2

Nahwärmenetz: 300 m

Solarkollektoren: 1.600 m^2

Langzeitwärmespeicher: 4.500 m^3

Gas-Spitzenkessel: 2 x 600 kW

Wärmepumpe: 80 kW

Pufferspeicher: 30 m^3

Solarer Deckungsanteil: 35-40%

Inbetriebnahme: 2005-2007

2.2.5.2 Photovoltaikanlagen

Die PV-Fassadenanlage der Sporthalle Europastraße in Tübingen

Ein Beispiel für eine PV-Fassadenanlage ist die „Sporthalle Europastraße“ in Tübingen.

Durch die Integration von Solarzellen an der rückwärtigen Gebäudefassade wird die Außenhülle des Bauwerks Bestandteil eines optimierten Energiekonzeptes der Sporthalle. Etwa 1.000 Solarmodule dienen gleichzeitig als Wetterschutz für die Süd-West-Fassade.

Die Spitzenleistung der insgesamt mehr als 20.000 Zellen beträgt bei optimaler Einstrahlung annähernd 40 Kilowatt. Mittels zwölf Strangwechselrichtern wird der erzeugte Gleichstrom in Wechselstrom umgewandelt und direkt in das Versorgungsnetz eingespeist.

Technische Daten

Installierte Leistung: 40 kWP

Stromerzeugung: 33.000 kWh/a

Einsparung CO_2-Emissionen: rund 21 t pro Jahr

Inbetriebnahme: 2004

Photovoltaik-Freiflächenanlage auf der Sonderabfalldeponie Malsch

Freie Flächen für den Betrieb von Photovoltaik-Anlagen sind in Deutschland nur begrenzt verfügbar. Die Nutzung von Deponieflächen zur Errichtung von Photovoltaik-Anlagen bieten sich daher sehr gut als Standort für ein Solarkraftwerk an.

Dies wurden im Projekt zur Errichtung der Freiflächen-PV-Anlage auf der Sonderabfall-deponie Malsch genutzt. Die belegte Deponieoberfläche beläuft sich auf ca. 30.000 $m^{2.}$

Technische Daten

Installierte Leistung: 600 kWP

Stromerzeugung (geplant): 600.000 kWh

entsprechend einem Verbrauch von ca. 180 Haushalten

Einsparung CO_2-Emissionen: 385 t jährlich

Inbetriebnahme: 2006

Solarpark in der Gemeinde Kraftsdorf im Landkreis Greiz

Der Solarpark wird nach Angaben des Betreibers jährlich rund 7 Millionen Kilowattstunden Strom erzeugen. Das entspricht der Leistung von über 100 großen Dachsolaranlagen, wie beispielsweise am Bundesarbeitsgericht in Erfurt oder der Berufsakademie in Gera. Die Leis-tung entspricht dem Strombedarf von rund 2.200 Haushalten. 4.300 Tonnen CO_2 können bei der Stromerzeugung vermieden werden.

2.2.5.3 Wasserkraftnutzung

Die Trinkwasserturbinen am Hochbehälter Burg/Parksiedlung, Esslingen

Die Stadtwerke Esslingen nutzen mit zwei Turbineninstallationen die in ihren Trinkwassernetzen vorhandene potenzielle Energie. Bei den Trinkwasserturbinen handelt es sich um rückwärts laufende Pumpen, welche die Höhendifferenz zwischen verschiedenen Trinkwasserbehältern zur Erzeugung elektrischer Energie nutzen. Rund 75 % der sonst ungenutzten potenziellen Energie können so auf Umwelt schonende Weise in Strom umgewandelt werden. Die installierte Leistung beläuft sich auf insgesamt 157 kW. Es werden zusammen rund 760.000 kWh Strom erzeugt. Aus dieser Stromerzeugung resultiert eine Einsparung an CO_2-Emissionen von knapp 500 Tonnen pro Jahr.

Technische Daten	**Hochbehälter Burg**	**Hochbehälter Parksiedlung**
Fallhöhe:	110 Meter	116 Meter
Installierte Leistung:	2 x 45 kW	1 x 67 kW
Wirkungsgrad der Turbinen:	ca. 75 %	ca. 75 %
Stromerzeugung:	500.000 kWh pro Jahr	260.000 kWh pro Jahr
Einsparung CO_2-Emissionen:	rund 320 t pro Jahr	rund 167 t pro Jahr
Inbetriebnahme:	1996	2006

2.2.5.4 Geothermie

Geothermiekraftwerk Unterhaching

In Unterhaching wurde mit zwei Tiefbohrungen von über 3400 Metern ein Thermalwasserkreislauf geschaffen, der die Gemeinde Unterhaching schon seit Herbst 2007 mit Wärme und seit 2009 auch mit Strom versorgt. In einem Temperaturbereich zwischen 60 und 122 Grad stehen dafür rund 38 Megawatt (MW) thermische Energie zur Verfügung. Mit dem Geothermie-Projekt entstand gleichzeitig ein 35,4 km langes Fernwärmenetz in das die Geothermiewärme eingespeist wird.

Technische Daten:

Bohrungen: Dublette

Thermalwasser: ca. 125 °C

Teufe: ca. 3.300 m

Installierte Stromleistung: 3.36 MWel

Turbine: Kalina

Jährliche Stromlieferung: 21.500 MWh

Installierte Wärmeleistung: derzeit 31 MWth, 70 MWth im Endausbau

Geothermiekraftwerk Bruchsal

In Bruchsal befindet im Untergrund eine Bruchzone, die mit Thermalwasser gefüllt und über zwei Bohrungen erschlossen ist. Das heiße Wasser wird durch eine Pumpe an die Oberfläche befördert und dient dort in einem Kraftwerk zur Strom- und Wärmeerzeugung. Danach wird das abgekühlte Wasser über die zweite Bohrung wieder in den Untergrund geleitet.

Das geothermische Kraftwerk verfügt über eine Anlagenleistung von 550 kW und versorgt 1.200 Haushalte mit Strom. Die Gesamtinvestitionen für das Pilotprojekt belaufen sich auf rund 17 Mio. Euro. Durch die Bohrungen mit einer Teufe von 2.000 und 2.500 m werden rund 90 m3/h ca. 120 °C heißes Wasser gewonnen. Es wird eine Stromerzeugung von ca. 0,55 MW und eine Wärmeerzeugung von 4 MW erreicht.

Technische Daten

Leistung thermisch: 4 MW

Leistung elektrisch: 0,55 MW

Bohrtiefe: 2.000 bzw. 2.500 m

Temperatur: 120 °C

Förderrate: 90 m3/h

Inbetriebnahme: 2009

2.2.5.5 Windenergienutzung

Karlsruhe: Mülldeponie West

Seit 1999 erzeugt das erste Windrad auf der Mülldeponie eine Leistung von 750 kW.

Danach wurden die zweite und dritte Windkraftanlage mit 750 kW bzw. 1.500 kW errichtet.

Drei Blockheizkraftwerke (BHKW) nutzen das im Innern des Bergs entstehende Deponiegas. Auf der Südseite ergänzt eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 430 kWp die Energieerzeugung.

Eine Besonderheit liegt darin, dass sich einzelne Personen an der Finanzierung der Anlage beteiligten. Auch die Solaranlage wurde auf diese Weise finanziert. Außerdem wurden vor Baubeginn Bürgeranhörungen durchgeführt, die dazu beigetragen haben, die Akzeptanz durch die Anwohner zu verbessern.

Technische Daten

a) Leistung WEA: 3.000 kWel Stromerzeugung: 4,5 Mio. kWh/a

Turmhöhen: 65-85 m

Rotordurchmesser: 52-77 m

b) Leistung Photovoltaik: 430 kWp

Stromerzeugung: 0,5 Mio. kWh/a

c) Leistung 3 BHKW à 373 kWel: 1.119 kWel

Stromerzeugung: 8,5 Mio. kWh/a

Einsparung CO_2-Emissionen: 8.650 t pro Jahr

2.2.5.6 Biomasse

Beispielprojekte:

Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau[13]

Projekt

Das Biomasse-Heizkraftwerk Ilmenau wurde im Jahr 2005 in Betrieb genommen. Es dient der Fernwärmeversorgung der Stadt sowie der Versorgung der in der Nähe befindlichen Technische Glaswerke Ilmenau mit Prozessdampf. Das Heizkraftwerk erzeugt bis zu 10 MW thermische und 5,1 MW elektrische Energie, die in das öffentliche Netz eingespeist wird. Die Anlage besteht im Wesentlichen aus drei Betriebseinheiten:

- der Biomasse-Kesselanlage (Holzlager, Feuerung, Dampferzeuger, Rauchgasreinigungsanlage),
- einer Entnahme-Kondensations-Turbine zur Stromerzeugung und Wärmeauskopplung
- sowie einem Dampf-Heißwasser-Wärmetauscher.

Ein Viertel des Verbrauchs an elektrischer Energie und etwa die Hälfte des Fernwärmebedarfs der Stadt Ilmenau wird von der Anlage erzeugt. Da als Brennstoff vorrangig Holz eingesetzt wird, ist das der höchste Anteil an erneuerbarer Energie an der Energieversorgung in einer Thüringer Kommune.

Zellstoff- und Papierfabrik Rosenthal GmbH & Co. KG[14]

Mit dem Umbau der Zellstoff- und Papierfabrik Rosenthal GmbH & Co. KG in Blankenstein wurde eines der größten Investitionsvorhaben des Freistaates Thüringen realisiert. Mit der Umstellung der Produktion vom Sulfidverfahren zum Holzaufschluss auf das Sulfatverfahren wurde eine entscheidende Umweltentlastung erreicht. So werden trotz einer Erhöhung der

[13] Vgl. www.bhi-ilmenau.de
[14] Vgl. Leben mit Bioenergie - Projekte in Thüringen Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (TMLNU), www.thueringen.de/tmlnu

Produktion die SO_2-Emissionen sowie die Abwasserlast halbiert. Die bei der Produktion anfallenden Reststoffe werden einer Verbrennung zur Energiegewinnung zugeführt. Die im Prozess anfallenden Laugen werden eingedickt und im Rückgewinnungskessel verbrannt. Die Wärme aus der Verbrennung wird zur Dampferzeugung, zuerst in einer Dampfturbine zur Stromerzeugung und anschließend als Prozessdampf in der Fabrik, genutzt. Die Turbine erzeugt ca. 42 MW Strom. Im Werk selbst werden durchschnittlich 27 MW verbraucht, 15 MW werden an das Stromnetz abgegeben

2.2.5.7 Energieeffiziente Stadtentwicklung

Beispielprojekte:

Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien

In einer im Rahmen des Experimentellen Wohnungs- und Städtebaus (ExWoSt) durchgeführten Studie erfolgten die mengenmäßige Ermittlung und die Überprüfung der Eignung städtischer Flächenpotenziale für die Erzeugung erneuerbarer Energien.

Es wurden städtebauliche Aspekte wie Standortqualität, Stadtverträglichkeit, Image, Planungsrecht usw. beleuchtet. Alle Untersuchungen und Analysen wurden in einem Katalog zusammengefasst, der die Nutzung erneuerbarer Energien auf städtischen Freiflächen übersichtlich darstellt, die Anforderungen an die Flächen eindeutig definiert, Randbedingungen darstellt und Handlungsoptionen aufzeigt.

Das Projekt wurde von der Fachhochschule Nordhausen, Studiengang Flächen- und Stoffrecycling/ Umwelt- und Recyclingtechnik in Kooperation mit dem Studiengang Regenerative Energietechnik unter der Leitung von Dr. Dieter Genske durchgeführt.

Die Ergebnisse und die daraus resultierenden Handlungsanleitungen des Projektes sind unter:
www.bbsr.bund.de/cln_016/nn_21890/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/BMVBS/Sonderveroeffentlichungen/2009 veröffentlicht.

Städtewettbewerb InnovationCity Ruhr des Initiativkreises Ruhr und des Landes Nordrhein-Westfalen[15]

Ziel des Wettbewerbs:

Eine Stadt oder ein Stadtteil des Ruhrgebiets wird in den nächsten zehn Jahren zur Niedrigenergiestadt der Zukunft und erhält den Titel "InnovationCity Ruhr".

[15] www.bottrop.de

Wettbewerbssieger: InnovationCity – Stadt Bottrop

Ein Initiativkreis der Stadt Bottrop entwickelt ein Projekt mit einem Zeithorizont von 10 Jahren. Dabei soll ein Zielgebiet in der Stadt, das repräsentativ ist, durch den Einsatz innovativer Techniken und Projekte zum Vorbild für andere Städte entwickelt werden. Schwerpunkte sind die Erhöhung der Energieeffizienz und der Einsatz neuer Energieträger, um den Kohlendioxid-Ausstoß zu mindern. In der Bottroper Pilotregion (Innenstadt und Stadtteile im Süden) leben rund 68.000 Menschen in 33.000 Haushalten. Gut ausgestattet mit Versorgungsnetzen und Ökostrom, ist dieses Stadtquartier bereits heute auf einem deutlich besseren CO_2-Standard als andere.

Im Rahmen des städtischen Klimaschutzkonzeptes sind derzeit mehr als 30 Projekte, bei denen entweder regenerative Energieträger oder besonders umweltschonende Technologien eingesetzt werden, über das Stadtgebiet verteilt.

Insbesondere bei städtischen Gebäuden hat die Stadt in den vergangenen Jahren große Einspareffekte erzielt. Es konnten 40 Prozent der Heizkosten, 35 Prozent beim Strom, 72 Prozent beim Trinkwasser eingespart werden.

Um das Ziel Niedrigenergiestadt der Zukunft zu erreichen plant Bottrop in den nächsten 10 Jahren folgende Projekte:

Handlungsfeld	Laufende Projekte	Geplante Projekte
Energieeffizienzsteigerung	• Ökoprofit • Programm Fifty/Fifty • Energieberatung für Mieter/innen und Eigentümer/innen • Energieberatung für Schuldner/innen • Strom statt Sperre • Schallschutzfensterprogramm • LED-Versuchsstrecke im Stadtpark • Städtische Beleuchtung • Energiebericht der Stadt Bottrop • Haus- und Hofflächenprogramm	• Austausch von energiefressenden Haushaltgeräten im Wert von 100 TEUR durch die ELE GmbH • Beratungszentrum Innovation City • Initial- und Detailberatung für Unternehmen • Sanierung öffentlicher Gebäude • Energieausweise öffentliche Gebäude • Forschungsprojekt Innendämmung
Dezentrale Energieerzeugung	• EuWaK - Wasserstoff aus Klärgas • Biomasse-Energiekataster (BEN) und Bioenergiemanager (BEM) • Solaranlage Donnerberg • Bürgersolaranlage	• RAG - Energie aus Schächten • RAG - Wärme aus Grubenwasser • RAG - Energiehalde Schöttelheide • Energie aus Abwasserwärme

		• Energiehafen • LaTherm - Wärme auf Rädern • Vertikalwindräder Zero Emission Park • 100 % Strom aus regenerativen Quellen • Einbau von Asphaltkollektoren
Alternative Mobilitätskonzepte	• Wasserstoffbus • Elektromobilität • Fahrradverleihsystem Metroradruhr • Mitfahrerbörse mitpendler.de • Umbau des ZOB • Qualitätsmanagement 1.Phase • Mobilitätsmanagement 1.Phase	• Elektromobilität im Fahrradverleihsystem Metroradruhr • Qualitätsmanagement im ÖPNV (Stufe 2) • Brennstoffzellenbusse zum Verspätungsabbau • Ladesäulen • Einführung eines flächendeckenden Mietwagensystems • Optimierung der Lkw-Routen • Einrichtung einer Mobilitätsberatung • Buswartehäuschen mit Solaranlagen • Vestische- Dynamische Fahrgastinformationen (DFI) • Vestische - Dieselhybridbusse • Vestische- Großraum-Brennstoffzellen-Hybridbusse • Vestische - Werkstatt für Wasserstofffahrzeuge • Vestische - Zielgruppenspezifisches Marketing
Umgang mit dem Klimawandel und Klimaanpassung	• Regenwasserprojekt 15/15 • Future Cities • Handbuch Stadtklima • Dynaklim	• Neugestaltung Wohnen im Ehrenpark • Neugestaltung Trapez • Anbindung bestehender Trennsysteme an Reinwasservorfluter • Umbau von Misch- in Trennsysteme
Innovative Systemlösun-	• Flächenmanagement als partizipativer Prozess einer	• Strukturwandel unter Dampf

gen	nachhaltigen Stadtentwicklung • Integriertes Klimaschutzkonzept H2-Netzwerk-Ruhr e.V. • Forschungsprojekt Zero Emission Park • European Energy Award in Gold • APUG • Wasserstoffnutzung Welheimer Mark	• Zero Emission Park II • Zero Emission Campus • Zero Emission Tennisclub Blau-Gelb-Eigen • Corporate Responsibility CR • Siegel Eco-Friendly-Stores

Tabelle 1: Gesamtübersicht laufender und geplanter Projekte InnovationCity Bottrop.
Quelle: www.bottrop.de/wirtschaft/Zukunft_Bottrop/innocity/Projektliste.php

Im Scharnhauser Park in Ostfildern entwickelt sich derzeit eines der größten Stadtentwicklungsprojekte in der Region Stuttgart. Auf einer Fläche von ca. 150 Hektar entsteht ein städtebaulich hochwertiger, ökologisch vorbildlicher und familienfreundlicher Wohn- und Arbeitsort. Moderne Schul- und Kinderbetreuungseinrichtungen, das Stadtteilzentrum mit Einkaufsmöglichkeiten und Bürgerservice sowie die direkte Stadtbahnverbindung in die Stuttgarter City. Der Scharnhauser Park ist als vorbildhaftes Stadtentwicklungsprojekt konzipiert, bei dem für alle Neubauvorhaben Niedrigenergiestandards umgesetzt werden. Strom und Heizenergie erhält das Gebiet durch ein Blockheizkraftwerk mit Kraft-Wärme-Kopplung, das hauptsächlich mit Abfallholz betrieben wird. Auch die Nutzung von Sonnenenergie ist vorgesehen. Mit dieser Anlage kann zudem, über die Nutzung der Restwärme, Kühlung für Gewerbebetriebe bereitgestellt werden.

Wegen seines Vorbildcharakters in der Europäischen Union wurde der Scharnhauser Park in das EU-Projekt POLYCITY (www.polycity.net) aufgenommen. Mit POLYCITY werden drei große Stadtentwicklungsprojekte in Deutschland (Ostfildern), Spanien (Barcelona) und Italien (Turin) gefördert.[16]

Energieversorgung

Über 80 % der im Scharnhauser Park jährlich benötigten Heizenergie wird im Holzheizkraftwerk Scharnhauser Park durch den heimischen Energieträger Holz bereitgestellt und über ein Nahwärmenetz an alle Bewohner verteilt. In einem gekoppelten Prozess werden dabei jährlich rund 5 Millionen kWh elektrische Energie produziert.

Die konsequente Umsetzung von Niedrigenergie-Häusern, die Nutzung von Solarenergie, die Kopplung mit einem modernen Holzhackschnitzel-Heizkraftwerk macht den Stadtteil zu einem Vorzeigeobjekt.

[16] Vgl. Ostfildern – Scharnhauser Park, www. six6.region-stuttgart.de

Energieautarkes Dorf Feldheim[17]

Im Ortsteil Feldheim der brandenburgischen Stadt Treuenbrietzen wurde eines der spektakulärsten Gesamtkonzepte für eine dezentrale regenerative Energieversorgung von Unternehmen, Privathaushalten und Kommunen verwirklicht.

Die Häuser der 126 Einwohner sowie Firmen und Agrarbetrieb werden mit Strom und Wärme ausschließlich aus regenerativen Quellen versorgt. Dazu wurde eine Bürgergesellschaft gegründet, an der sich 98 Prozent der Immobilien-Besitzer im Dorf beteiligen.

Der nahe gelegene Windpark bildet das Rückgrat der lokalen Stromversorgung, während die Wärme von der ortsansässigen Biogasanlage geliefert wird. Defizite in der Windstromversorgung werden zukünftig in einer zweiten Ausbauphase durch einen Batteriespeicher der neuesten Generation ausgeglichen. Für den zusätzlichen Wärmebedarf an besonders kalten Tagen steht ein modernes Holzhackschnitzel-Heizwerk zur Verfügung.

Das Besondere am Feldheimer Konzept ist das separate Nahwärme- und Stromversorgungsnetz, über das die vor Ort erzeugte Wärme und Elektrizität direkt an die Verbraucher geleitet wird. Auf diese Weise werden Kosten und Abhängigkeiten von den Netzen der traditionellen Energieversorger vermieden.

2.3 Vorliegendes Wissen zum am Stadtumbau Beteiligten

2.3.1 Analyse der wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und sonstigen Kenntnisse

Als Ergebnis aus Forschung und Modellprojekten sind bereits Leitfäden erarbeitet worden, in die die wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Erkenntnisse eingeflossen sind und die den beteiligten Akteuren als Handlungsanleitung zur Nutzung der erneuerbaren Energie am Stadtumbau dienen können. Eine Auswahl soll hier vorgestellt werden.

2.3.1.1 Energieeffizientes Bauen

Leitfaden Nachhaltiges Bauen[18]

Nachhaltiges Bauen strebt für alle Phasen des Lebenszyklus von Gebäuden (Planung, Erstellung, Nutzung, Erneuerung und Rückbau) eine Minimierung des Verbrauchs von Energie und Ressourcen sowie eine möglichst geringe Belastung des Naturhaushalts an.

Dies ist zu erreichen durch:

[17] Vgl. InnovationsKontor GbR.
[18] Vgl. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

- Senkung des Energiebedarfs und des Verbrauchs an Betriebsmitteln,
- Vermeidung von Transportkosten von Baustoffen und -teilen
- Einsatz wiederverwendbarer oder -verwertbarer Bauprodukte / Baustoffe,
- Verlängerung der Lebensdauer von Produkten und Baukonstruktionen,
- gefahrlose Rückführung der Stoffe in den natürlichen Stoffkreislauf,
- weitgehende Schonung von Naturräumen und Nutzung von Möglichkeiten zu Flächen sparendem Bauen

über die gesamte Prozesskette.

Nachhaltiges Bauen kann nicht nach einem feststehenden Konzept erfolgen, sondern erfordert spezifische Konzepte mit unterschiedlichen Lösungsansätzen, Alternativen und Maßnahmen für jedes einzelne Vorhaben.

Leitfaden „Energieeinsparung und Denkmalschutz“ Version 1.4, September 2010[19]

Der Erhalt denkmalgeschützter Bausubstanz sowie der Schutz des Klimas durch energetische Gebäudesanierung stellen zwei wichtige gesellschaftliche Schutzziele dar. Im Rahmen der Förderprogramme der KfW Privatkundenbank besteht die Möglichkeit, für denkmalgeschützte Gebäude, die energetisch saniert werden sollen, Ausnahmegenehmigungen vom Anforderungsniveau zu gewähren.

Der vorliegende Leitfaden erfüllt folgende Aufgaben:

- Denkmalrechtliche Besonderheiten werden erläutert, um die beteiligten Akteure für die Zusammenhänge zwischen Energieeinsparung und Denkmalschutz zu sensibilisieren.
- Typische denkmalgeschützte Gebäudetypen werden in Kurzbeschreibungen beispielhaft vorgestellt.
- Für bestimmte typische Konstruktionen werden beispielhafte Lösungen dargestellt.
- Der Leitfaden soll im Prüfungsprozess erste Anhaltspunkte bei der Gewährung von Ausnahmen liefern.

Zur Dokumentation des Entscheidungsprozesses wird eine Checkliste zur Verfügung gestellt.

[19] Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), www.dena.de

Leitfaden für energieeffiziente Bildungsgebäude[20]

Der vorliegende Leitfaden behandelt die Besonderheiten der Thematik energieeffiziente Schulen, Kindertagesstätten und Schulsporthallen und richtet sich an interessierte Bauverwaltungen, Planer und Baubeteiligte.

Charakteristisch für Schulen und Kindertagesstätten sind hohe Belegungsdichten in den Aufenthaltsräumen und in der Regel eher kurze Nutzungszeiten. Die Sporthallen mit großen Raumhöhen unterscheiden sich dabei nochmals von den vorher genannten Gebäuden.

Leitfaden Umwelt- und Klimaschutz in Kindertageseinrichtungen[21]

Der vorliegende Leitfaden bietet sowohl den Trägern von Kindertageseinrichtungen als auch den Erziehern und Erzieherinnen einer Kindertagesstätte oder eines Kindergartens interessante Informationen und praktische Hilfe. Neben einem ausführlichen pädagogischen Teil werden auch konkrete Handlungsanleitungen in Form eines Energiesparbeteiligungs-modells vorgestellt. Großer Wert wurde dabei auf den Praxisbezug und die Anwendbarkeit der Empfehlungen gelegt.

TEIL I richtet sich an Erzieherinnen; neben einer pädagogischen Einführung enthält er zahlreiche Projektideen zu den Themen Erde, Wasser, Wind, Luft, Feuer und Wärme.

TEIL II gibt kommunalen Verwaltungen und freien Trägern eine praxisorientierte Anleitung an die Hand, wie sich ein Energiespar-Beteiligungsmodell in Kindertageseinrichtungen erfolgreich umsetzen lässt. Das beginnt bei Vorschlägen zum Ablauf des Projekts geht über Kontroll-Listen für die Begehung der Räume bis hin zu detaillierten Vertragsmustern.

2.3.1.2 Bioenergieanlagen

DGS Leitfaden „Planung und Installation von Bioenergieanlagen“[22]

Leitfaden „Nachhaltige Biomasseherstellung" der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)[23]

Der neue "Leitfaden Nachhaltige Biomasseherstellung" der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) fasst alle wichtigen Regelungen dafür zusammen. Wie die EG-Richtlinie in der Praxis umgesetzt werden soll, regeln die so genannten Nachhaltigkeits-

[20] Vgl. Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, www.energieland.hessen.de

[21] Vgl. Umweltministerium Baden-Württemberg, www.uvm.baden-wuerttemberg.de

[22] Vgl. Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V., www.dgs.de

[23] Vgl. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, www.ble.de

Verordnungen für den Kraftstoff- und Strombereich. Der neue Leitfaden der BLE gibt Antworten auf alle Fragen der nachhaltigen Biomasseherstellung

Leitfaden 'Nutzung von Biomasse in Kommunen'[24]

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) hat die Berliner Energieagentur gemeinsam mit dem Institut für Energetik und Umwelt gGmbH einen Leitfaden erarbeitet, der es speziell Kommunen erleichtern soll, Bioenergieprojekte zu entwickeln und umzusetzen.

Leitfaden Biogas[25]

- **Biogasentstehung**
- **Technologien**
- **Substrate**
- **Verwertung**
- **Planung, Wirtschaftlichkeit**

Dieser Leitfaden wurde im Rahmen des EU-Projektes ENCROP erstellt. Das Projekt ENCROP unterstützt den Anbau und die Verwertung von Energiepflanzen auf europäischer Ebene. Die Projektpartner kommen aus Finnland (Koordinator), Spanien, Italien, Deutschland, Österreich, Schweden und Belgien.

2.3.1.3 Windenergieanlagen

Leitfaden Repowering von Windenergieanlagen – Kommunale Handlungsmöglichkeiten[26]

Der vorliegende Leitfaden ist das Ergebnis eines vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit in Kooperation mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und dem Deutschen Städte- und Gemeindebund initiierten Projektes zum Thema Repowering.

Der Leitfaden soll den Planungsträgern in den Ländern und Kommunen Hinweise zur planungsrechtlichen Absicherung und Entwicklung eigener Repowering-Strategien aufzeigen.

---

[24] Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, www.duh.de

[25] Vgl. FnBB e.V., Fördergesellschaft für nachhaltige Biogas- und Bioenergienutzung (FnBB), German Society for sustainable Biogas and Bioenergy Utilisation (GERBIO), www.fnbb.org

[26] Vgl. Herausgeber: Deutscher Städte- und Gemeindebund

2.3.1.4 KWK- und KWKK-Anlagen

Strom, Wärme und Klimaschutz: Ein Leitfaden für kleine Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (Mini-KWK)[27]

Dieser Leitfaden begleitet alle, die ihre Energieversorgung selbst in die Hand nehmen möchten, auf ihrem Weg zur eigenen KWK-Anlage. Dabei werden die Möglichkeiten zur Errichtung und zum Betrieb einer solchen Anlage erläutert, im Überblick, Schritt für Schritt und mit Hilfe von Checklisten. Auch die Schwierigkeiten, die auftauchen können, werden dargestellt. Gleichzeitig werden Hilfen zu deren Überwindung angeboten. Dazu finden Sie hier bereits gut funktionierende

Beispiele, Literaturhinweise und Links auf weiterführende Webseiten sowie Erläuterung der gesetzlichen und steuerlichen Grundlagen.

2.3.1.5 Klimaschutz, allgemein

Klimaschutz in Thüringer Gemeinden[28]

Grundfragen · Heft 1

Energie · Heft 3

Verkehr und Bauen · Heft 4

DIN EN 16001: Energiemanagementsysteme in der Praxis

Ein Leitfaden für Unternehmen und Organisationen[29]

Die Norm setzt einen Rahmen, innerhalb dessen das individuelle Engagement erforderlich ist.

Der Leitfaden erklärt – als Spiegel der Norm – mit einfachen Worten, wie Unternehmen und sonstige Organisationen ein strukturiertes Managementsystem aufbauen können. Vor diesem Hintergrund kann der Leitfaden grundsätzlich von Organisationen jedweder Art angewandt werden.

Leitfaden "Energieeffiziente Bürogeräte professionell beschaffen"[30]

---

[27] Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit , 11055 Berlin, E-Mail: service@bmu.bund.de, Internet: www.bmu.de

[28] Kontakt: Klimaschutzstiftung Jena-Thüringen, post@klimastiftung-thueringen.de, Tel. (03641) 688210, www.klimastiftung-thueringen.de

[29] Kontakt: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Referat Öffentlichkeitsarbeit • 11055 Berlin, Internet: www.bmu.de

Der Leitfaden soll es dem Anwender leicht machen, energieeffiziente Bürogeräte zu beschaffen, auch im Einklang mit dem Vergaberecht, das öffentliche Einrichtungen beim Einkauf von Gütern und Leistungen zu beachten haben. Hinweise zur Strom sparenden Nutzung der Geräte vervollständigen die Sammlung.

Handlungskatalog: „Optionen erneuerbarer Energien im Stadtraum“[31] des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Berlin und Bundesinstitut für Bau-, Stadt-und Raumforschung (BBSR)im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn

Der vorliegende Handlungskatalog[32] bietet für Städte und Gemeinden einen Einstieg, zur Nutzung erneuerbarer Energie. Dazu werden verschiedene Hilfen angeboten, z.B.:

- ein Wegweiser für die Vorgehensweise zur Analyse und Bewertung der erneuerbaren Energien in Städten oder Gemeinden,
- eine Zusammenstellung der einzelnen Energieoptionen und deren grundlegenden technischen Daten und Rahmenbedingungen sowie
- Beispiele, die die gelungene Umsetzung verschiedener erneuerbarer Energieoptionen im städtischen Raum zeigen.

2.3.2 Zusammenstellung der Analyse in einer „Akteursdatenbank“

In allen Teilen der Gesellschaft werden die Themen Energie und Klimaschutz in der letzten Zeit verstärkt wahrgenommen. Parallel dazu steigt die Bereitschaft, sich in diesem Themenfeld zu engagieren. Damit Einzelmaßnahmen nicht ohne den Blick für das Gesamtziel umgesetzt, sollten durch einen Klimaschutzpakt alle Aktivitäten einer Stadt im Bereich Klimaschutz unter einem gemeinsamen Dach gesammelt werden.

Inhalt und Ziel eines solchen Klimaschutzpaktes ist es, weite Teile der Gesellschaft in den Klimaschutz einzubeziehen. Es müssen Partner gewonnen werden, die durch konkrete Maßnahmen ihrer gesellschaftlichen Verantwortung gerecht werden wollen.

Neben der Stadt sollten die Stadtwerke sowie Bildungsorganisationen, Vereine, Verbände, Kirchen, Forschungsinstitute, Hochschulen, Banken, Gewerbetreibende, Unternehmen, Umweltorganisationen, ebenso sowie interessierte Privatleute eingebunden sein.

Die relevanten Akteure im Bereich Klimaschutz in Thüringen gilt es aus diesem Grund in einer Akteursdatenbank (Anhang 5) zu vereinen. Als Grundlage für eine derartige Datenbank kann die Unternehmens- und Technologiedatenbank der Landesentwicklungsgesellschaft

[30] Vgl. www.dena.de
[31] Vgl. http://d-nb.info/1001238990/34
[32] Vgl. www.baufachinformation.de/literatur.jsp?bu=2010029005270

Thüringen mbH (LEG Thüringen) genutzt werden. Der Aufbau dieser Datenbank könnte um die Branche Klimaschutz und die Cluster/Technologiefelder:

- alle
- Hochschulen, Forschungseinrichtungen (bundesweit)
- Behörden
- Vereine, Verbände, Stiftungen
- Hochschulen
- Forschungseinrichtungen
- Energieversorgungsunternehmen
- Architekur- und Ingenierbüros und
- Unternehmen

erweitert werden.

Die Realisierung dieser Erweiterung übersteigt jedoch den Umfang dieses Vorhabens und sollte in einem gesonderten Projekt verwirklicht werden.

Eine vorläufige Zusammenstellung der Klimaschutzakteure wurde tabellarisch vorgenommen und als Anlage beigefügt.

2.4 Systematisierung der Komponenten nach Stadtplanerischen und gebäudetechnischen Gesichtspunkten

2.4.1 Bautechnische Komponenten

Nachfolgend sind einige innovative Dämmsysteme aufgeführt.

Innendämmsysteme

KEIM iPor-System

Abbildung 1: KEIM iPor-System.

Basis des Innendämm-Systems der Keimfarben[33] GmbH ist eine hydrophile Mineralschaumplatte. Der faserfreie Dämmstoff ist dampfdurchlässig, nach DIN 4102 A1 nicht brennbar und besitzt eine Wärmeleitfähigkeit von 0,040 W/mK.

TecTem von Knauf Perlite

Abbildung 2: Tec Tem.

Das Innendämm-Systems von Knauf Perlite[34] ist TecTem Insulation Board Indoor. Die Dämmplatte besteht aus dem mineralischen und natürlichen Rohstoff Perlit.

Kennwerte sind:
- Wärmeleitfähigkeit von λ = 0.045 W/mK,
- Wasserdampfdiffusionswider-stand μ von 5 – 6,
- Wasseraufnahmekoeffizient AW 1,98 kg/m² s0,5;
- Baustoffklasse A1 nach DIN EN 13501-1.

iQ-Therm von Remmers

Abbildung 3: iQ-Therm.

Das diffusionsoffene und kapillaraktive Innendämm-System von Remmers[35] zeichnet sich besonders durch die niedrige Wärmeleitfähigkeit der iQ-Therm-Platte von 0,031 W/mK aus. Die Platten werden mit einem auf das System abgestimmten mineralischen Klebemörtel auf die Innenwandoberflächen aufgebracht und abschließend mit einem mineralischen Leichtmörtel überputzt.

[33] Vgl. www.keimfarben.de
[34] Vgl. www.knauf-perlite.de
[35] Vgl. www.remmers.de

Ytong Multipor von Xella

Abbildung 4: Ytong Multipor.

Mit der Mineraldämmplatte bietet Xella[36] ebenfalls ein diffusionsoffenes, kapillaraktives System an, das eine Innendämmung ohne Dampfsperre ermöglicht. Die Platten werden aus den mineralischen Rohstoffen Kalk, Sand, Zement und Wasser hergestellt. Die hohe Porosität gewährleistet eine Wärmeleitfähigkeit von λ = 0,045 W/(mK). Tauwasser, das sich während der Nutzung innerhalb der Platte bildet, wird aufgenommen und der Raumluft wieder zugeführt. Der Wärmedämmwert bleibt dabei erhalten.

Vakuum-Dämmstoffe - Allgemein[37]

Dass der Wärmedämmwert einiger Materialien in einem evakuierten Raum ungewöhnlich stark gesteigert werden kann, ist schon seit längerem bekannt. Die physikalischen Prozesse, die der Wärmeübertragung zugrunde liegen, sind dabei Wärmeleitung, Wärmestrahlung und Konvektion. Mit der Vakuumtechnik lassen sich diese drei Mechanismen wirksam eindämmen. Gegenüber herkömmlichen Dämmstoffen wie Mineral- und Glasfasern oder Polystyrol- und Polyurethan - Schäumen weisen die evakuierten Dämmmaterialien einen um den Faktor 10 günstigeren Wärmeleitfähigkeitsfaktor auf. Damit ist eine Verringerung der Dämmschichtstärke bei gleicher Dämmwirkung möglich. Diese Vakuum-Dämmstoffe sind allerdings gegenüber den konventionellen Dämmstoffen noch recht teuer, obwohl ihre Anwendung gerade in den Bereichen, in denen der dadurch gewonnene Raum sehr wertvoll ist (z.B. Innenstadtbereich großer Städte) die höheren Kosten rechtfertigen kann.

Bei den derzeitig auf dem Markt befindlichen Vakuum-Dämmsystemen unterscheidet man zum einen das Vacuum-Isolation-Panel (VIP-Vakuum-Isolationspaneel) und zum anderen das Vacuum-Insulating-Sandwich (VIS-Vakuum-Isolationssandwich). Der Unterschied besteht dabei in der so genannten „Hülle", die das Kernmaterial schützt.

VIP - Vacuum-Isolation-Panel (Vakuum - Isolationspaneel)[38]

Ein Vakuum-Isolationspaneel besteht aus einem plattenförmigen, druckstabilen Kernmaterial (Pulverpressling, Glasfasermatte oder offenporiger organischer Schaum), das mit einer

[36] Vgl. www.ytong-silka.de
[37] Vgl. www.energiekonsens.de (Innovative Dämmstoffe im Bauwesen)
[38] Ebenda.

Hochbarrierefolie gasdicht verpackt und evakuiert wird. Der Dämmkern wird in einer Vakuumkammer mit einem Unterdruck von 0,5 bis 2 mbar in eine ausreichend dichte Hülle eingeschweißt. Dabei hängt der Funktionserhalt der Vakuum-Isolationspaneele entscheidend von der Gasbarriere der verwendeten Hüllfolie ab. Die zur Umhüllung von Vakuum-Isolationspaneelen eingesetzten Folien bestehen aus mehreren Lagen verschiedener Kunststoffe, die zur Verbesserung der Dichtigkeit mit dünnen Metallschichten bedampft sind. Es handelt sich dabei um Aluminiumverbundfolien oder metallisierte Hochbarrierefolien. Je nach Aufbau der Folie sind Eigenschaften und Funktionalität unterschiedlich.

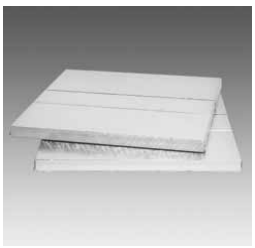


Abbildung 5: Vakuum-Dämmstoff.
Quelle: Saint-Gobain Weber GmbH, Bürgermeister-Grünzweig-Str. 1, 67059 Ludwigshafen.

Als Füllmaterialien oder Dämmkern für Vakuum-Isolationspaneele eignen sich drei Arten von Materialien:

- Feinkörnige Pulver auf der Basis von Kieselsäure
- Offenporige Schaumplatten auf der Basis von Polystyrol oder Polyurethan
- Thermisch behandelte und verpresste Glasfasern.

Allen gemeinsam sind die dem Kernmaterial beigefügten Zusätze von Trübungsmitteln, welche die Infrarotstrahlung zerstreuen oder absorbieren. Solche Infrarot-Absorber oder Reflektoren reduzieren die Wärmestrahlung und ermöglichen somit die niedrigen Dämmwerte. Die Unterschiede der einzelnen Füllmaterialien sind nachfolgend beschrieben.

Ein Kernmaterial besteht aus einem mineralischen, mikroporösen Pulver aus pyrogen erzeugten Silikaten (Sand in feinster Form). Die Poren des Kernmaterials sind so klein (Porenweite < 0,5 um), dass sich die in den Hohlräumen eingeschlossene Luft kaum bewegen und deshalb nur wenig Wärme transportieren kann. Durch das Vakuum wird dieser Effekt noch erhöht, denn mit sinkendem Druck befinden sich immer weniger Luftmoleküle in den Poren, so dass sie immer seltener untereinander kollidieren können und ein Wärmetransport im Kernmaterial durch Konvektion stattfindet. Diese nanoporösen Pulverkerne sind relativ unempfindlich gegenüber Druckanstieg, so dass erst bei einem Druckanstieg von 100 mbar eine Verdopplung der Wärmeleitfähigkeit zu verzeichnen ist.

Im Gegensatz zu den mikroporösen Kernmaterialien sind die offenporigen Schäume in ihrem Porendurchmesser wesentlich größer. Sie liegen im Bereich von 20-100 µm. Daher sind sie auch wesentlich empfindlicher gegenüber einem Druckanstieg im Kern, d.h. entweder muss die Hülle sehr dicht sein oder aus Edelstahlblech bestehen.

Dämmkerne aus Fasermaterialien müssen in einem Edelstahlgehäuse vakuumdicht verschweißt werden, da aufgrund ihrer relativ groben Porenstruktur sehr geringe Gasdrücke auf Dauer gehalten werden müssen.

Die Wärmeleitfähigkeit eines Dämmstoffes ist im entscheidenden Maße von der Wärmeleitung des eingeschlossenen Gases abhängig. Deshalb werden die Lebensdauer und der Funktionserhalt eines Vakuum-Isolationspaneels entscheidend von der Gasbarriere der verwendeten Hüllfolie und der Dichtigkeit der Siegelnähte bestimmt. Mit zunehmendem Innendruck steigt die Wärmeleitung und die Vorteile gegenüber konventionellen Dämmstoffen gehen verloren.

Im Laufe der Zeit wird jede Folie für Gasmoleküle oder eine gewisse Feuchtigkeitsmenge durchlässig. Die Durchlässigkeit einer Folie hängt entscheidend davon ab, aus welchem Material sie besteht und wie schnell sie ihre Qualität verliert. Deshalb werden an die Barrierefolien hohe Anforderungen gestellt:

- hohe Sauerstoffsperre
- hohe Wasserdampfsperre
- hohe mechanische Festigkeit.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, kommen Kunststoffe, metallbeschichtete Kunststoffe (z.B. mit Metallen wie Aluminium bedampfte Kunststoffe), durch Laminieren hergestellte Verbundstoffe aus Metallfolien und Kunststoffen oder verschweißte Metallfolien als Barrierematerial in Betracht. In den meisten Fällen handelt es sich um Folien, die auf dem Mehrschichtsystem als Verbund aus Kunststofffolien und einem sehr dünnen Metallfilm (meist Aluminium) basieren. Dabei behindert die Aluminiumschicht in der Folie das Eindringen von Gasen. Die Stärke der Aluminiumschicht beträgt zwischen 50 nm (metallisierte Kunststofffolie) und 10 um (Metallfolie). Aluminium ist wegen seiner Dehnbarkeit, Verfügbarkeit und relativ niedrigen Kosten das bevorzugt eingesetzte Metall. Ein Nachteil des Aluminiums besteht jedoch in seiner sehr hohen Wärmeleitfähigkeit von 200 W/mK, so dass ein je nach Dicke der Schicht erheblicher Wärmetransport gerade im Randbereich stattfindet. Der Wärmetransport über den Kunststoffanteil der Folie ist demgegenüber zu vernachlässigen. Solche "Randeffekte" (auch "edge effects") genannt, können zu einer erheblichen Einschränkung der Dämmwirkung eines Vakuum-Isolationspaneels führen. Um diese Randeffekte zu vermeiden, werden metallisierte Verbundfolien eingesetzt, die eine sehr hohe Barrierewirkung bei gleichzeitig sehr geringer Wärmeleitzahl aufweisen. Der Aufbau einer solchen Hüllfolie ist in Abbildung 6 schematisch dargestellt.

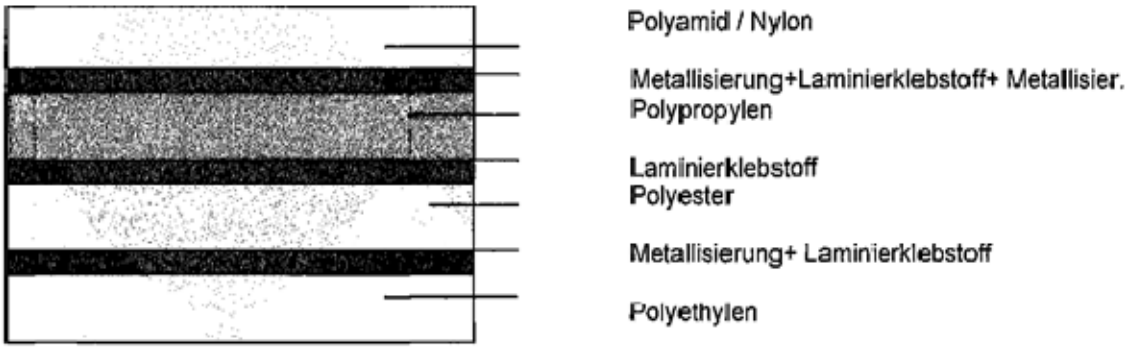


Abbildung 6: Aufbau eines VIP-Barrierefilms.
Quelle: Fa. Porextherm.

Die Barrierefolien werden zur Herstellung einer Hülle für das Kernmaterial an den Rändern verschweißt. Auf ihre Innenseite wird eine dünne Schicht Tieftemperaturkunststoff aufgebracht, damit sie unter Einwirkung von Wärme und Druck versiegelt werden können. Durch die Barrierefolie und das Versiegelungsmaterial, das die einzelnen Filmschichten miteinander verbindet, können Gasmoleküle eindringen. Je größer das Vakuum-Isolationspaneel ist, umso größer ist das Verhältnis "Folienoberfläche/verschweißte Fläche".

Die Dicke eines Vakuum-Isolationspaneels hat einen erheblichen Einfluss auf den Wirkungsgrad bzw. die Lebensdauer. Bei halber Dicke eines Paneels halbiert sich auch seine Lebensdauer, weil die Folienoberfläche und die verschweißte Fläche fast gleich bleiben, während sich das Isoliervolumen um die Hälfte verringert. Durch das geringere Volumen verdoppelt sich der Gasdruck, obwohl sich an der Durchlässigkeit der Versiegelung und der Folie fast nichts ändert [VIP].

Die den Barrierefolien zugesetzten Chemikalien, wie Getter und Trocknungsmittel sollen durch Absorption von Gasmolekülen und Feuchtigkeit eine längere Lebensdauer der Vakuum-Isolationspaneele bewirken. Allerdings muss deren Menge und Zusammensetzung sehr sorgfältig auf das verwendete Füllmaterial und die Umhüllungsfolie abgestimmt sein. Bei Vakuum-Isolationspaneelen auf Schaumbasis besitzt das Kernmaterial keinerlei Absorptionsvermögen, so dass die entsprechende Menge in die Umhüllungsfolie eingebracht werden muss.

Die Durchlässigkeit einer Folie und deren Siegelnähte gegenüber Gasen und Wasserdampf sind stark temperaturabhängig, so dass die Lebensdauer von Vakuum-Isolationspaneelen durch die jeweiligen Betriebsbedingungen bestimmt wird. Höhere Temperaturen fördern das Eindringen von Gasen und Wasserdampf, niedrigere dagegen verlangsamen die Permeation.

Für das Eindringen von Wasserdampf in das Paneel gilt: Je höher die Luftfeuchtigkeit der Umgebung der Platte, umso mehr Feuchtigkeit gelangt in das Vakuum-Isolationspaneel. Diese eingedrungene Feuchtigkeit wird durch das mikroporöse Kernmaterial absorbiert, d.h. es wird gebunden, bis sich ein Gleichgewichtszustand eingestellt hat.

Für eine möglichst lange Lebensdauer der Vakuum-Isolationspaneele spielen außerdem die Anwendungsbedingungen eine wichtige Rolle. Nicht jedes Paneel eignet sich für das vorgesehene betriebliche Umfeld. Besteht das Kernmaterial eines Vakuum-Isolationspaneels aus offenporigen Schäumen, also Kunststoffen, so können diese nur in einem begrenzten Temperaturbereich Verwendung finden. Die obere Temperaturgrenze für Polystyrolschäume beträgt zum Beispiel 88°C. Dagegen ist mikroporöse Kieselsäure als Kernmaterial für wesentlich höhere Temperaturen geeignet (bis ca.1000°C), jedoch schränkt die Temperaturbeständigkeit der Hüllfolien ihre Anwendbarkeit in höheren Temperaturbereichen ein. Je nach Art der Hüllfolie wird die Grenze der Temperaturbeständigkeit für den Dauereinsatz seitens der Hersteller mit ca.80-88°C angegeben. Kurzzeitig sind Temperaturen bis 120 °C möglich. Mit geeigneten Sperrfolien (z.B. Edelstahlfolien) sind auch Temperaturen bis 950°C möglich [POREXTHERM]. Anwendungen als:

- Pfosten-Riegel-Konstruktion
- Innenwanddämmung
- Außenwanddämmung
- Balkon-, Terrassen- und Wintergartendämmung
- Wärmedämmverbundsysteme

VIS - Vacuum-Insulating-Sandwich (Vakuum - Isolations-Sandwich)[39]

Als Vacuum - Insulating - Sandwich (VIS) bezeichnet man Dämmelemente, die mit einer Hülle aus Edelstahl versehen sind. Die hauptsächlich für den Kühlanlagenbau hergestellten Elemente finden erste Anwendungen im Hochbau als Pfosten-Riegel-Konstruktionen, in Loggien oder Haustüren.

Der prinzipielle Aufbau eines VIS in der folgenden Abbildung zeigt, dass der Stützkern aus exdrudiertem Polystyrol (XPS) oder feinkörniger Kieselsäure durch eine passgenaue, gasdicht verschweißte Edelstahlhülle mit umlaufender Membran geschützt ist. Über einen Evakuierungsflansch, der sich an einer der beiden Deckschalen befindet, erfolgt mittels einer Vakuumpumpe die Evakuierung des Vakuum-Isolations-Sandwich.

[39] Vgl. www.energiekonsens.de

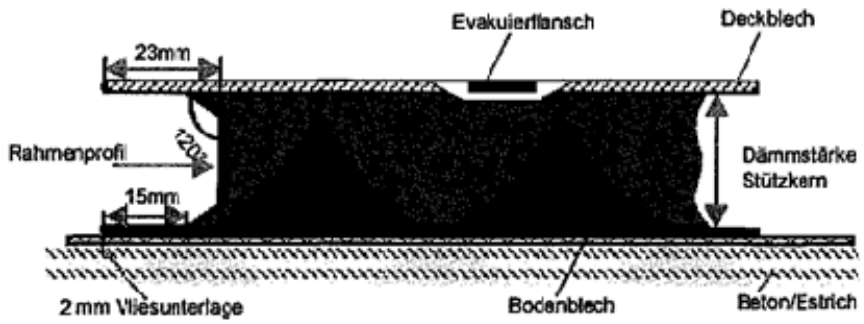


Abbildung 7: Bodenaufbau eines Vakuum-Isolations-Sandwich.
Quelle: Fa. Lambdasafe.

Ein wesentlicher Vorteil des VIS gegenüber dem VIP besteht darin, dass sie durch ihre Edelstahlumhüllung gegenüber mechanischen Beanspruchungen äußerst robust sind. Aufgrund ihres guten Verbundverhaltens können VIS-Elemente extremen Belastungen standhalten. Diese Eigenschaft lässt sich im Bauwesen hinsichtlich der Baustatik nutzen, so dass Dach- und Fassadenkonstruktionen ohne zusätzlich schützende Deckschichten eingebaut werden können.

Ein weiterer Vorteil des Vacuum Insulating Sandwichs besteht darin, dass zu jedem beliebigen Zeitpunkt durch eine erneute Evakuierung der Systemdruck wiederhergestellt werden kann.

Solarfassade[40]

Ein weiterer Bereich, auf den sich die allgemeinen Forschungsaktivitäten konzentrieren, liegt in der Nutzung des Sonnenlichtes zur Fassadendämmung. Kernstück dieser Solarfassade ist eine Solarwabe aus Zellulose, die als Solarabsorber dient. Diese Solarwabe ist in eine umlaufende Rahmenkonstruktion integriert, wobei die Außenschicht durch eine Verglasung aus ESG7 gebildet wird. Zwischen der Solarwabe und der Verglasung befindet sich ein leicht belüfteter Luftspalt. Das horizontale Verglasungsprofil ist so ausgeführt, dass Außenluft von unten in das Paneel eindringen und oben wieder austreten kann. Eventuell anfallendes Kondensat wird durch ein Ausleitblech oder eine Gummifahne abgeleitet. Ein Lochblech dient zum Schutz vor dem Eindringen von Insekten. Die Paneelrückwand ist mit Holzrippen ausgesteift, zwischen denen die Ausgleichsdämmung eingebracht wird. Diese Ausgleichsdämmschicht zwischen Mauerwerk und Paneel aus Mineralwolle sorgt für einen Mindest-Wärmeschutz und gleicht Wandunebenheiten aus.

Das Kernstück einer solaren Wärmedämmung stellen die Waben aus Zellulose dar, die aus Karton oder Altpapier hergestellt werden. Die Wabenoberfläche ist mit einer Brandschutzbeschichtung versehen, die im Brandfall aufschäumt. Der verglaste Wabenluftkollektor wird in

[40] Vgl. www.energiekonsens.de

Form eines Paneels an der Außenwand montiert und nimmt im Winter die auf die Wände treffende Sonnenenergie auf. Die Strahlung der tiefstehenden Wintersonne dringt bis in den Kern der Solarwabe ein und erwärmt diese je nach Strahlung und Himmelsrichtung auf bis zu 80°C, so dass sich an der Außenseite der Wand eine warme Klimazone bildet. Dieser Effekt der Umwandlung von Solarstrahlung in Wärme (Absorption) beim Auftreffen des Transmissionsanteils der Strahlung durch eine Glasscheibe auf die Waben bildet die Grundlage für die passive Solarnutzung. Somit werden die Eigenschaften der herkömmlichen Wärmedämmung mit der Speicherung von Sonnenenergie in einer Wand kombiniert. Der Temperaturunterschied zwischen innen und außen wird praktisch aufgehoben und die Wände somit zur warmen Hülle des Gebäudes. Zwischen Wabe und Außenwand werden im Winter durchschnittlich etwa 18°C erreicht.

Im Sommer dagegen dringt durch den hohen Sonnenstand nur ein geringer Teil der Strahlung in den Wandaufbau ein, der größte Teil wird über die Verglasung reflektiert. Eine mechanische Verschattung ist nicht erforderlich, da sich bei hohem Sonnenstand die Solarwabe selbst verschattet [gap-solar].

Der Aufbau einer Solarfassade ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

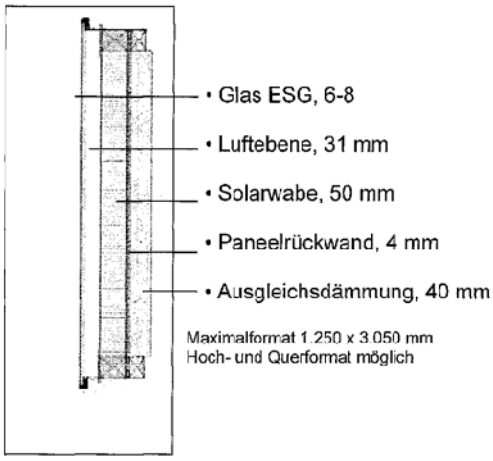


Abbildung 8: Aufbau eines Fassadenpaneels.
Quelle: Fa. gap-solar GmbH.

Durch die spezielle Wirkungsweise ist die Solarfassade neben dem Massivbau, sehr gut mit der Holzbauweise kombinierbar. Das Fassadenpaneel wird dabei meist in handelsübliche Pfosten-Riegel-Konstruktionen für Glasfassaden montiert. Hier eröffnen sich durch die Vorfertigung von kompletten Solarwänden sehr ökonomische Fertigungswege.

Architektonisch bietet die Solarfassade viele unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten. So können Solarwaben in verschiedenen Farbtönen ausgeführt und durch die Wahl der Gläser (Struktur- oder Ornamentgläser) gezielte Akzente gesetzt werden. Die Glasstärke ist abhängig von den statischen Erfordernissen und liegt meist bei 6 mm.

Da je nach Wandaufbau, Himmelsrichtung, Sonneneinstrahlung, Tages- und Jahreszeit die Wärmeströme unterschiedlich sind, variiert auch der der U-Wert. So kann bei diesem System

von einem mittleren U-Wert (gemittelt über eine gesamte Heizperiode) von 0,02 bis 0,10 W/m^{2}K ausgegangen werden. Da auch die diffuse Strahlung eine U-Wert-Verbesserung bewirkt, wird bei Passivhäusern auch die Nord-Fassade mit diesen Fassadenpaneelen ausgerüstet.

Da die Solarwabe durch die Verglasung vor Witterungseinflüssen geschützt ist, kann nach bisherigen Untersuchungen und Messungen davon ausgegangen werden, dass die Lebensdauer der Waben einige Jahrzehnte beträgt.

Die Kosten für eine Solarfassade sind von mehreren Faktoren abhängig. Das gewählte Glasdesign und die Montageart wirken sich auf den Endpreis aus. Als Richtwert geht man bei der Standardausführung von ca. 350-400 €/m^2 für eine montierte Fassade aus. Der Paneelpreis liegt je nach Größe zwischen 220 und 280 €/m^2.

Gerade für den Sanierungsbereich stellt die Solarfassade ein hervorragendes Anwendungsfeld dar, denn in älteren Gebäuden treten häufiger Durchfeuchtungsprobleme an den Wänden auf. Durch eine Solarfassade würde die Wand erwärmt werden, so dass die Gebäudesubstanz langfristig verbessert und die Behaglichkeit erhöht werden kann.

Herausragende Referenzobjekte, die in Deutschland realisiert wurden, sind zum einen die Sanierung eines Bürohauses in Erfurt mit 2000 m2 Solarfassade. Hier wurden die alten Betonwände entfernt und durch eine Leichtbauwand mit Solarfassade saniert. In einem weiteren Projekt, Neubau der Polizeitechnischen Dienste in Duisburg, wurden auf einer Massivwand ca. 4400 m2 Solarfassade ausgeführt.

Die Solarfassade stellt ein hoch dämmendes Fassadensystem dar, dass das Prinzip „Dämmen mit Licht" hervorragend umsetzt. Es stellt zwar nicht einen innovativen Dämmstoff im Einzelfall dar, aber als Fassadendämmsystem ist es unbedingt den innovativen Dämmsystemen hinzuzurechnen.

Schaltbare Wärmedämmung[41]

Am Bayerischen Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE Bayern) wurde eine Technik entwickelt, die die Sonnenenergie thermisch nutzen kann.

Der Vorteil dieser Systeme besteht darin, dass die auf der Südfassade installierte transparente Wärmedämmung die Sonnenenergie für das Gebäude nutzbar macht und gleichzeitig das Gebäude gut dämmt. Allerdings haben diese Systeme den Nachteil, dass es im Sommer zu einer Überhitzung der Wand kommt und aufwendige Verschattungssysteme integriert werden müssen.

Die Entwicklung des ZAE Bayern soll diesen Nachteil beheben, indem mit einer Schaltbaren

[41] Vgl. www.energiekonsens.de

Wärmedämmung (SWD) die auftreffende Sonnenenergie nur dann als Wärme in den Raum transportiert wird, wenn Heizbedarf besteht und eine ausreichende Einstrahlung gegeben ist. Im Sommer oder an trüben Wintertagen wird die Schaltbare Wärmedämmung im hoch dämmenden Zustand gehalten. Ein sehr geringer U-Wert von etwa 0,2 W/m^{2}K sorgt somit für eine hervorragende Wärmedämmung. Der Vorteil gegenüber der transparenten Wärmedämmung besteht darin, dass kein mechanischer Sonnenschutz erforderlich ist.

Dieser gute U-Wert wird durch ein nur 2 cm starkes Paneel aus Edelstahlblech erreicht, das mit verpressten Glasfasern gefüllt ist und evakuiert wird. Im inneren des Paneels befinden sich wenige Gramm Metallhydrid, durch das bedarfsweise eine kleine Menge Wasserstoff freigesetzt (circa 50 hPa) und auch wieder aufgenommen werden kann. Somit wird die Wärmeleitfähigkeit des Paneels erhöht bzw. wieder auf den Wert im evakuierten Zustand herabgesetzt. Die Umschaltung erfolgt selbstregelnd ohne mechanische Teile, wobei für den Wärme leitenden Zustand eine elektrische Leistung von ca. 5 Watt pro Quadratmeter Paneelfläche zugeführt werden muss.

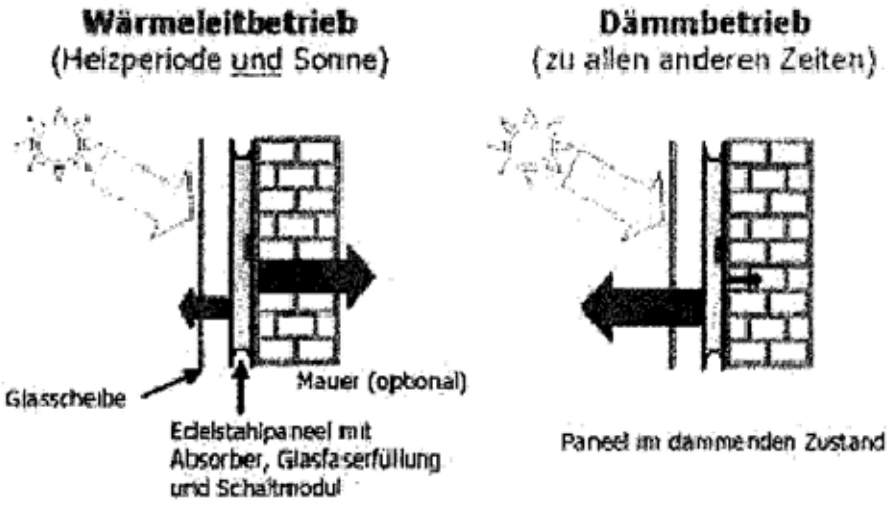


Abbildung 9: Aufbau und Funktion einer schaltbaren Wärmedämmung.
Quelle: ZAE Bayern.

Wie in Abbildung 9 ersichtlich, wird die Schaltbare Wärmedämmung mit einer vorgesetzten Glasscheibe kombiniert, wobei die Oberfläche des Paneels als Absorber dient. Die dabei absorbierte Solarenergie wird auf das Mauerwerk übertragen und je nach Speicherfähigkeit des Mauerwerks zeitverzögert als Wärme an die Innenräume abgegeben. Bei fehlender Einstrahlung wird die Schaltbare Wärmedämmung leistungslos hoch isolierend geschaltet. Dieser Betriebszustand kommt auch im Sommer zum Einsatz, so dass eine Überhitzung des Mauerwerks und der Innenräume vermieden wird [SWD],

Die Vorteile dieses Systems liegen in der sehr guten Wärmedämmung. Es ermöglicht einen ausreichenden Hitzeschutzes im Sommer, und das bei geringen Systemstärken von nur 30 mm. Messungen am Standort Würzburg, wo dieses System am Außenmessstand des ZAE Bayerns installiert wurde, haben einen solaren Ertrag von 150 kWh/m^{2}a ergeben.

Das System der schaltbaren Wärmedämmung eignet sich hervorragend zur Sanierung von massiven südlich ausgerichteten Fassaden im Altbaubereich. Aber auch für Neubauten kann somit die Sonnenenergie kostengünstig genutzt werden.

Latentwärmespeicher[42]

Als Latentwärmespeicher bezeichnet man Wärmespeicher, die bei einer bestimmten Temperatur Wärme aufnehmen bzw. abgeben können, ohne dass sich ihre eigene Temperatur verändert. Dabei bewirkt die Wärmeaufnahme bzw. -abgäbe eine Änderung des Aggregatzustandes des Speichermaterials. Die technische Bezeichnung dieser „Phasenwechselmaterialien" - PCM - steht für Phase Change Material.

Durch die Speicherung von Wärme erhöht sich normalerweise die Temperatur des Speichermediums. Diese gespeicherte Wärme bezeichnet man auch als "sensible" Wärmespeicherung. Dagegen erfolgt bei der "versteckten" (latenten) Wärmespeicherung nach Erreichen der Phasenübergangstemperatur des Speichermaterials keine Temperaturerhöhung mehr, bis zu dem Zeitpunkt, bis das Speichermaterial geschmolzen ist. So wird tagsüber die Wärme aus der Umgebung aufgenommen und abends wieder abgegeben.

Als Speichermedium wird ein Salz (z.B. Glaubersalz, Natriumacetat) oder eine organische Verbindung (z.B. Paraffine, Fettsäure) verwandt.

In den letzten Jahren haben sich die Forschungsaktivitäten zur Anwendung der PCM im Gebäudebereich verstärkt. Für die Anwendung von PCM im Gebäudebereich ergeben sich drei Möglichkeiten:

- PCM in Gebäudestruktur (Wand und Decke) integriert
- PCM in sonstige Gebäude-Komponenten (z.B. Fassadenelemente) integriert
- PCM in separaten Wärme- und Kältespeichern

Im Gebäudebereich werden vor allem Salzhydrate und Paraffine als Latentwärmespeicher eingesetzt. Gerade Paraffine zeichnen sich durch ihre hohe Zyklenstabilität und ihre geringe Unterkühlung aus, so dass diese in Innenputzen als Temperaturausgleichende Materialien ihre Anwendung finden. Außerdem sind sie ungiftig und nicht korrosiv, und sie lassen sich mikroverkapseln. Ein Nachteil der Paraffine gegenüber den Salzhydraten ist jedoch ihre Brennbarkeit.

Um Latentwärmespeicher in Gipsputzen oder Gipskartonplatten als Wärmespeicher verfügbar zu machen, ist es erforderlich, diese so zu „verpacken", dass die Beständigkeit und Wirkungsweise garantiert wird und ein Auslaufen des flüssigen Paraffins verhindert wird. Eine

[42] Vgl. www.energiekonsens.de

Möglichkeit hierzu besteht in der Mikroverkapselung der Paraffine. Diese mikroverkapselten Latentwärmespeicher bestehen aus mikrokleinen Kunststoff kapseln mit einem Durchmesser zwischen 5 und 20 um, Diese Kapseln sind mit Paraffin gefüllt, dessen Schmelzpunkt im Temperaturbereich zwischen 24°C und 26°C liegt. Diese Schmelztemperatur kann durch die Vermischung der reinen Paraffine variiert werden.

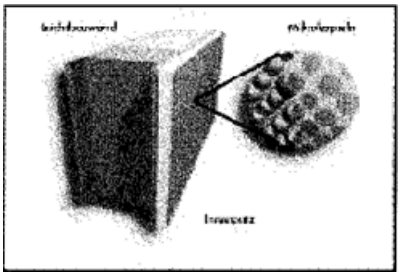


Abbildung 10: Aufbau einer Leichtbauwand mit PCM im Innenputz.
Quelle: BINE IV/02 / Fraunhofer IS.E

Da Salzhydrate nicht mikroverkapselt werden können, muss beim Einsatz im Gebäude auf die Makroverkapselungen zurückgegriffen werden, z.B. in Folien eingeschweißte Konstruktionen.

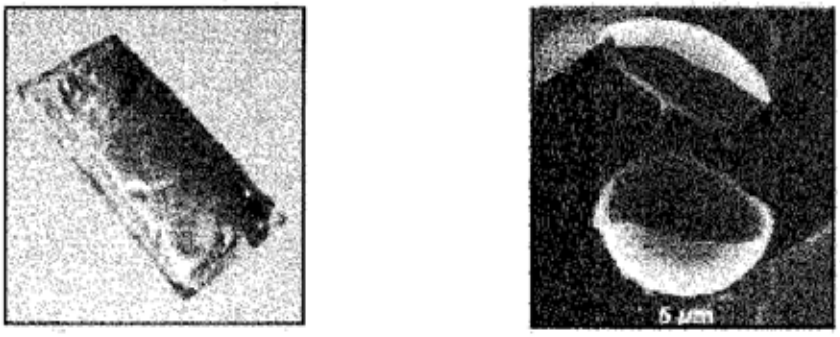


Abbildung 11: Makroverkapselung und Mikroverkapselung von PCM.
Quelle: BINE IV/02 / Climator / BASF.

Untersuchungen und Messungen haben ergeben, dass durch den Einbau von PCM in ein Leichtbau-Gebäude die Anzahl der zu warmen Stunden pro Jahr auf das Niveau eines Massivbaus gesenkt werden konnten. Das bedeutet eine erhebliche Reduktion im Vergleich zum Leichtbau ohne PCM. Der Einbau von PCM kann, als passive Klimatisierung, in Leichtbauten somit eine aktive Klimatisierung mit einer Klimaanlage oder einer Kühldecke ersetzen. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass eine ausreichende Nachtlüftung zur Verfügung gestellt wird. Das tagsüber aufgeschmolzene PCM muss nachts wieder verfestigt werden, um am Tag darauf wieder die volle Schmelzenthalpie zur Verfügung zu haben.

Dämmstoffe auf der Basis von Phenolharz – Hartschaum[43]

Wie Polyurethan (PUR)-Hartschaum gehört auch der Phenolharz(PF)-Hartschaum zu den künstlich organischen Dämmstoffen. PF-Hartschaum wird aus Phenolharzen durch Zugabe eines Treibmittels und eines Härters mit oder ohne Zufuhr äußerer Wärme erzeugt. Phenolharz-Hartschaum ist ein geschlossenzelliger, harter Schaumstoff, der gute Wärmedämmeigenschaften besitzt.

Wie Polyurethan (PUR)-Hartschaum-Platten sind auch Phenolharz-Hartschaum-Platten druckfeste Dämmplatten, die sich für Anwendungen als Fußboden-, Flachdach- oder Außenwanddämmung eignen. Sie sind unempfindlich gegen Feuchtigkeit, Schimmel, Fäulnis und Ungeziefer. Beide Dämmstoffe sind normal bzw. schwer entflammbar und ihre Wärmeleitfähigkeit liegt zwischen 0,25 und 0,35 W/mK. Neueste Entwicklungen haben jedoch die Wärmeleitfähigkeit auf 0,22 W/mK reduzieren können, so dass diese Phenolharz-Hartschaum-Platten z.B. als Fußbodendämmung oder Dachdämmung durchaus konkurrenzfähig gegenüber Polyurethan (PUR)-Hartschaum-Platten sind.

Bisher wurde Phenolharz-Hartschaum-Platten in Deutschland im Bauwesen kaum verwendet, da im Brandfall Formaldehyd freigesetzt werden kann und somit Schadstoffe entstehen können.

Die Firma Thermal Ceramics de France ist ein Hersteller von Phenolharz-Hartschaum-Platten. In Deutschland werden diese über die Zentrale Technische Beratung SITEK vertrieben. Die hochwärmedämmenden Kooltherm-Resol-Hartschaumplatten mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,22 W/mK gelten sicherlich als Nischenprodukt, könnten aber durchaus in einem Demonstrationsobjekt getestet werden [SITEK].

Thermotrope Schichten bei Fenstern und Fassaden[44]

Fenster und Fassaden, die bei niedrigen Temperaturen Sonnenlicht und damit Wärme durchlassen, bei höheren Temperaturen aber reflektieren, werden derzeit am Fraunhofer ISE entwickelt. Grundlage hierfür sind sogenannte thermotrope Schichten, die in Form eines dünnen Films zwischen Folien oder Gläsern aufgebracht werden. Sie sollen vor allem im Sommer vor Überhitzung schützen, ohne dass dafür aufwendige Rollos oder andere Abschattungseinrichtungen inklusive der dazugehörigen Regelung installiert werden müssten. Thermotrope Verschattungen werden im Rahmen eines Industrieverbundprojektes mit den Firmen BASF AG, Interpane E&B mbH und StoAG zur Marktreife entwickelt.

Thermotrope Schichten bestehen aus einer Mischung von zwei Komponenten mit unterschiedlichem Brechungsindex. Diese sind bei tiefen Temperaturen molekular miteinander vermischt, so dass die Schicht homogen und durchsichtig ist. Steigt die Temperatur der

[43] Vgl. www.energiekonsens.de
[44] Vgl. www.fvee.de

Schicht, so kommt es in einem gewissen Temperaturbereich zur Entmischung der beiden Komponenten. Das Licht wird stark gestreut und der größte Teil diffus reflektiert. Die Schicht trübt sich weiß ein. Nur ein kleiner Teil des Lichtes wird noch transmittiert. Der Prozess ist reversibel, d.h. bei sinkender Temperatur wird die Schicht wieder klar. Thermotrope Schichten eignen sich für Anwendungen, bei denen die fehlende Durchsicht im geschalteten Zustand nicht von Nachteil ist, wie z.B. bei Überkopfverglasungen.

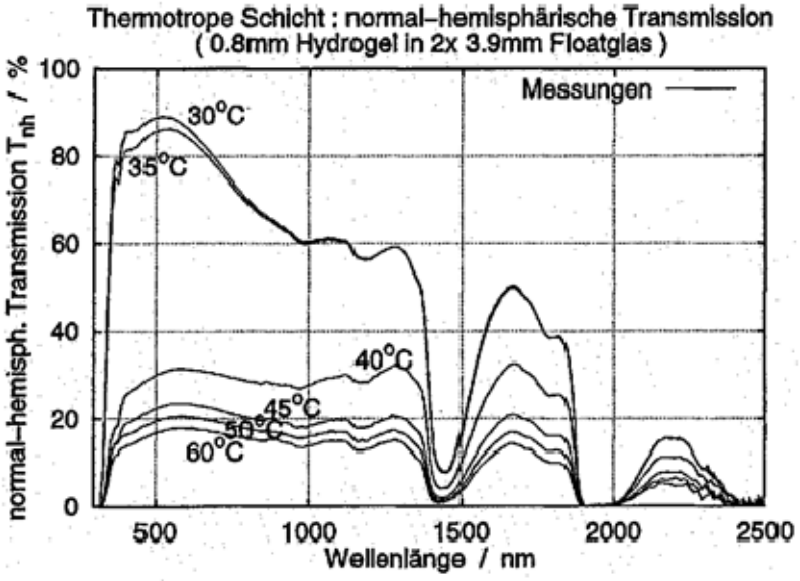


Abbildung 12: Spektrale Transmission einer thermotropen Hydrogelprobe in Abhängigkeit von der Temperatur (0,8 mm Hydrogel In 2x3,9 mm Floatblas).

Quelle: Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 97/98“.

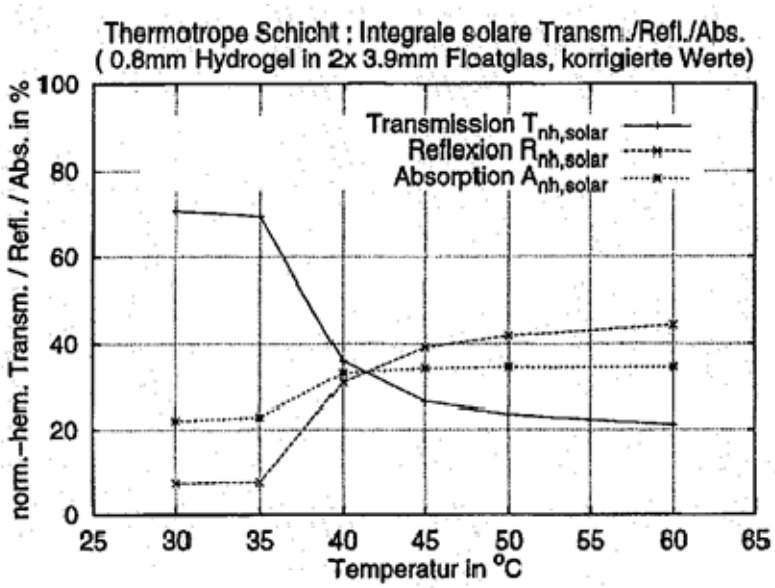


Abbildung 13: Integrale Werte der Reflexion, Transmission und Absorption einer thermotropen Hydrogelprobe in Abhängigkeit von der Temperatur (0,8 mm Hydrogel in 2x3 mm Floatglas, korregierte Werte).

Quelle: Forschungsverbund Sonnenenergie „Themen 97/98“.

Katalytisch schaltende (gasochrome) Fenster[45]

Optisch schaltende Verglasungen werden eine wichtige Rolle als Überhitzungsschutz bei der passiven Sonnenenergienutzung in Gebäuden spielen, sei es als Fenster, als Fassadenverglasung oder zusammen mit transparenter Wärmedämmung. Auch für den Fahrzeugbau sind sie von zunehmender Bedeutung. Seit über 20 Jahren werden weltweit sogenannte elektrochrome Fenster erforscht, sind jedoch trotz intensiver Bemühungen noch nicht auf dem Markt zu finden. Die Langzeitstabilität bereitet immer noch Probleme.

Am Fraunhofer ISE werden seit 3 Jahren neue Fenster entwickelt, die mit stark verdünnten H_2- und O_2-Gasen arbeiten. Dazu ist nur eine Wolframoxidschicht, auf die sehr dünn ein Katalysator aufgebracht wird, nötig. Neben dem blau färbenden WO_3 werden auch farbneutrale Metalloxidmischungen aus Wolfram, Titan und Molybdän verwendet. Zurzeit werden Fenster der Größe 1,1 m x 0,6 m durch Sputtern hergestellt. Um die Schalteigenschaften zu optimieren, müssen Schichtstruktur, Gas-Konzentration und Strömungsgeschwindigkeit des Gases sorgfältig aufeinander abgestimmt werden. Bei geeigneter Wahl ist ein homogenes Einfärben der ganzen Fläche möglich. In der Abbildung 15 ist die Änderung der spektralen Transmission einer typischen gasochromen Probe für den ungeschalteten und einen geschalteten Zustand aufgezeigt. Durch Variation der Schichtdicke und Gaskonzentration lassen sich beinahe beliebige Transmissionsgrade einstellen.

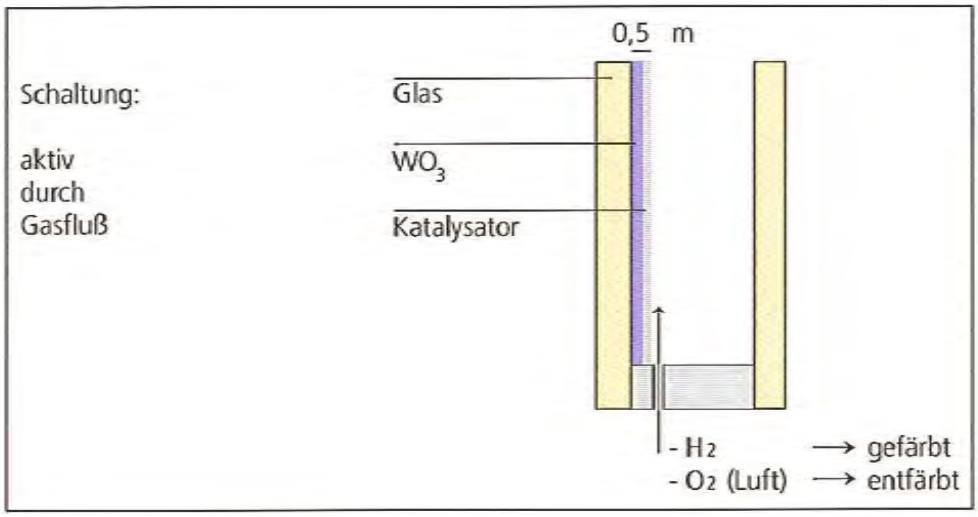


Abbildung 14: Querschnitt einer katalytisch schaltenden Verglasung.

[45] Vgl. www.fvee.de

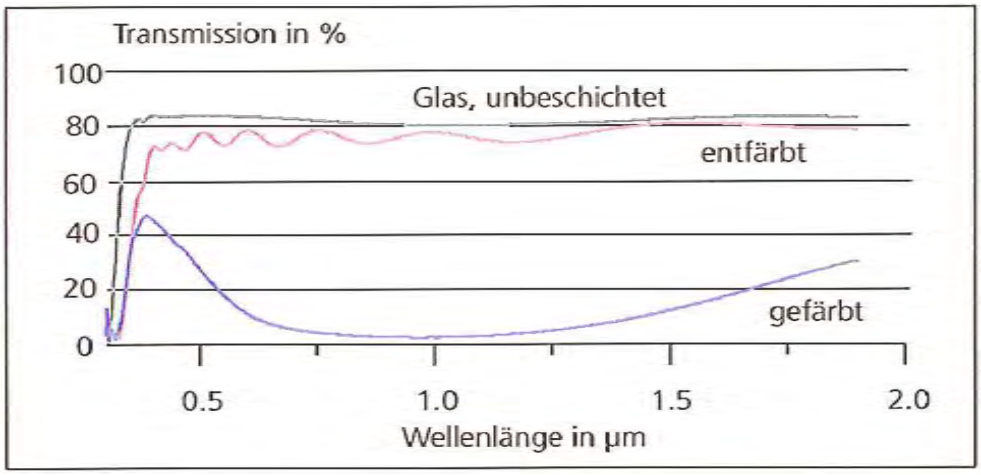


Abbildung 15: Spektrale Transmission einer ungeschalteten und einer geschalteten gasochromen Scheibe im Vergleich zu einer eisenarmen Verglasung.

Schüco E² Fassade[46]

Durch die identischen Ansichten von Festfeldern und Öffnungselementen bietet die Schüco E² Fassade größtmögliche Gestaltungsfreiheit. Durch die verdeckte Lage der Flügelrahmen hinter den Pfosten-und Riegelprofilen sind alle begrenzenden Flächen bündig und homogen in der Gesamtansicht - bis hin zu annähernd beliebig gerasterten, geschosshohen Verglasungen. Das ermöglicht eine neue Qualität in der Fassadenästhetik.

Die mit großen Lüftungsquerschnitten ausgestatteten Öffnungselemente lassen sich per verdeckt liegenden Systemantrieben in die Gebäudeleittechnik einbinden. Damit können sie zentral für eine intelligente automatische Lüftung angesteuert werden, z. B. für die Nachtauskühlung. Die konsequente Automation aller Öffnungselemente sorgt für höchsten Nutzerkomfort und ist gleichzeitig ein weiterer Baustein für die optimierte Energiebilanz des Gebäudes.

Dank der exzellenten statischen Eigenschaften der Aluminium-Konstruktionen sowie innovativer Beschlagstechnologie sind auch großdimensionierte Öffnungselemente mit hohen Flügelgewichten realisierbar. Als Senkklapp- oder Parallel-Ausstell-Fenster überzeugen sie mit optisch durchgängigen, filigranen Ansichtsbreiten von nur 85mm.

Die Vorteile auf einen Blick:

- Ästhetisches Fassadendesign durch flächenbündige Profilintegration in das Pfosten-Riegel-Tragwerk und komplett verdeckt liegende Systemantriebe
- Intelligente Ansteuerung über Gebäudeleittechnik möglich: Energieeinsparung in Kombination mit Nachtauskühlung

[46] Vgl. www.schueco.com

- Maximaler Komfort durch individuelle natürliche Lüftung
- Großdimensionierte Fensterkonstruktionen mit Flügelgewichten bis max. 250 kg
- Senkklapp-Fenster: Rastdrehbegrenzer hält im manuellen Betrieb bei Winddruck und Windsog das Fenster in der gewünschten Öffnungsposition fest

Sonnenschutz

Der außen liegende Schüco Sonnenschutz CTB (Concealed Toughened Blind) kann dank einer hohen Lamellenstabilität auch bei hohen Windgeschwindigkeiten bis 30 m/s ausgefahren werden.

Der transparente Behang aus Mikro-Lamellen sorgt für einen optimalen Sonnenschutz mit einer kompletten Abschattung schon ab einer Sonnenhöhe von 20°. Für die Nutzer der Räume wird so eine maximale visuelle Behaglichkeit inklusive Sicht nach außen erreicht.

Während der wärmeren Jahreszeiten lässt sich durch das außen liegende System eine Reduzierung der Kühllast für das Gebäude um rund 50% erreichen. Damit leistet das Funktionsmodul Sonnenschutz einen beachtlichen Beitrag zur Senkung der Betriebskosten.

- Flächenbündige Fassadenoptik

  In eingefahrenem Zustand liegt der Sonnenschutz nicht sichtbar fassadenintegriert im opaken Bereich vor der Geschosstrenndecke und sorgt für eine flächenbündige Optik der Fassade. Der bei konventionellen Sonnenschutzanlagen vor die Fassade montierte Blendenkasten entfällt somit komplett.

- Externe Systemprüfung

  Der Schüco Sonnenschutz CTB bietet höchste Planungssicherheit durch unabhängige externe Prüfungen, z. B. bezüglich Windgeschwindigkeiten und Gesamtenergiedurchlassgrad.

Dezentrale Lüftung

Schon heute wird die Planung von Büroflächen maßgeblich durch folgende Punkte bestimmt: die immer anspruchsvollere Gesetzes-, Verordnungs- und Normenlage sowie die Erkenntnisse der Arbeitsplatzforschung. Diese hat einen eindeutigen Zusammenhang zwischen einem thermisch-klimatisch behaglichen Raumklima und der steigenden Leistungsfähigkeit sowie der Gesundheit der Raumnutzer nachgewiesen. Die Zufuhr von „richtiger" Frischluft durch eine optimale Be- und Entlüftung, am besten raumweise an die individuellen Bedürfnisse angepasst, ist dabei ein zentraler Faktor.

Die positiven ökonomischen Effekte durch die gesteigerte Leistungsfähigkeit der Büronutzer erstrecken sich über die gesamte Nutzungszeit der Immobilie und bieten gewerblichen Nutzern einen erheblichen Mehrwert.

Abbildung 16: Dezentrale Lüftungstechnik: Lüftung, Heizung, Kühlung.
Quelle: Schüco.

Modulare Lüftungskonzepte

Für die Schüco E2 Fassade stehen fünf unterschiedliche, modular aufgebaute dezentrale Lüftungskonzepte mit und ohne Wärmerückgewinnung zur Verfügung. Die Wärmerückgewinnung sorgt sehr effizient für zusätzliche Einsparpotenziale bei der Heizenergie. Mit diesen Lüftungskonzepten ist eine Anpassung an die Anforderungen unterschiedlichster Gebäudearten und Nutzungsbedingungen möglich. Sie sind sowohl für den Neubau als auch in der Sanierung einsetzbar.

Die Nutzer können das Raumklima ganz individuell raumweise an ihr persönliches Behaglichkeitsempfinden anpassen, z. B. durch das Anwärmen oder das Kühlen der Zuluft sowie die stufenweise Einstellung des Luftvolumenstroms.

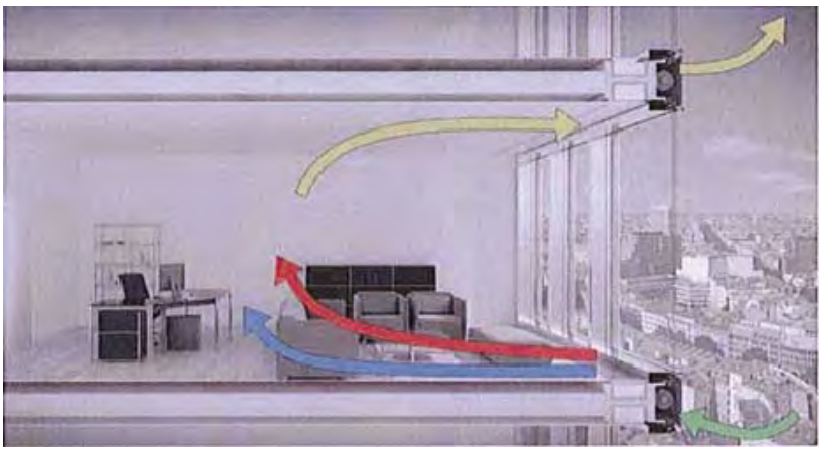


Abbildung 17: Quellluftartige Einbringung der erwärmten oder gekühlten Zuluft. Die Abluft wird über ein Deckengerät abtransportiert. Es erfolgt keine Wärmerückgewinnung.

Quelle: Schüco.

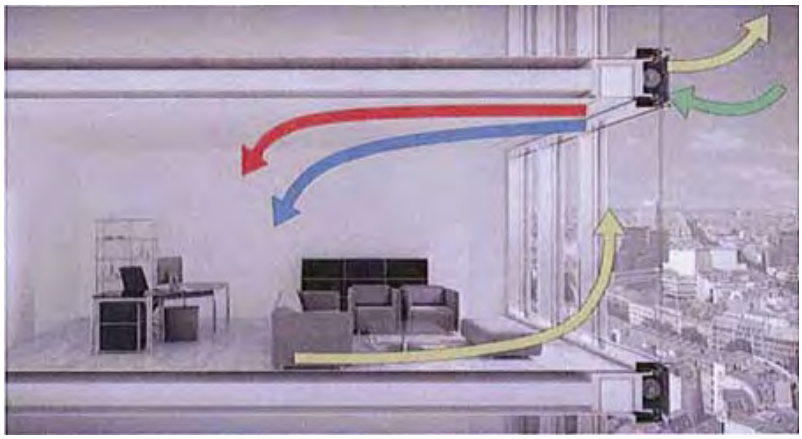


Abbildung 18: Einbringung der erwärmten bzw. gekühlten Zuluft an der Decke. Die Abluft wird ebenfalls über das Deckengerät abgeführt, sodass eine Wärmerückgewinnung erfolgt.

Quelle: Schüco.

2.4.2 Gebäudetechnische Komponenten

Nachfolgend einige Entwicklungen auf dem Gebiet der gebäudetechnischen Komponenten.

Niedertemperatur-Heizkörpern

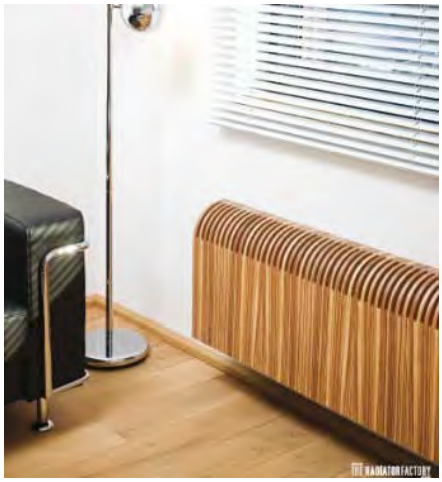


Abbildung 19: Niedertemperatur-Heizkörper

Quelle: JAGA DBE.[47]

[47] Kontakt: Jaga Deuschland GmbH, Neuer Zollhof 1, 40211 Düsseldorf, Deutschland

Nach der neuen EnEV müssen auch bei Altbau Sanierungen Teile der Wärmeerzeugung über erneuerbare Energien erfolgen. Heizungsanlagen mit modernen Wärmeerzeugern arbeiten aber nur im Niedertemperaturbereich energieeffizient.

Mit Plattenheizkörpern oder Radiatoren ist dies nur in ganz seltenen Fällen möglich. Diese Heizkörper geben ihre Wärme über Strahlung und Konvektion an den Raum ab.

Bei niedrigen Temperaturen im System ist die Austauschfläche der Heizkörper zu klein um die erforderliche Wärme über Strahlung an den Raum abzugeben. Durch die geringe Temperaturdifferenz zwischen Heizkörperoberfläche und Raumtemperatur entsteht auch keine Luftzirkulation, so dass auch die Wärmeübertragung durch Konvektion nur bedingt gegeben ist.

Der speziell entwickelte Niedertemperatur-Heizkörper gibt 2- bis 3-mal so viel Wärme ab wie eine Standard Plattenheizkörper und kann im Sommer auch für die Raumkühlung genutzt werden.

Dezentrale Umwälzpumpe

Abbildung 20: Dezentrale Umwälzpumpe.
Quelle: Wilo.[48]

Mit extrem kleinen Pumpen, die im Schnitt nur ein Watt Leistung benötigen, wird jeder Heizkörper einzeln versorgt. Die Versorgung der Stränge einer Heizungsanlage erfolgt in der Regel durch eine zentrale Umwälzpumpe und Drosselventile dienen der gleichmäßigen Durchströmung der Heizkörper. Thermostatventile regeln die bedarfsgerechte Wärmezufuhr. Mit einer dezentralen Umwälzpumpe an jedem Heizkörper sollen die hydraulischen Verluste dieser Komponenten vermieden werden. Dezentrale Pumpen, die nahezu geräuschlos betrieben werden können laufen nur, wenn im entsprechenden Raum Wärme benötigt wird. In einem Versuchshaus wurde mittels dezentraler Umwälzpumpen eine Energieeinsparung von 20 % auf Grund einer Minimierung der Verluste bei der Wärmeerzeugung und –ver-teilung erreicht.

LED-Lampe

von E-Core

[48] Kontakt: WILO SE, Nortkirchenstraße 100, 44263 Dortmund, Tel. 02314102-0, Fax 0231 4102-7363

Abbildung 21: LED-Lampe.
Quelle: Toshiba Information Systems.

Die E-Core 8,4 Watt erzielt einen Lichtstrom bis zu 650 lm (Lumen) und ist damit der zeitgemäße Ersatz von herkömmlichen 60-W-Lampen. Es fallen bis zu 80 Prozent weniger CO_2-Emissionen als bei herkömmlichen Glühlampen an. Durch die spezielle Acrylbeschichtung besteht ein geringeres Bruchrisiko und die LED-Lampe ist dank moderner Halbleitertechnik unempfindlich gegen Stöße und Vibrationen.

Intelligente Stromzähler

Für die Darstellung des Elektrizitätsverbrauchs und der CO_2-Emissionen werden die Daten vom Zähler an das Kommunikationsmodul in der Wohnung geleitet. Dort werden die Informationen entweder als Fernsehsignal aufbereitet oder per WLAN an das Apple-Endgerät gesendet. Der aktuelle Zählerstand, der Energieverbrauch und die momentane Leistung werden als Lastkurve angezeigt. Auch Prognosen für den voraussichtlichen individuellen Tages-, Wochen- und Monatsverbrauch werden angeboten. Die Darstellung des Stromverbrauchs fördert den bewussten Umgang mit Energie durch die Verbraucher

Batterielose Funkschalter und -sensoren[49]

Mit wartungsfreien und batterielosen Funk-Tastern und Funk-Sensoren wird die Verkabelung deutlich vereinfacht. Durch die Funktechnologie kann die Deckeninstallation von der Wandinstallation entkoppelt werden.

Vorteile:

- keine Verkabelung, einfache Montage und Demontage, z.B. der Schalter auf Glas, Stein, Holz und Möbel
- optimale Sensorposition möglich auch bei variablen Nutzungsbedingungen
- Geringere Kosten für Installation, Wartung, Sanierung und Energieverbrauch

[49] Kontakt: EnOcean Alliance, 2400 Camino Ramon, Suite 375, San Ramon, CA 94583, USA; Tel. Deutschland +496172997879

- Energieeinsparung durch Einzelraum-Temperaturreglung, Funk-Fensterkontakt oder bedarfsgerechte Lichtsteuerung
- Reduktion von Kabelmaterialien (Kupfer, Ummantelung, etc.) Gefahrenreduzierung durch geringere Brandlast
- Nachrüstung von Funk-Sensoren in denkmalgeschützte Gebäude
- Produkte verschiedenster Hersteller und Anwendungsbereiche sind frei kombinierbar
- Kompatibilität mit anderen Gebäudeautomatisierungs-Systemen
- Zeiteinsparung, da schnell integriert, montiert und konfiguriert
- Wartungsfrei Funksensoren: keine Batterie notwendig und damit auch kein Tauschen und Entsorgen der Batterien
- Weniger Lärm und Schmutz während der Montage

2.4.3 Versorgungstechnische Komponenten

Geothermie

Komponente	Vorteile	Nachteile
Adsorptions-Wärmepumpen (Zeolith-Gas-Wärmepumpe) z. B. zeoTHERM (Fa. Vaillant)	Vorteile Sorptions-WP (allgemein): - Relativ leise, daher besondere Eignung im Wohngebäudebereich (aber bei Luft als Wärmequelle Geräusche durch Ventilator) - Besonders schadstoffarme Verbrennung (vergleichbar Brennwertkessel) - Wartungsarmer Betrieb (da nur wenige bewegte Teile) Vorteile Zeolith-WP: - Prototyp geeignet für kleinen Leistungsbereich (EF- und MF-Häuser) - Unproblematisches Kältemittel (Zeolithe sind ungiftig und nicht brennbar) - In Verbindung mit Solar-Luft-Kollektor keine Garten-	Nachteile gegenüber Elektro-WP: - Lokale Schadstoffemissionen (jedoch auf geringem Niveau) - Gasanschluss erforderlich - Geringere Marktverfügbarkeit bzw. Langzeiterfahrung - (Derzeit noch) höhere Investitionskosten für das WP-Gerät im Neubau

	fläche erforderlich	
Gasmotor-Wärmepumpen	Vorteile Gasmotor-WP: - Weitere Effizienzgewinne gegenüber Sorptions-WP (ca.10%) - Produkte sind marktverfügbar und Anwendungserfahrung liegt vor - Flexiblerer Einsatz möglich, da Wärme auf verschiedenen Temperaturniveaus zur Verfügung steht (gute Eignung für industrielle / gewerbliche Anwendungen): - Sensible Wärme im Abgas mit 600°C (® Nutzwärme von 100°C), - Kühlwasserwärme (® Nutzwärme von ca. 90°C), - Kondensatorwärme (® Nutzwärme von 40 bis 50°C) - Verdampferwärme (je nach Wärmequelle i.d.R. zwischen 0° und 10°C)	
Absorptions-Wärmepumpe z. B. E3 GS Erdwärme (Fa. Robur)	- E3 GS kann Effizienzwerte von bis zu 170% erreichen und garantiert bis zu 50% jährliche Kostenersparnis für Heizung im Vergleich zu den besten Brennwertkesseln, eine Verbesserung der Energieeffizienz- Einstufung des Gebäudes um bis zu zwei Klassen nach oben und bis zu 40% verringerten CO_2-Ausstoß im	Nachteile gegenüber Elektro-WP: - Lokale Schadstoffemissionen (jedoch auf geringem Niveau) - Gasanschluss erforderlich - (Derzeit noch) höhere Investtionskosten für das WP-Gerät im Neubau

 Abbildung 22: Absorptions- und Wärmpumpe. Quelle: Robur GmbH.	Vergleich zu besten Brennwertkesseln. - E3 GS senkt die Investitionskosten für Erdwärmesonden um 60%. Somit erreicht E3 GS mit einer Erdwärmeanlage eine sehr hohe Effizienz bei vergleichbaren Investitionskosten einer elektrischen Luft-Wasser- Wärmepumpe. - E3 GS hat niedrigere Emissionswerte als vom Zertifikat Blauer Engel verlangt. - E3 GS kann die Heizleistung von 100% bis 50% modulieren - E3 GS reduziert durch den Einsatz von Gas als hauptsächliche Energiequelle den Stromverbrauch auf ein Minimum. Die Einheit verbraucht weniger als 0,5 kW Strom für die Bereit-stellung von 40 kW Wärme.	
Diffusions-Absorbtions-Wärmepumpe (DAWP) z. B. Loganova GWP von Buderus	Vorteile Sorptions-WP (allgemein): Relativ leise, daher besondere Eignung im Wohngebäudebereich (aber bei Luft als Wär-mequelle Geräusche durch Ventilator) - Besonders schadstoffarme Verbrennung (vergleichbar	Nachteile Sorptions-WP (allgemein): - (Derzeit noch) geringere Effizienz als Gasmotor-WP - (Derzeit noch) höhere Investitionskosten Nachteile DAWP: - Derzeit nur Prototyp (im Feld-

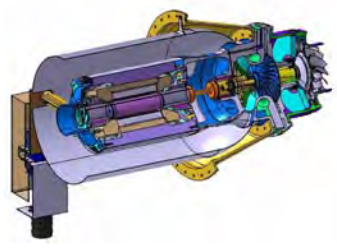
 Abbildung 23: DAWP. Quelle: E.ON-Ruhrgas.	Brennwertkessel) - Wartungsarmer Betrieb (da nur wenige bewegte Teile Vorteile DAWP: - Besonders leise und wartungsarm, da ohne Lösungsmittelpumpe - Hilfsstrombedarf für Lösungsmittelpumpe entfällt - Prototyp geeignet für kleinen Leistungsbereich (EF- und MF-Häuser)	test) verfügbar - Aufwändigeres Handling für Kältemittel erforderlich (Ammoniak ist toxisch und brennbar) Nachteile gegenüber Elektro-WP: - Lokale Schadstoffemis-sionen (jedoch auf geringem Niveau) - Gasanschluss erforderlich - Geringere Marktverfügbar-keit bzw. Langzeiterfah-rung - (Derzeit noch) höhere Investitionskosten für das WP-Gerät im Neubau
Hybrid-Wärmepumpen-Systeme z.B. Roth Solargeo® Ex	Die Roth Solar-Wärmepumpen Ex Energiesysteme erhöhen die Nutzungszeit und die Entzugsleistung der Wärmepumpe. Sie verbessern die Betriebsbedingungen der Wärmepumpenanlage durch Anhebung des Temperaturniveaus auf der Quellenseite und ermöglichen höhere System-Jahresarbeitszahlen und geringere Betriebskosten. Das Roth Solargeo® Ex Energiesystem erhöht die Nutzung der Solaranlage um 25 Prozent gegenüber Standard-Solaranlagen durch den zusätzlichen Eintrag der Solarenergie in die Registerstation und spart bis zu 25 Prozent elektrische Energie gegenüber Standard-	

	Wärmepumpen mit geothermischer Anbindung.	
Erdreichwärmepumpe mit CO_2-Tiefensonde z. B. Fa. Heliotherm	Höhere Effizienz und bis zu 20 % weniger Energiekosten als bei herkömmlichen Wärmepumpen Besserer Wirkungsgrad und höhere Jahresarbeitszahl (JAZ) Maximaler Komfort durch gleichmäßigere Raumtemperaturen Flexible Gebäudenutzung durch die intelligente Regelungstechnik: ungenutzte Räume können vom Heizbetrieb ausgenommen werden Bis zu 80 % weniger Stromverbrauch wegen der modulierenden Heizungsumwälzpumpe Einsatz in Wasserschutz- und Wasser-schongebieten möglich	- (Derzeit noch) höhere Investitionskosten für das WP-Gerät Heizleistung von 4 bis 28 kW
CO_2-Hochtemperaturwärmepumpen z.B. thermea	Mit dem gewählten Konzept des transkritischen CO_2-Wärmepumpenkreislaufes erreichen die Wasser/Wasser-Wärmepumpen bei Aufheizungsprozessen mit niedriger Anfangstemperatur Leistungszahlen bis zu COPWP = 6,9 und bei Wärme-Kälte-Kopplung bis zu COPWKK= 12,0. Nutzung der Abwärme aus der zentralen Abwasser-leitung Mit CO_2-Wärmepumpen wer-	

	den Vorlauftemperaturen bis 90°C erreicht.	
Komfort-Haustechnikzentrale Sole/Wasser z.B. Alpha-InnoTec **Abbildung 24: Komfort-Haustechnik-zentrale Sole/ Wasser.** Quelle: Alpha-InnoTec.	Heizen, Lüften und Brauch-wasserbereitung in einem Ge-rät Hoher COP-Wert von 4,5 Bis 95 % Wärmerück-gewinnung im Lüftungsteil Optional mit passiver Kühlung für den Sommer	

Tabelle 2: Geothermie.

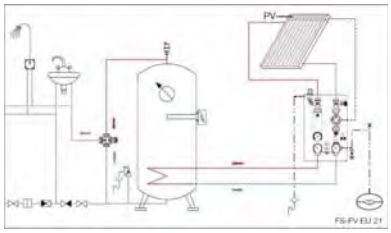
KWK und KWKK

Komponente	Vorteile	Nachteile
Capstone Mikro-Gasturbine  **Abbildung 25: Mikro-Gasturbine.** Quelle: E-quad Power Systems GmbH.	– Luftlagerung > keine Schmier- und Kühlmittel – Kompakte Bauweise, gerin-ges Gewicht, 100% Regel-bar – Brennstoffvariabilität (Erd-gas, Biogas, Heizöl) – Geringer Einfluss bei wech-selnden Energie-gehalten des Brennstoffs – (vorteilhaft für den Einsatz von Biomasse) – Sehr gutes Teillastverhalten	– Höhere Investitions-kosten als neue BHKW-Motoren (10-15%) – Größere Anlagenstück-zahlen würde dies verbes-sern – Geringerer elektrischer Wir-kungsgrad bei Volllast als moderne Motor-BHKWs – Gesamtwirkungsgrad ≥ als BHKW Motor; vor allem bei Teillast – Bestehende Innovations-Hemmnisse beim Kunden

	– Hoher Gesamtwirkungsgrad, bis zu 94% je nach Rücklauftemperatur – Geringe Schadstoffemissionen – Geringe Wartungskosten durch Ölfreiheit der Turbine – Im Inselbetrieb einsetzbar – Hohe Abgastemperaturen > ideale nutzbar für Kraft-Wärme-(Kälte)-Kopplung und für direkt Abgasnutzung (Trocknung)	– Turbine ist unbekannt
Mikro-KWK Dachs Stirling SE von SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH **Abbildung 26: Mikro-KWK Dachs Stirling SE.** Quelle: SenerTec.	– Das Herzstück der Mikro-KWK-Anlage ist ein moderner robuster Einzylinder-Freikolben-Stirlingmotor. – Die Integration des Dachs Stirling SE ist in jede Heizungsanlage möglich. – Der Motor ist an einen Lineargenerator gekoppelt, der mit einer elektrischen Leistung von 1 kW Strom erzeugt. – Dezentrale Energieerzeugung direkt im Haus – Hoher Gesamtwirkungsgrad bei der Wärme- und Stromerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung	– Geplante Markteinführung September 2011

Tabelle 3: KWK und KWKK.

Solarthermie / Photovoltaik

Komponente	Vorteile	Nachteile
Solarstation in einer globalstrahlungsgeregelten Ausführung mit Photovoltaik-Modul z.B. "Tacosol EU 21" TACONOVA GmbH  **Abbildung 27: Solarstation.** Quelle: TACONOVA GmbH	– Autarker Solarbetrieb möglich – Keine Mehrkosten, da Solarregler und elektrische Installation entfällt – Maximale Umweltentlastung – Hocheffiziente Gleichstrompumpe – Kostengünstige Montage – und Befüllung (Einmannmontage) – Kollektor- und Speicherteil für Montagearbeiten trennbar – Einfacher Pumpenwechsel (saug- und druckseitig absperrbar) – Genaues und schnelles Einregulieren ohne Hilfe von Diagrammen, Tabellen oder teuren Messgeräten – Funktionskontrolle mittels Volumenstromdirektanzeige im SETTER Inline UN – Ableseskala in l/min bereits für Glykolgemische υ = 2,3 mm²/s geeicht – Stetige Luftabscheidung während des Anlagebe-	

	triebes	
Bivalente Latentwärmezellen z.B. WZ-1670-2WT von PowerTank **Abbildung 28: Bivalente Latentwärmezellen.** Quelle: PowerTank GmbH.	– Verlängerung von Brennerlaufzeiten im Teillastbetrieb – Reduzierung von Bereitstellungsverlusten – Speicherung von Prozesswärme und Solarenergie (z. T. auch Kälte) – Abwärmenutzung – Wärmespeicherung auf kleinstem Raum – Bis zu 4-fach höhere Wärmekapazität gegenüber Wasserspeichern – Geringere Auskühlverluste durch Nutzung von Paraffin – Erhöhung des Brennstoffnutzens und des Kollektorertrages – komplett recycelbar – Modular aufbaubar – Einfacher Transport Fertigung nach Kundenwunsch – Wärmezellen und Schmelzenthalpie werden den Anwendungen angepasst, Z.B. Standard 60/62°C, Wärmepumpen 44°C, BHKW 70°C/80°C	– z. Z. kaum praktischen Anwendung – höhere Kosten – Die Wirtschaftlichkeit ist immer noch fraglich
Dachziegel mit Hybrid- Solarmodulen	– baukastenartig aufgebaut – kann etappenweise aufge-	

von Panotron AG **Abbildung 29: Dachziegel mit Hybrid-Solarmodulen.** Quelle: Panotron AG.	rüstet werden – sehr flexibel und passend für jede Dachform; – Fenster oder Dacheinschnitte lassen sich einfach aussparen	
Sonnenschutz mit Photovoltaikanlagen **Abbildung 30: Sonnenschutz mit Photovoltaikanlagen.** Quelle: Colt International GmbH.	– Robust – Korrosionsbeständig – Metallamellen starr oder steuerbar – Verbesserung der Raumkonditionen – mehr visueller Komfort durch Blickkontakt zur Außenwelt – Möglichkeit der aktiven Lichtlenkung – erhöhte Sonnenschutzwirkung – Vermeidung von Sekundärreflektionen in den Raum	

Tabelle 4: Solarthermie / Photovoltaik.

2.5 Bewertung der Lösungen einzeln und im Kontext mit anderen Optionen unter Zuhilfenahme recherchierter Lösungen und Pilotprojekte

Bewertung der Pilotprojekte

Die Modellprojekte lassen sich nach verschiedenen Ansätzen der erneuerbaren Energieerzeugung einteilen. Der Einsatz von folgenden alternativen Energietechnologien:

- Sonnenstrahlung,
- Erdwärme,
- Windenergie und
- Biomasse

soll im Weiteren betrachtet werden.

Solarthermie

Gebäuden der Vorkriegszeit, d. h. insbesondere von Gebäuden aus der Gründerzeit und vor dem Ersten Weltkrieg eignen sich nur bedingt für den Einsatz von Solarenergie, da solartechnische Systeme nicht in die Fassaden integriert werden können. Darüber hinaus bestehen durch Auflagen des Denkmalschutzes oft zusätzliche Anforderungen.

Auch die schlichten Wohnsiedlungen der 50er Jahre sollen ihren Charakter bewahren. Die Fassaden sind nicht für die Installation von Solartechnik geeignet. Wird Solartechnik auf den Dächern vorgesehen, sollten die Dächer als komplette Solardächer ausgebildet werden.

Die Gebäudebestände der 60er und 70er Jahre haben aus städtebaulicher Sicht die geringsten Einschränkungen für den Einsatz von Solaranlagen. Dies gilt auch für die Plattenbauten in Ostdeutschland. Sowohl auf den Flachdächern, als auch an den Fassaden lässt sich an diesen Gebäuden Solartechnik installieren.

Geothermie

Da die zur Verfügung stehenden Freiflächen in innerstädtischen Bereichen für die Teufung der für eine vollständige Versorgung der Gebäude mittels oberflächennaher Geothermie erforderlichen Erdwärmesonden meist nicht ausreichen, sollte diese als Grundlastheizung in einem bivalenten Heizungssystem eingesetzt werden. Als bivalente Heizungssysteme stehen Wärmepumpen in Verbindung mit Brennwert-Kessel oder für den Einfamilienhausbereich Hybrid-Wärmepumpenanlagen zur Verfügung. Der Einsatz von Brennwert-Gas-Absorptionswärmepumpen ist ebenfalls denkbar. Die modulierende, gasbetriebene Brennwert- Absorptionswärmepumpe für Heizung und Trinkwasser-Erwärmung ist ab einer thermischen Leistung von 40 kW auf dem Markt erhältlich und deshalb ideal für die zentrale Wärmeerzeugung mittlerer und großer Gebäude oder auch Mehrfamilienhäuser. Bei geringerem Wärmebedarf der Gebäude (Einfamilienhäuser, sowie Doppel- und Reihenhäuser) ist der Aufbau eines Nahwärmenetzes mit einer Brennwert- Absorptionswärmepumpe als Wärmeerzeuger denkbar.

Windenergie

Bisher wurden Windräder hauptsächlich für Freiflächen außerhalb von Städten konzipiert. In Städten gibt es jedoch keine oder allenfalls nur wenige geeignete Standorte für die üblichen

Großanlagen. Seit einigen Jahren wird die Idee verfolgt, in Städten kleine Windräder auf den Gebäuden zu installieren.

Ein aktuelles Beispiel für urbane Windturbinen findet sich auf der Hauptverwaltung des Familienunternehmens Werner & Mertz in Mainz. Auf dem Dach des Neubaus wurden 16 Windkraftanlagen installiert, die aufgrund der günstigen Windsituation in Rheinnähe pro Jahr voraussichtlich rund 132 Megawattstunden Strom erzeugen werden. Zusammen mit der 350 Quadratmeter großen Fotovoltaikanlage auf dem Dach kann somit mehr Strom erzeugt werden als im Jahr verbraucht wird. Beheizt wird das Gebäude über geothermische Grundwassernutzung. Insgesamt soll das Gebäude so CO_2 neutral betrieben werden (Werner & Merz 2010).

Abbildung 31: Urbane Windturbinen.
Quelle: Werner & Merz (2010.)

Diese Form der Energiegewinnung ist vorrangig für Platten- und Industriebauten geeignet.

Biomasse

Die Nutzung von Biomasse in Heizkraftwerken ist in vielen Städten auf Grund der Verfügbarkeit begrenzt. Die thermische Verwertung von Abfällen in Heizkraftwerken ist verbreitet. Potenziale bestehen teilweise noch in der Steigerung der Effizienz. Die Verteilung der Wärme erfolgt über Fern- bzw. Nahwärmenetze. Sie ist dadurch in allen Stadtraumtypen einsetzbar, die über ein solches Netz angeschlossen werden können.

Einsatz erneuerbarer Energie bezogen auf Stadtraumtypen

Stadtraumtypen	**Bisher bevorzugte Energieversorgung**	**Einsatz erneuerbarer Energie**
Altstadt Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit (oftmals Denkmalschutz)	Gas- bzw. Ölkessel, Einzelfeuerungen (Kohle, Gas, Elektro)	Einsatz einer kontrollierten Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung, Fernwärmeversorgung, KWK-Nahwärme,

Wiederaufbau-Ensembles der 50er Jahre Sozialer Wohnungsbau der 50er Jahre	Gas- bzw. Ölkessel	Dämmsystem aus Resol-Hartschaum, Vakuumdämmung, Fenster 3-fach wärmeschutzverglast , Solarunterstützte Nahwärme, Hybrid-Wärmepumen-Systeme (Solar, Geothermie, Mini-KWK)
Werks- und Genossenschaftssiedlungen der 70er Jahre, Plattenbausiedlungen Hochhäuser, Geschosswohnungsbau	Fernwärmeversorgung	Einsatz von neuen Wärmedämmmaterialien auf Basis von Aerogel, VIP-Paneele, PCM-Deckenplatten Dezentrale KWK mit Wärmespeicherung, Solarunterstützte Nahwärme mit Wärmespeicherung, Solarunterstützte Fernwärme
Gewerbe / Industrie Zweckbauten, öffentliche Einrichtungen	Fernwärme bzw. Gaskesselanlagen	Anschluss an das städtische Fernwärmenetz Dezentrale KWK, PV Anlage, thermische Solaranlage in Verbindung mit Wärmepumpe, Solarunterstützte Nahwärme, Solarunterstützte Fernwärme, Abwärmenutzung,
Einfamilienhäuser Dörfliche und kleinteilige Strukturen	Gas- bzw. Ölkessel	Errichtung von Passiv- und Energiesparhäusern (Neubau), Hybrid-Wärmepumen-Systeme (Solar,Geothermie, Mini-KWK)

Tabelle 5: Einsatz erneuerbarer Energie bezogen auf Stadtraumtypen.

3 KLASSIFIZIERUNG, IDENTIFIZIERUNG UND BEWERTUNG VON TYPISCHEN STADTRÄUMEN IM FREISTAAT THÜRINGEN

3.1 Methodische Grundlagen zur Stadtraumtypisierung

Die Einteilung in Stadtraumtypen beruht auf Forschungsergebnissen der Studie „Leitbilder und Potenziale eines solaren Städtebaus“ aus dem Jahr 2005, die von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wurde. Zum Forschungsteam dieses Projektes unter der Leitung von Dr. Dagmar Everding (Ecofys GmbH, Nürnberg) gehörten die RTWH Aachen mit dem Lehrstuhl für Städtebau und Landesplanung sowie die Fachhochschule Köln mit dem Institut für Landmaschinentechnik und regenerative Energien (Everding et al. 2004). Darüber hinaus wurde ein Expertenkreis aus Architekten, Stadtplanern und Ingenieuren beteiligt. Die entwickelte Methodik wurde durch das Forschungsteam der FH Nordhausen im Rahmen des Forschungsprojektes „Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien“ (BBR/BBSR & BMVBS 2009b) angepasst und weiterentwickelt.

Die Abgrenzung der Stadträume ist von ihrem Entstehungszeitraum und den zu diesem Zeitpunkt umgesetzten städtebaulichen Leitbildern abgeleitet. So gelten:

- für Gründerzeitquartiere stadtbau-künstlerische Prinzipien (nach Camillo, Sitte und Lenné),
- für Wohnsiedlungen der 1920er und 1930er Jahre das Prinzip der Stadterweiterung nach dem Wohlfahrtsprinzip,
- für Wohnsiedlungen und Stadtquartiere der 1950er Jahre verschiedene Leitbilder des organischen Städtebaus, der gegliederten und aufgelockerten Stadt und der Stadtkonsolidierung im Zuge des Wiederaufbaus,
- für die Siedlungen der 1960er und 1970er Jahre das Prinzip der Urbanität durch Dichte,
- für den Städtebau der 1980er Jahre das Prinzip des behutsamen Stadtumbaus durch Stadterneuerung und
- für die städtebaulichen Maßnahmen seit den 1990er Jahren das Prinzip der Nachhaltigkeit (Everding et al. 2004).

Hinzu kommen Zweck-, Gewerbe- und Industriebauten.

Der Baubestand eines urbanen Raums folgt diesen städtebaulichen Leitbildern. Sie bestimmen urbane Charakteristika wie Gebietsgrundriss, Bebauungsstruktur, Dichte, Freiflächenbestand, Kompaktheit, Systematik der äußeren und inneren Erschließung etc. Auf ihrer Grundlage lassen sich Stadtraumtypen definieren (Ecofys et al. 2004; Everding et al. 2004; Everding 2007), auf die in den folgenden Abschnitten näher eingegangen wird.

3.2 Klassifizierung von Stadtraumtypen für Thüringen

3.2.1 Analyse und Bewertung der Stadtraumtypisierung nach Everding

Die Stadtraumtypisierung nach *Everding* bildete auch die Grundlage für die Einteilung von Siedlungsflächen in energetische Stadtraumtypen, wie sie im Zusammenhang mit dem Forschungsvorhaben „Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien“ (BBR/BBSR & BMVBS (2009) im Auftrag des BMVBS/BBR (ExWoSt) durch die FH Nordhausen vorgenommen wurde. Zudem wurden Landschaftsraumtypen definiert, die ebenfalls energetische Homogenbereiche bilden, d.h. die einen typischen Energiebedarf, aber auch ein spezifisches Potenzial zur Energieerzeugung aufweisen.

Nach Everding erfolgt die Unterscheidung der Stadtraumtypen entsprechend (Everding 2005)

- des Siedlungsgrundrisses,
- der Parzellenstruktur,
- der Bauweise,
- der Nutzungsstruktur sowie
- der Freiraumstruktur und der Erschließungssystematik.

Eine Unterscheidung anhand dieser Merkmale folgt damit im Wesentlichen der historischen Siedlungsentwicklung, geprägt u.a. durch die jeweiligen geomorphologischen, sozioökonomischen, politischen und baukulturellen Rahmenbedingungen. Zum einen bedingt die für Deutschland in diesem Zusammenhang beschriebene überwiegend standardisierte Ausformung von Stadträumen *erste Züge „globalen Charakters“,* zum anderen birgt sie auch Aspekte für eine regionale Typisierung, die es im Weiteren herauszuarbeiten gilt.

Für die Städte in Deutschland können demnach generell 20 Stadtraumtypen (vgl. *Solarer Rahmenplan Berlin*, Everding / Lindner, 2007) unterschieden werden:

Stadtraumtyp 1

- *Altstadtquartiere (vorindustrielle Stadtkerne, auch bei späterer Überlagerung)*

So genannte Altstadtquartiere in unterschiedlichster Ausformung finden sich auch in sehr vielen Thüringer Städten, darunter der besonderen Siedlungsstruktur entsprechend jedoch in sehr vielen Kleinstädten mit ausgeprägter landwirtschaftlicher Prägung (Ackerbürgerstädte) bzw. in Städten die aus Dörfern hervorgegangen sind und erst im Verlauf des 19. Und 20. Jahrhunderts Stadtrecht erhalten haben.

Stadtraumtyp 2

- *Innerstädtische Baublöcke, oft City-Randlage (Quartiere der Gründer- und Vorkriegszeit mit Mischnutzung)*

So genannte Gründerzeitquartiere sind auch in vielen Thüringer Städten anzutreffende „Stadtbausteine“, jedoch i.d.R. nicht in der Form, die üblicherweise mit dieser Typologie assoziiert wird, d.h.: der ländlich geprägten Siedlungsstruktur entsprechend, überwiegend weniger dicht und hoch bebaut als dies in Großstädten und großen Mittelstädten bzw. in frühindustriellen Ballungsräumen der Fall ist.

Stadtraumtyp 3

- *Gewerbe- und Industriekomplexe der Gründer und Vorkriegszeit mit überwiegend gewerblicher Nutzung*

Diese Gebiete sind in Ostdeutschland häufig in besonderem Maße von Leerstand und oft auch Verfall betroffen, da sie bis 1989 i.d.R. ohne grundlegende Modernisierungs- bzw. Instandsetzungsmaßnahmen intensiv gewerblich genutzt, letztlich „verschlissen“ und danach u.a. in Folge des Sanierungsstaus als Gewerbestandort aufgegeben wurden, anderenfalls sind sie in Folge des Strukturwandels nach 1990 stark überformt bzw. für andere Nutzungen grundlegend umgestaltet worden.

Stadtraumtyp 4

- *Zweckbau-Komplexe und öffentliche Einrichtungen der Vorkriegszeit*

Dieser Stadtraumtyp stellt für Thüringen eher eine Ausnahme dar, wobei insbesondere die zahlreichen Residenzstädte des einstmals auch staatlich-administrativ sehr kleinteilig strukturierten Landstriches mit historisch wertvollen Komplexen dieser Typologie aufwarten kön-

nen, gleiches gilt für die in Thüringen ebenfalls einzigartig häufig anzutreffenden Kur- und Badeorte mit den entsprechenden Kurmittelhäusern, Badeanlagen, Gradierwerke etc.

Stadtraumtyp 5

- *Werks- und Genossenschaftssiedlungen (einheitlich geplante Wohnquartiere der Gründer- und Vorkriegszeit)*

Mangels industrieller Prägung stellen Werks und Genossenschaftssiedlungen in Thüringens Städten ebenfalls eher eine Ausnahme dar, was sich wiederum auch in der kleinstädtischen Siedlungsstruktur wiederspiegelt, planmäßig angelegte Siedlungen finden sich fast ausnahmslos in den Mittelstädten bzw. in den beiden Großstädten des heutigen Freistaates.

Stadtraumtyp 6

- *Einfamilienhausgebiete, Villen- und Beamtenviertel (lockere Wohnbebauung der Gründer- und Vorkriegszeit)*

Diese Typologie ist in unterschiedlicher Ausprägung auch in vielen Thüringer Städten zu finden, eine regionale Spezifizierung erscheint nicht erforderlich.

Stadtraumtyp 7

- *Wiederaufbau-Ensembles der 1950er und 1960er Jahre (auf altem Stadtgrundriss und in geschlossener Bauweise)*

Ensembles aus der Zeit des nationalen Aufbauwerks stellen insbesondere hinsichtlich der Bezugnahme auf historische Stadtgrundrisse und der benannten Bauweise für Thüringen eine Ausnahme dar, üblicherweise folgen die wenigen gebauten Zeugnisse dieser Zeit in Thüringen nicht tatsächlich den alten Parzellenstrukturen und brechen i.d.R. auch mit dem Konzept der geschlossenen Bauweise.

Stadtraumtyp 8

- *Siedlungen des Sozialen Wohnungsbaus der 1950er Jahre (Zeilenbauten)*

Anders als die zuvor genannten Ensembles der 1950er und 1960er Jahre ist diese Typologie für Thüringen in mehreren Städten in dieser Form nachweisbar, allerdings nicht nach den, in der BRD geltenden verbindlichen Maßgaben des sozialen Wohnungsbaus, sondern in Form staatlicher Wohnungsbauprogramme der DDR.

Stadtraumtyp 9

- *Siedlungen des Sozialen Wohnungsbaus der 1960er Jahre*

Vorgenanntes gilt auch für diesen Stadtraumtyp, wobei eine Zusammenfassung beider Stadtraumtypen angesichts der weitgehenden Übereinstimmung der strukturprägenden Merkmale jeweils lokal spezifisch zu überprüfen ist, da Abweichungen sich i.d.R. auf die Geschossigkeit beschränken und ggf, vernachlässigt werden können.

Stadtraumtyp 10 / Stadtraumtyp 15

- *Geschosswohnungsbau der 1970er Jahre*
- *Geschosswohnungsbau seit den 1980er Jahren*

In Ostdeutschland ist dieser Stadtraumtyp für den Beginn des im Weiteren nahezu ausschließlich industriell geprägten komplexen Wohnungsbaus der DDR und damit von einer Abkehr der Leitbilder von Wohnsiedlungen der 1950er und frühen 1960er Jahre, insbesondere hinsichtlich der Geschossigkeit, der Raumbildung sowie der Dachformen.

Abweichend von der hier kommentierten Stadtraumtypologie nach Everding ist für das Gebiet der ehemaligen DDR, respektive Thüringen, eine Unterteilung von Stadtgebieten dieser Typologie in Bereiche mit überwiegend 5- bzw. 6-geschossigen Wohnblöcken und Teilbereichen mit darüber liegenden Geschosszahlen (8 /11) bezüglich der deutlich unterschiedlichen Energiebedarfe notwendig. Eine Unterscheidung zwischen den 1970er und 1980er Jahren erscheint, zumindest für die Zeit bis 1990, erlässlich, da sich trotz abweichender städtebaulicher Raumbildung (z.B.: Zeilen vs. Höfe) keine Unterschiede hinsichtlich der städtebaulichen Parameter sowie des Energiebedarfs ergeben.

Eigenständige Stadtteile bzw. Siedlungen mit nach 1990 errichtetem Geschosswohnungsbau stellen in Thüringen wiederum die Ausnahme dar. In den überwiegenden Fällen handelt es sich um punktuelle Investitionsvorhaben und nicht um die Errichtung ganzer Neubausiedlungen, wie beispielsweise im Leipziger geschehen.

Stadtraumtyp 11

- *Geschosswohnungsbau in den neuen Bundesländern*

Der Geschosswohnungsbau in der ehemaligen DDR lässt sich ebenso wenig einen Stadtraumtyp zusammenfassen wie der Geschosswohnungsbau im übrigen Deutschland, hier gilt es insbesondere die Siedlungen der 50er und frühen 60er Jahre von den nachfolgend bis

1989 errichteten Siedlungen zu unterscheiden, wobei wiederum in den 80er Jahren im Zuge technologischen Fortschritts bei der industriellen Bauweise andere räumliche Strukturen als die bis dato vorherrschenden Blockzeilen realisiert wurden (vgl. auch Kommentar zum Stadtraumtyp 10).

Stadtraumtyp 12 / Stadtraumtyp 16

- *Einfamilienhausgebiete (Siedlungen der 1950er, 1960er und 1970er Jahre)*
- *Einfamilienhausgebiete seit den 80er Jahren*

Einfamilienhausgebiete der 1960er, 1970er und 1980er Jahre können deutschlandweit, trotz der in diesem Zeitraum unterschiedlichen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen als überwiegend einheitlicher Stadtraumtyp betrachtet werden, wobei auf dem Gebiet der DDR in dieser Zeit deutlich weniger Eigenheime als in der BRD errichtet wurden. Eine Differenzierung zwischen Siedlungen der 60er / 70er Jahre und Einfamilienhausgebieten seit den 1980 Jahren ist für die Neuen Bundesländer dahingehend zu modifizieren, als das ein baustruktureller Wandel sich erst mit der deutschen Wiedervereinigung 1990 vollzieht. Allerdings nicht in einer derart gravierenden Weise, dass eine eigene Stadtraumtypologie entsteht, sodass eine Zusammenführung der Stadtraumtypen 12 und 16 für die Thüringer Perspektive sinnvoll erscheint.

Anders die Entwicklung in den 1950er Jahren, Einfamilienhäuser aus dieser Zeit stellen im Osten Deutschlands seltene Ausnahmen dar. In dieser Zeit des nationalen Aufbauwerks wurden Einfamilienhäuser im ländlichen Raum überwiegend in Form sog. Neubauernhäuser als quasi Einfirsthöfe (Wohnen und Landwirtschaft unter einem Dachfirst) nach teilweise normierten Entwürfen am Rand von Dörfern und Städten errichtet.

Stadtraumtyp 13 / Stadtraumtyp 18 / Stadtraumtyp 19 / Stadtraumtyp 20

- *Zweckbau-Komplexe und öffentliche Einrichtungen der 50er, 60er und 70er Jahre*
- *Zweckbau-Komplexe und öffentliche Einrichtungen seit den 80er Jahren*
- *Einkaufszentren seit den 1980er Jahren*
- *Freizeitanlagen seit den 80er Jahren*

Abweichend von der Stadtraumtypologie nach Everding erscheint ein starke Differenzierung von Stadträumen mit sog. Zweckbau-Komplexen und öffentlichen Einrichtungen, sowie Einkaufszentren und Freizeitanlagen für Thüringen angesichts der vergleichsweise geringen

Flächenanteile an der Siedlungsflächen insgesamt sowie der Heterogenität der Bau- und Raumstrukturen nicht zwingend erforderlich.

Zu prüfen ist, inwieweit historische Zweckbauten und öffentliche Einrichtungen in historischen Gebäuden mit Funktionsgebäuden aus der jüngeren Vergangenheit (ab 1950) in einer Stadtraumtypologie zusammengefasst werden können. Die betrifft in Thüringen u.a. zahlreiche Residenzen (Burgen, Schlösser) sowie Einrichtungen des Kur- und Bäderwesens aus einer Epoche der Stadtentwicklung die vom ausgehenden Mittelalter bis zum Beginn des 2. Weltkriegs reicht.

Stadtraumtyp 14 / Stadtraumtyp 17

- *Gewerbe- und Industriegebiete der 1950er,19 60er und 1970er Jahre*
- *Gewerbe- und Industriegebiete seit den 1980er Jahren*

Infolge der flächendeckenden Umstrukturierung und überwiegenden Deindustrialisierung der Neuen Ländern nach 1990 stellen intakte Gewerbegebiete aus vorangegangen Jahren seltene Ausnahmen dar, die eine Differenzierung wie dies für das Gebiet der alten Bundesrepublik offensichtlich angeraten war, nicht erfordern.

3.2.2 Identifizierung und Definition von regionaltypischen Stadträumen im Freistaat Thüringen

Zur Identifizierung und Definition von regionaltypischen Stadträumen ist es zunächst unerlässlich, sich die Besonderheit der Stadtlandschaft Thüringens zu vergegenwärtigen. Thüringen ist ein Kleinstadtland. Die meisten Thüringer Gemeinden mit Stadtrecht sind nach der Zahl ihrer Einwohner Klein- bzw. Landstädte. Lediglich 20 von insgesamt 128 Städten (Stand: 2008) haben mehr als 20.000 Einwohner und fallen somit nach statistischer Definition aus dem Jahr 1887 nicht in die Rubrik Kleinstadt. Die überwiegende Zahl der Thüringer Städte hat sogar weniger als 5.000 Einwohner. Mit Neumark, Ummerstadt, Ziegenrück und Dornburg/Saale befinden sich allein in Thüringen vier der zehn kleinsten Städte Deutschlands. Unter den größeren Städten befinden sich lediglich zwei Großstädte mit mehr als 100.000 Einwohnern. Alle anderen Städte sind Mittelstädte. Typisch für Thüringen sind in weiteren die vielen, sehr kleinen Siedlungen bzw. Einzelgehöfte, Mühlen und Vorwerke. Die durchschnittliche Gemeindegröße Thüringens beträgt gegenwärtig (Stand 2011) 2.430 Einwohner bei insgesamt 942 Gemeinden (vgl. Deutschland 7.252 Einwohner).

Die Wurzeln für die besondere Qualität der Stadtlandschaft liegen im Wesentlichen in der Geschichte des einstigen „Musterlandes deutscher Teilungsgeschichte“ (Tümmler 1990). Die sehr differenzierte historische Siedlungsentwicklung spiegelt dabei auch die naturräumlichen Gegebenheiten des Landes wider. Der Thüringer Wald bildet dabei die bedeutendste Landschaftszäsur. Südlich davon sind bis heute die starken fränkischen Einflüsse unübersehbar, nördlich des Rennsteiges dominierten eher slawische, später sächsische Elemente (Gans & Bricks 1993).

Außer der über weite Landesteile bewegten Topografie sind es vor allem auch die geologischen Verhältnisse, die das Bild der Landschaft und der Siedlungen prägen. „*Neben dem Klima bestimmen in Thüringen mehr als in anderen Gebieten Mitteleuropas geologische Faktoren, und zwar Substrat, Struktur und Grundwasserverhältnisse, die natürliche geografische Ausstattung des Landes, so dass diese häufig auf engstem Raume rasch wechselt*.“ (Steinmüller 1974). Sie bedingen auch die Vielfalt an regional unterschiedlichen Siedlungsformen und Bauweisen.

Thüringens Städte weisen in Typus und individuellem Charakter recht verschiedene Merkmale auf. Im Vergleich zu anderen Siedlungslandschaften ergibt sich ein ungewöhnlich buntes Bild. Die Stadtgrundrisse sind sehr verschieden. Neben geplanten Stadtgründungen mit teilweise regelmäßigem Stadtgrundriss finden wir auch Städte mit sehr unregelmäßigen Grundrissen, die beispielsweise aus Haufen- oder Straßendörfern entstanden sind. Viele der zum Teil mittelalterlichen Bau- und Raumstrukturen sind noch weitgehend intakt und prägen in enger Verbindung mit dem Landschaftsraum maßgeblich das Bild der Kulturlandschaft. Dazu gehört auch, das u.a. auf Grund der „Teilungsgeschichte“ Thüringens, viele Kleinstädte von einer Burg oder einem Schloss „bekrönt“ werden. Allerdings sind diese Städte nicht gleich zu setzten mit den wichtigen Residenzstädten wie Gotha, Meiningen oder Rudolstadt, die ihre regionale Bedeutung teilweise bewahren konnten und heute, nach ihrer Einwohnerzahl und Zentralität, zur den Mittelstädten gehören.

Nach ihren historischen Funktionen können insbesondere die Kleinstädte generell drei Gruppen zugeordnet werden (Heidenreich 1993):

- Land - und Ackerbürgerstädte
- Gewerbe- und Industriestädte
- Kur- und Badeorte

Der überwiegende Teil der Kleinstädte in Thüringen ist durch die ehemals vorherrschende Land- und Forstwirtschaft geprägt. Abseits wichtiger Handelswege und ohne spätere Impulse durch gewerbliche und industrielle Produktion oder Verwaltungsfunktionen sind viele dieser Land- und Ackerbürgerstädte in ihrer ursprünglichen Struktur bis heute erhalten geblieben. Zu dieser Gruppe gehören vor allem die Kleinstädten mit weniger als 5.000 Einwohnern (Bsp.: Ummerstadt).

Im Unterschied zu den Land- und Ackerbürgerstädten erhielten andere Städte wichtige Anstöße zu ihrer Entwicklung vorrangig durch Gewerbe- und Industriefunktionen, häufig auch in Verbindung mit dem Anschluss an eine Bahnstrecke. Diese Impulse erfolgten in unterschiedlichen Zeiträumen und mit verschiedener Intensität. Zu den Gewerbe- und Industriestädten zählen auch die Orte, deren Entwicklung über einen langen Zeitraum durch besondere Rohstoffvorkommen und entsprechendes Gewerbe bestimmt wurde bzw. werden (Bsp.: Erzvorkommen bei Schmalkalden).

Im 19. und 20. Jahrhundert hat sich eine Reihe von Kur- und Badeorten herausgebildet, die bis heute den Ruf Thüringens als traditionelles Kur- und Bäderland begründen. Die meisten von ihnen sind wiederum Kleinstädte, wobei die Einwohnerzahlen sich in einer Spanne von wenig über 2.000 Einwohnern (Bad Colberg-Heldburg) bis knapp unter 20.000 (Bad Langensalza) bewegen.

Zu einer weiteren wichtige Gruppe von Städten, den Residenzstädten, gehört keine Kleinstadt. Auch die ehemals freien Reichsstädte Mühlhausen und Nordhausen sowie Erfurt und Jena als historische Universitätsstädte und Zentren der Verwaltung, Kultur, des Handels und in jüngerer Zeit der Industrie haben sich in unterschiedlichen Epochen zu Mittel- bzw. Großstädten entwickelt.

3.3 Stadtraumanalyse ausgewählter Städte und Gemeinden

3.3.1 Jena (Oberzentrum)

Die Universitätsstadt Jena hat ca. 105.000 Einwohner und eine Fläche von 114 Quadratkilometer. Die Bevölkerungsdichte beträgt 914 Einwohner je Quadratkilometer.

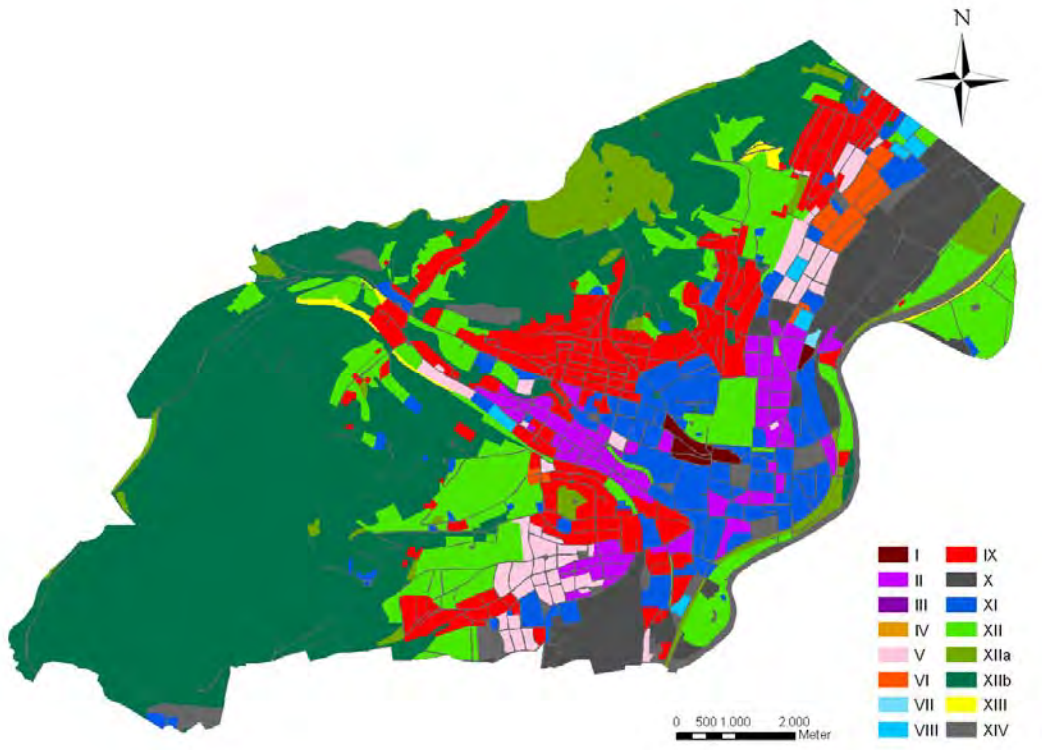


Abbildung 32: Einteilung des Stadtgebietes von Jena in Stadt- und Landschaftsraumtypen (nur Gemarkung Jena).

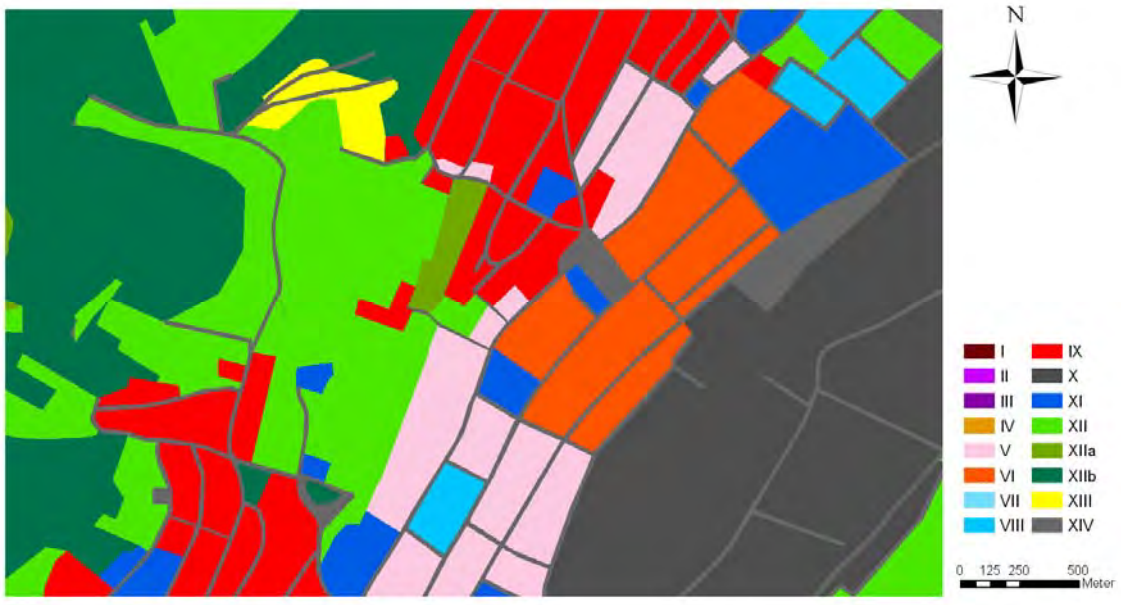


Abbildung 33: Einteilung des Stadtgebietes von Jena in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	5,2
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	46,9
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	0,0
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	0,0
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	35,4
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus	12,1
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	0,6
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	6,8
	IX	Einfamilienhausgebiete	137,6
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	84,6
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	93,1
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	170,1
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	59,6
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	564,5
	XIII	Ackerflächen	5,5
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	13,9

Tabelle 6: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Jena (nur Gemarkung Jena).

3.3.2 Mittelzentren

Nordhausen

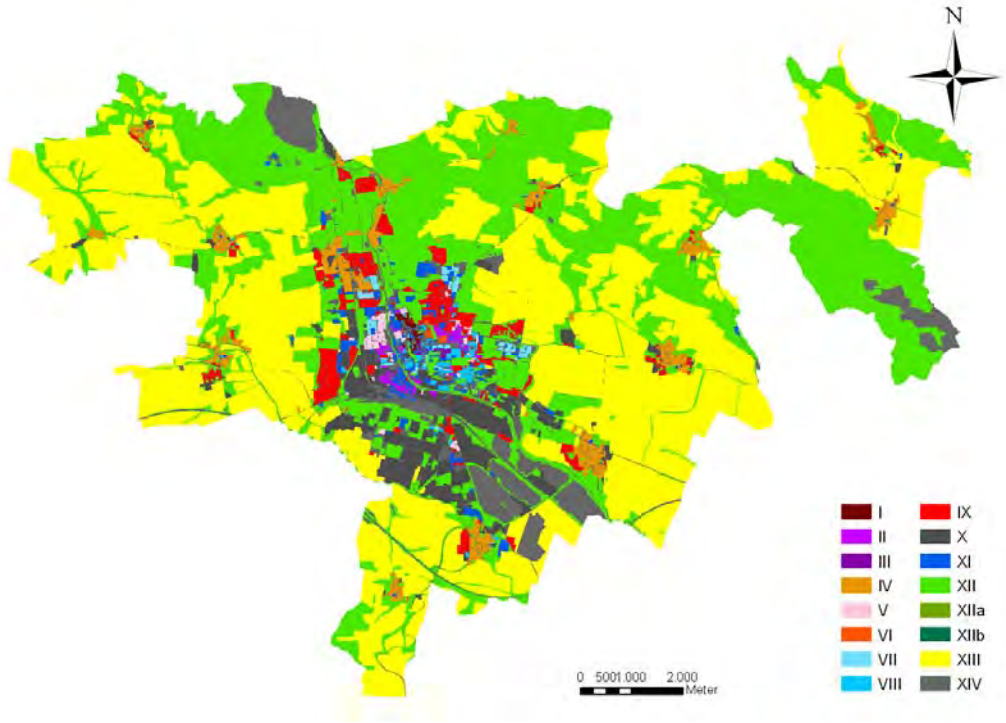


Abbildung 34: Einteilung des Stadtgebietes von Nordhausen in Stadt- und Landschaftsraumtypen.

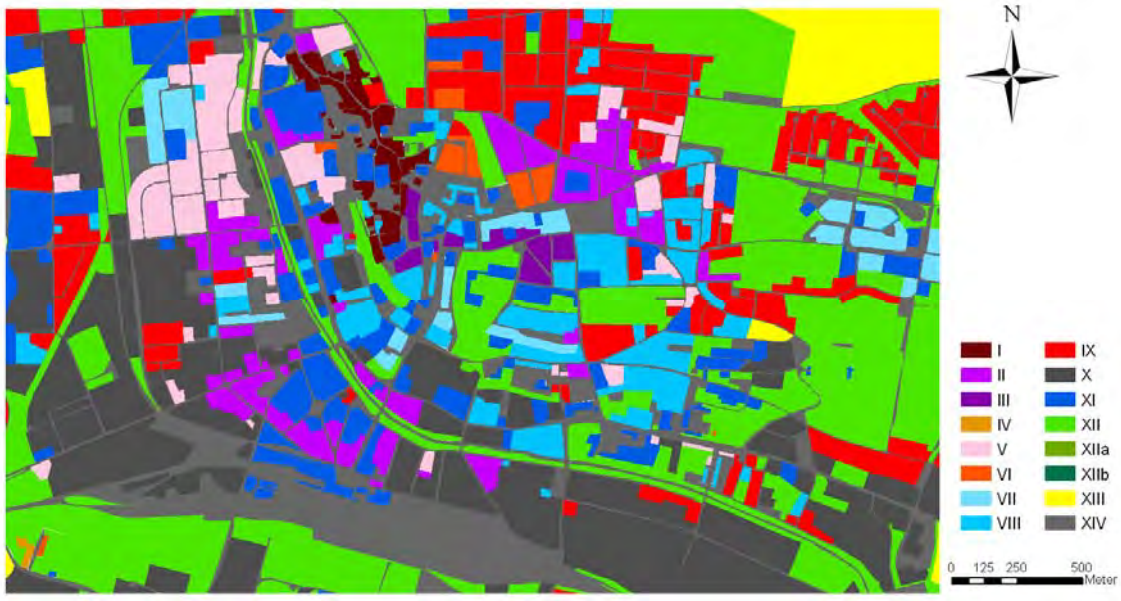


Abbildung 35: Einteilung des Stadtgebietes von Nordhausen in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	9,4
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	32,9
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	5,4
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	269,5
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	34,8
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus der 50er Jahre	5,7
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	37,1
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	81,4
	IX	Einfamilienhausgebiete	279,0
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	451,1
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	125,2
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	758,0
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	1328,7
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	1711,0
	XIII	Ackerflächen	4716,5
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	745,9

Tabelle 7: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Nordhausen.

Weimar

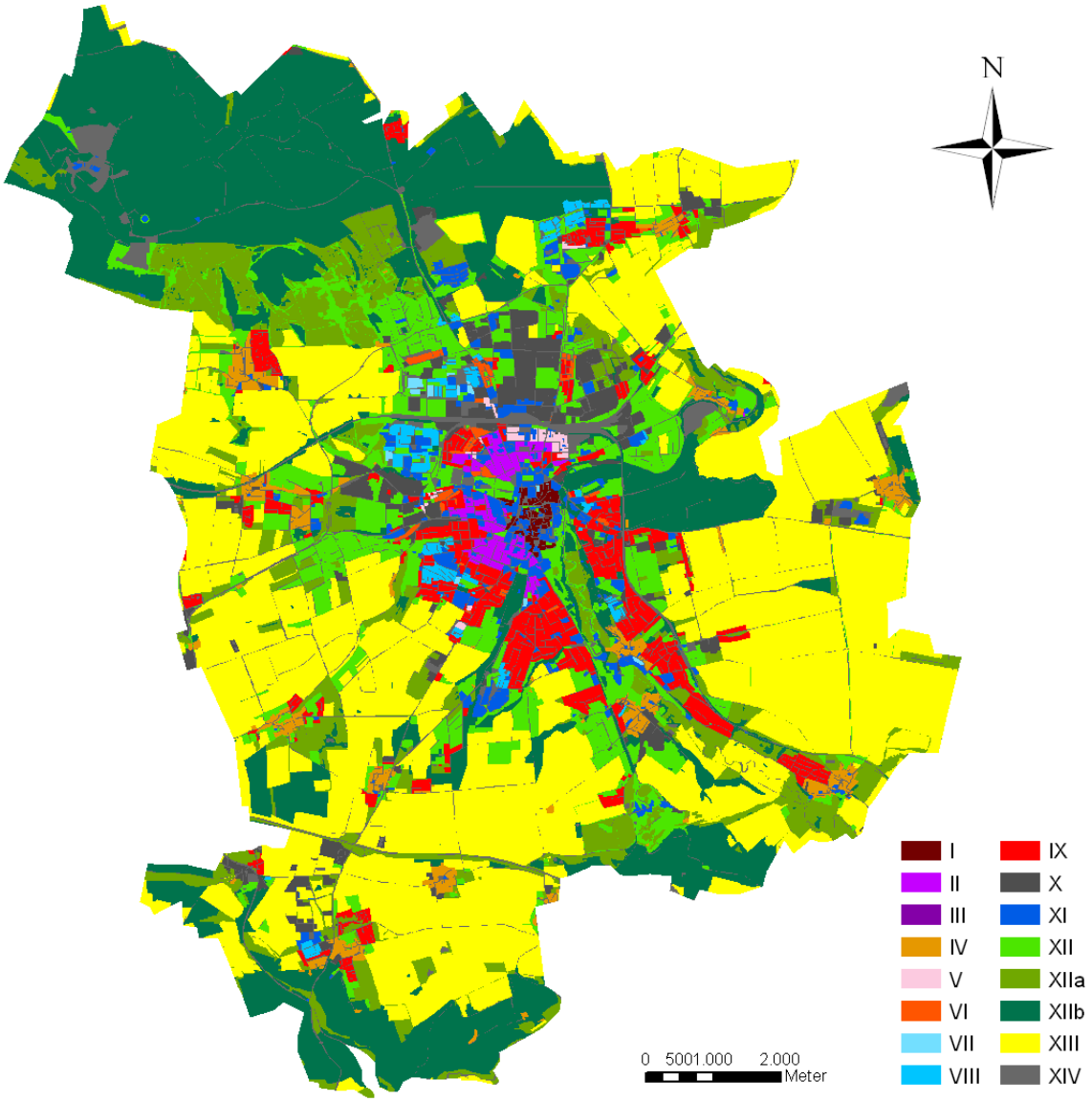


Abbildung 36: Einteilung des Stadtgebietes von Weimar in Stadt- und Landschaftsraumtypen.

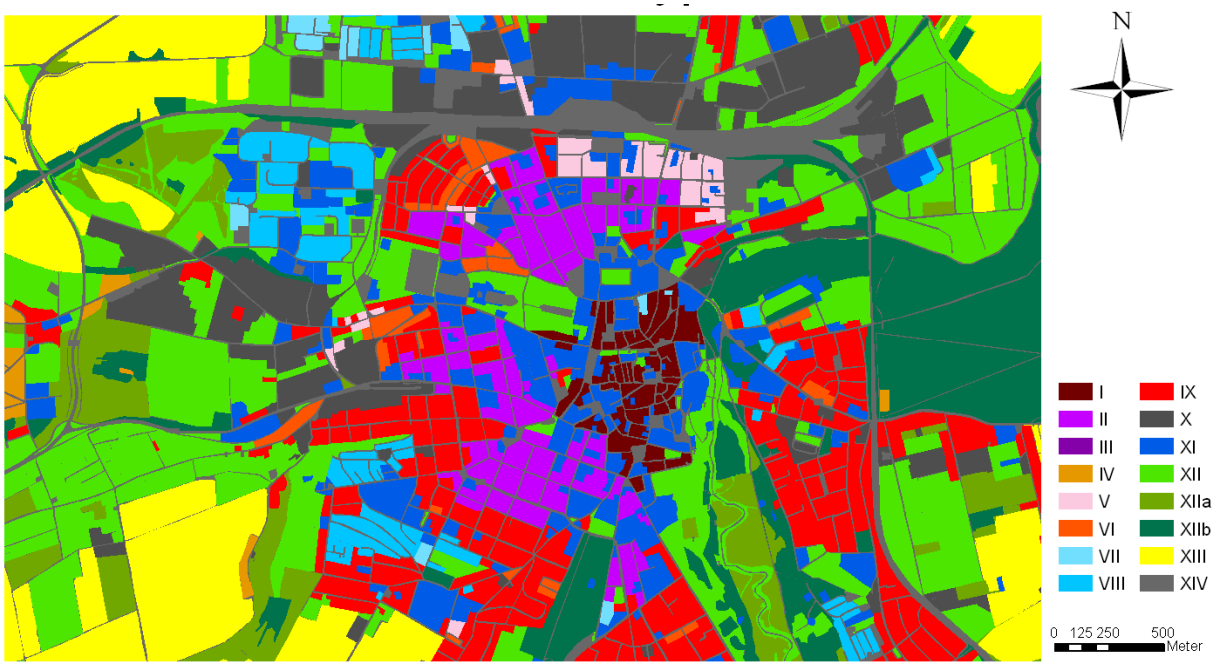


Abbildung 37: Einteilung des Stadtgebietes von Weimar in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	20,3
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	57,6
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	145,8
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	15,7
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus der 50er Jahre	25,7
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	8,7
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	67,0
	IX	Einfamilienhausgebiete	378,5
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	292,5
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	201,0
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	875,2
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	857,0
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	2288,6

	XIII	Ackerflächen	3110,7
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	672,2

Tabelle 8: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Weimar.

Schmalkalden

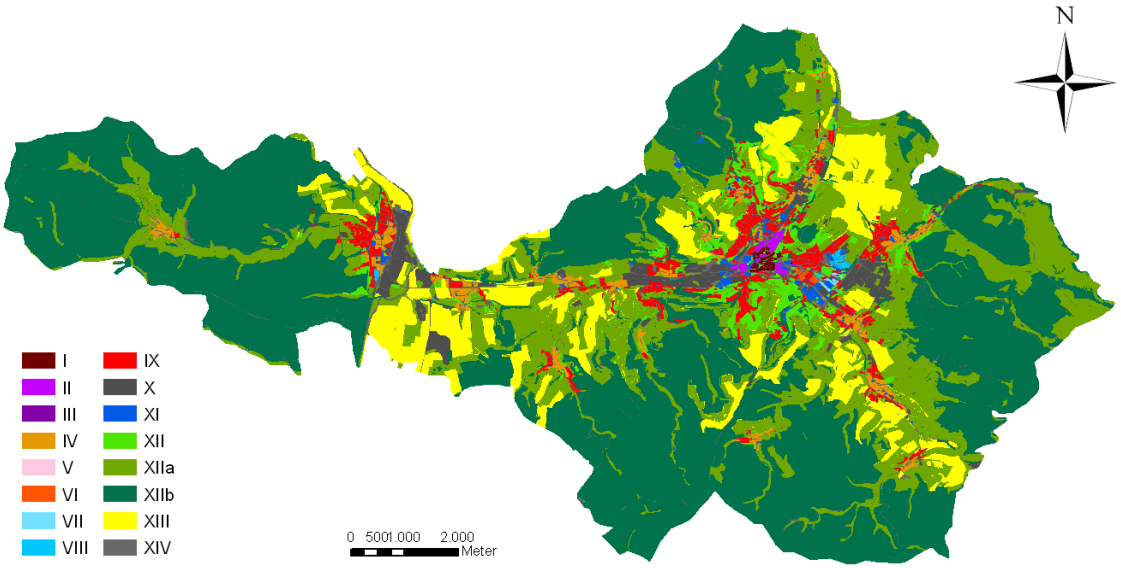


Abbildung 38: Einteilung des Stadtgebietes von Schmalkalden in Stadt- und Landschaftsraumtypen.

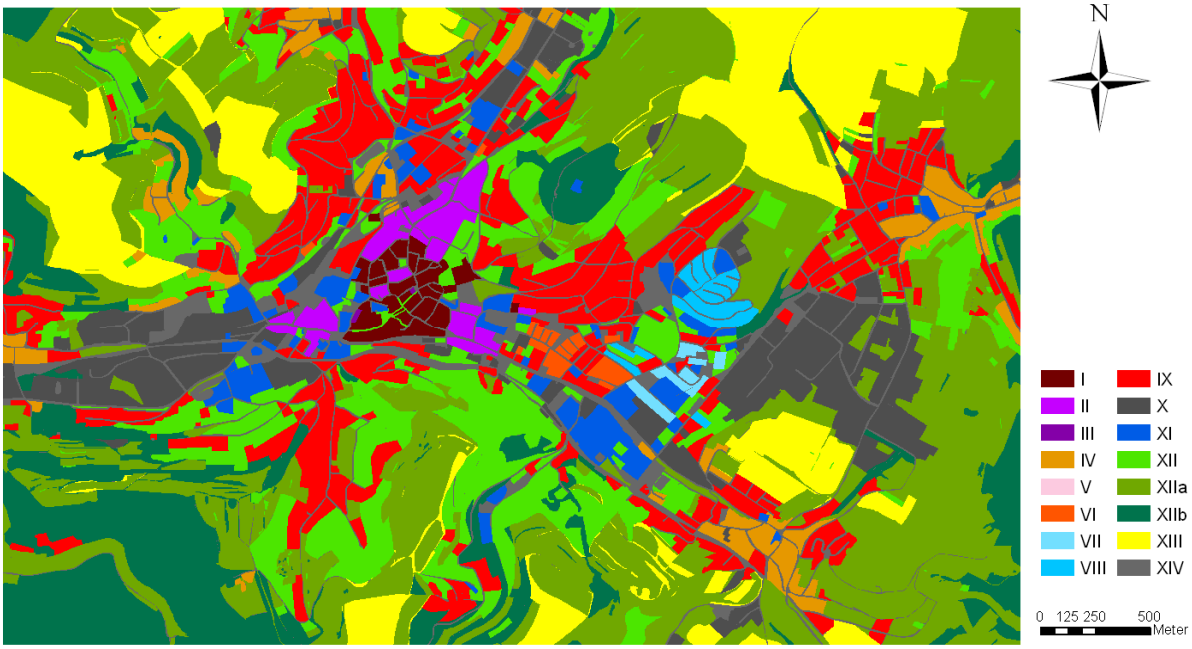


Abbildung 39: Einteilung des Stadtgebietes von Schmalkalden in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	13,1
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	16,8
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	0,2
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	150,8
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	-
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus der 50er Jahre	5,0
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	3,8
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	9,5
	IX	Einfamilienhausgebiete	286,0
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	221,4
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	47,2
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	287,2
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	2364,0
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	5268,8
	XIII	Ackerflächen	935,0
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	176,4

Tabelle 9: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Schmalkalden.

Stadtroda

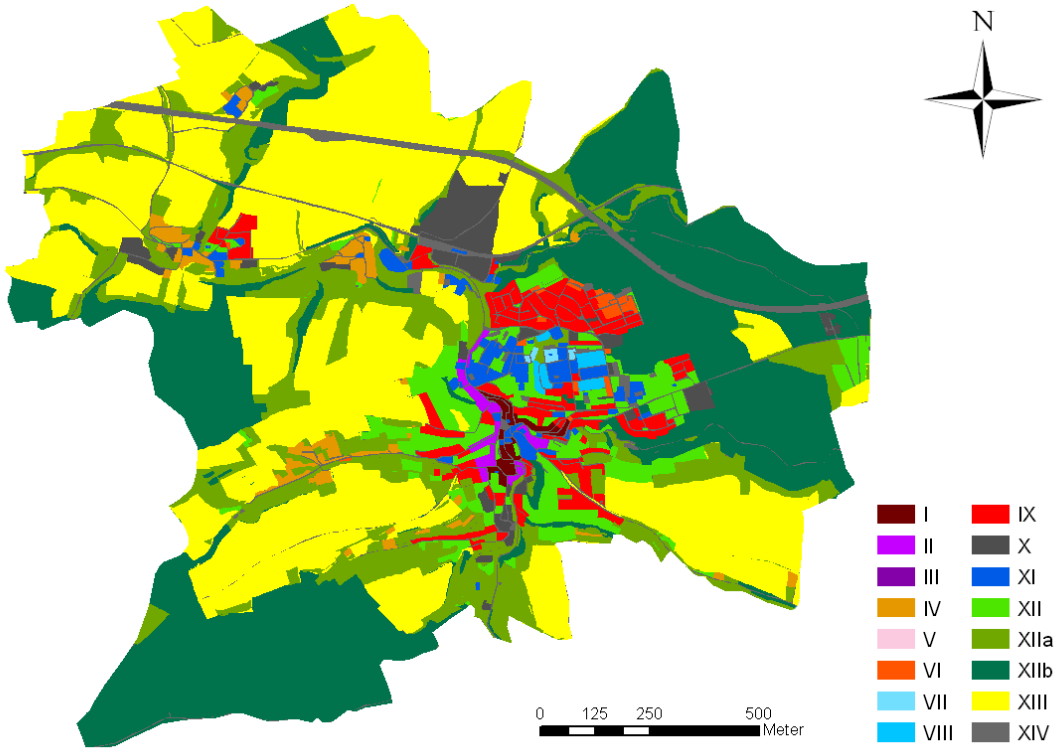


Abbildung 40: Einteilung des Stadtgebietes von Stadtroda in Stadt- und Landschaftsraumtypen.

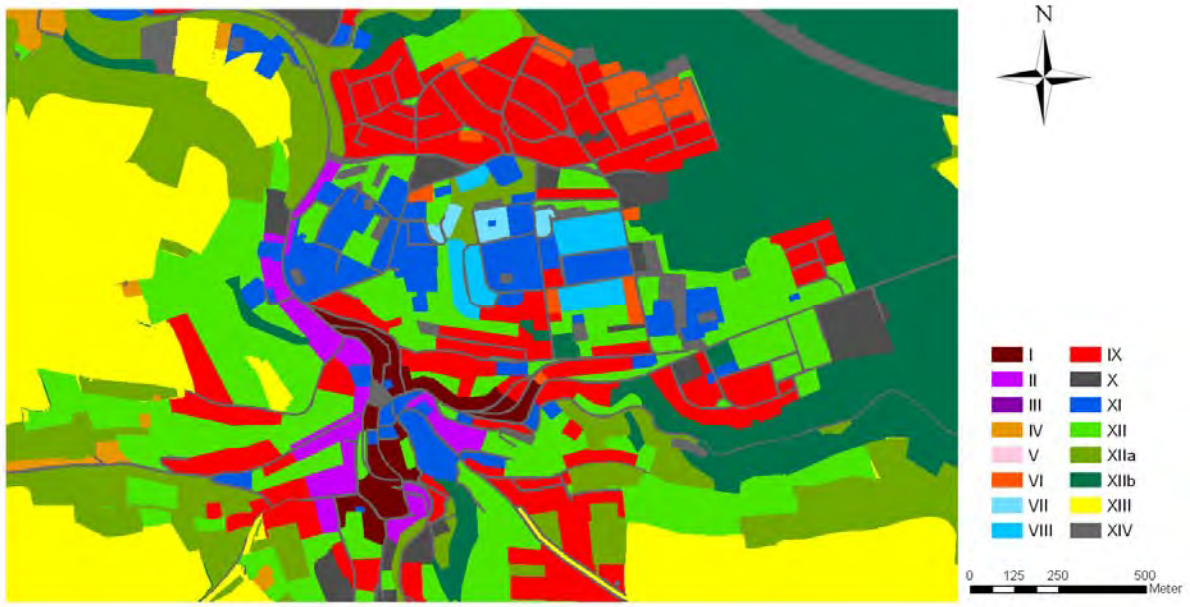


Abbildung 41: Einteilung des Stadtgebietes von Stadtroda in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	5,8
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	7,2
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	-
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	25,0
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	-
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus der 50er Jahre	4,9
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	1,3
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	4,8
	IX	Einfamilienhausgebiete	58,8
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	40,7
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	25,7
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	86,8
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	243,0
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	534,0
	XIII	Ackerflächen	584,0
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	58,2

Tabelle 10: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Stadtroda.

3.3.3 Grundzentren

Bleicherode

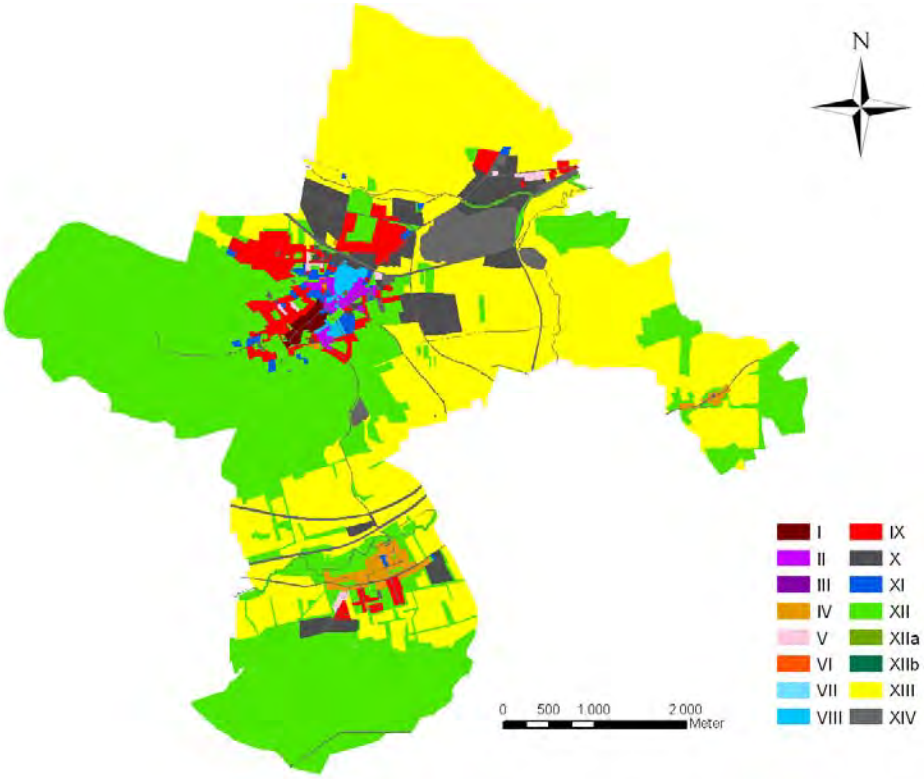


Abbildung 42: Einteilung des Stadtgebietes von Bleicherode in Stadt- und Landschaftsraumtyp

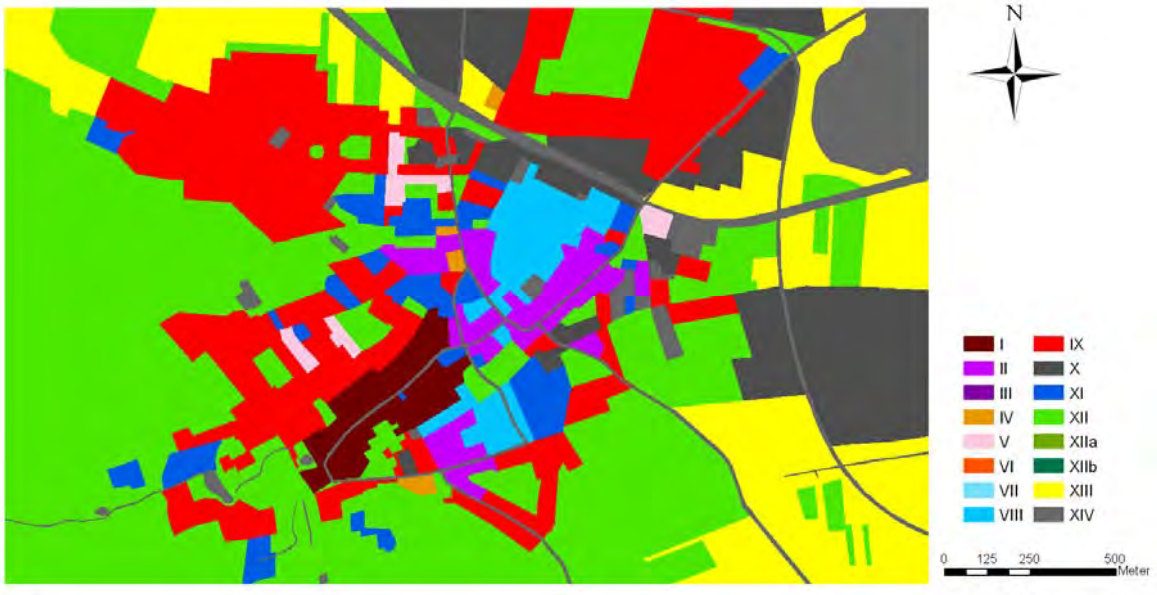


Abbildung 43: Einteilung des Stadtgebietes von Bleicherode in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	9,7
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	12,3
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	-
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	28,6
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	7,7
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus der 50er Jahre	-
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	-
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	11,9
	IX	Einfamilienhausgebiete	104,3
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	128,3
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	18,5
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	76,0
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	340,2
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	838,0
	XIII	Ackerflächen	1157,8
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	127,7

Tabelle 11: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Bleicherode.

Bad Liebenstein

Die Kur-, Bäder- und Tourismusstadt Bad Liebenstein hat ca. 4.000 Einwohner und eine Fläche von 17 Quadratkilometer. Die Bevölkerungsdichte beträgt 229 Einwohner je Quadratkilometer.

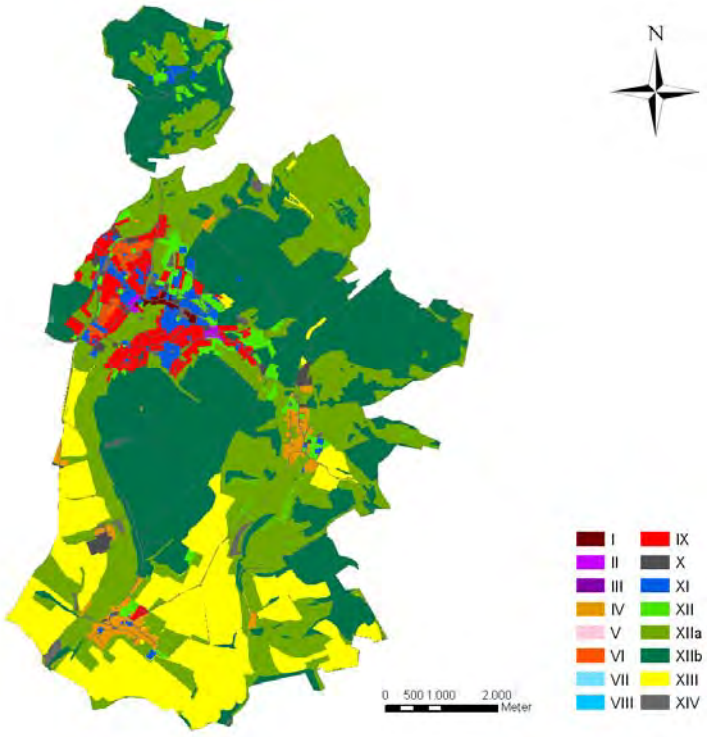


Abbildung 44: Einteilung des Stadtgebietes von Bad Liebenstein in Stadt- und Landschaftsraumtypen.

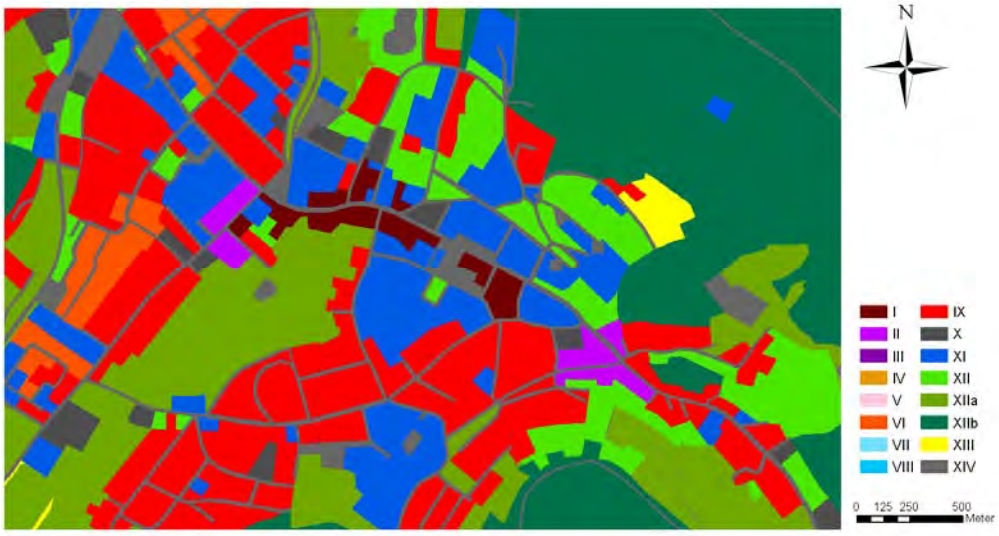


Abbildung 45: Einteilung des Stadtgebietes von Bad Liebenstein in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	3,1
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	2,3
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	0,0
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	29,5
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	0,0
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus	8,6
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	0,0
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	0,0
	IX	Einfamilienhausgebiete	54,9
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	12,1
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	29,7
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	46,4
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	530,1
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	660,2
	XIII	Ackerflächen	301,9
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	4,9

Tabelle 12: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Bad Liebenstein.

Großbreitenbach

Die Stadt Großbreitenbach hat ca. 2.700 Einwohner und eine Fläche von ca. 20 Quadratkilometer. Die Bevölkerungsdichte beträgt 138 Einwohner je Quadratkilometer.

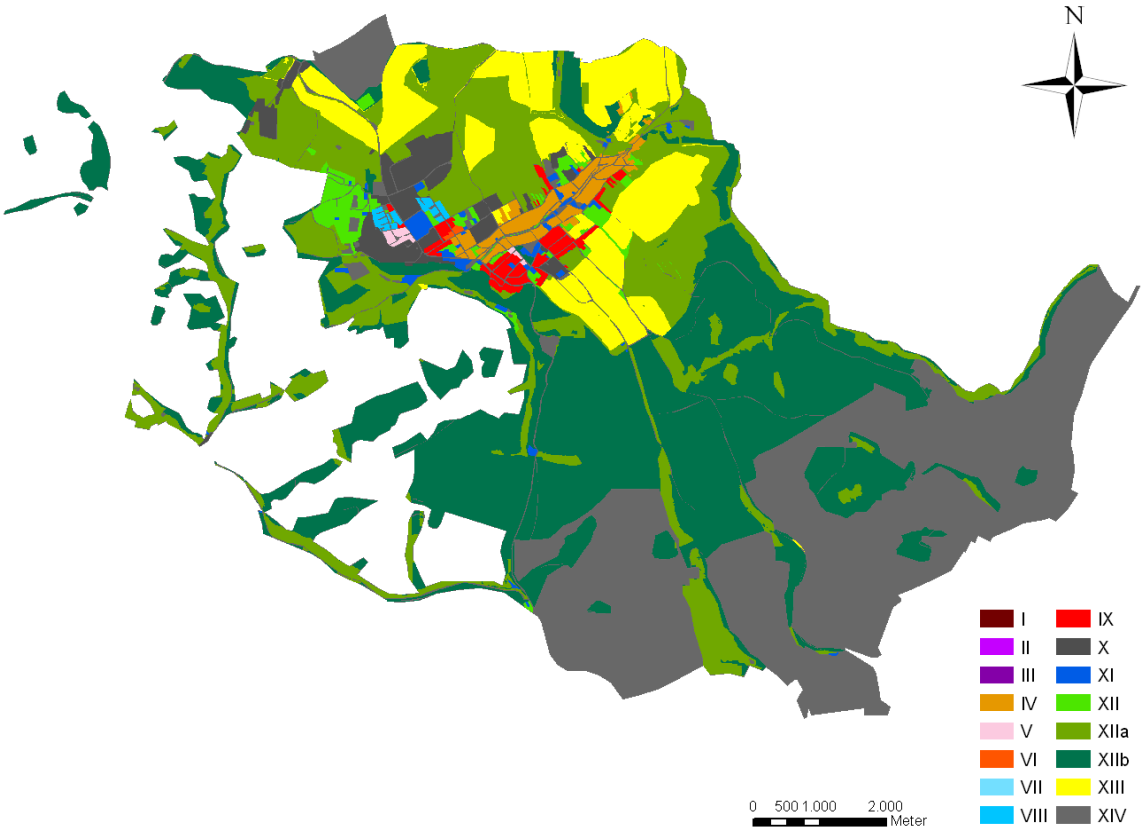


Abbildung 46: Einteilung des Stadtgebietes von Großbreitenbach in Stadt- und Landschaftsraumtypen.

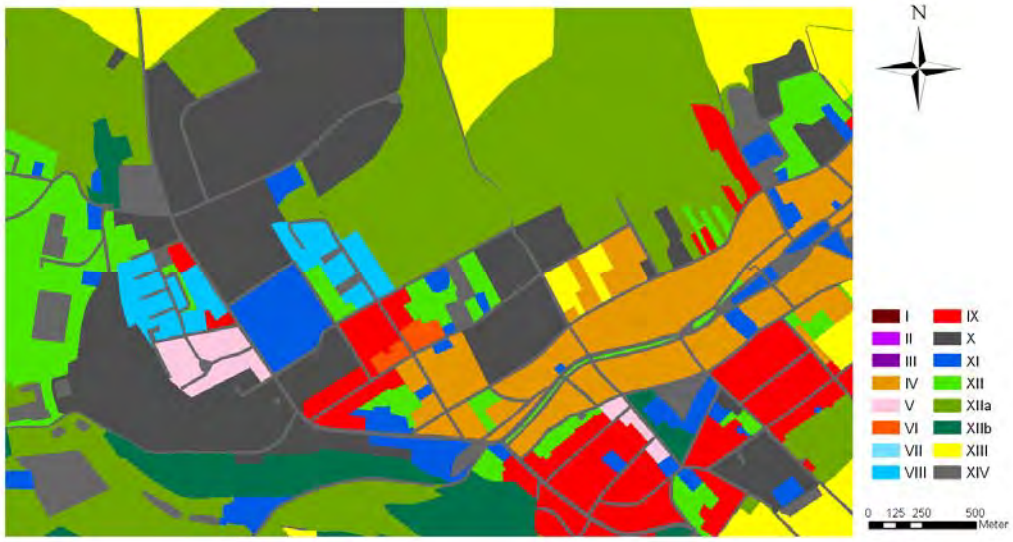


Abbildung 47: Einteilung des Stadtgebietes von Großbreitenbach in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	0,0
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	0,0
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	0,0
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	27,1
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	2,4
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus	0,7
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	0,0
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	4,6
	IX	Einfamilienhausgebiete	18,6
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	50,1
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	12,6
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	30,0
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	380,0
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	658,5
	XIII	Ackerflächen	182,9
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	9,0

Tabelle 13: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Großbreitenbach.

Meuselwitz

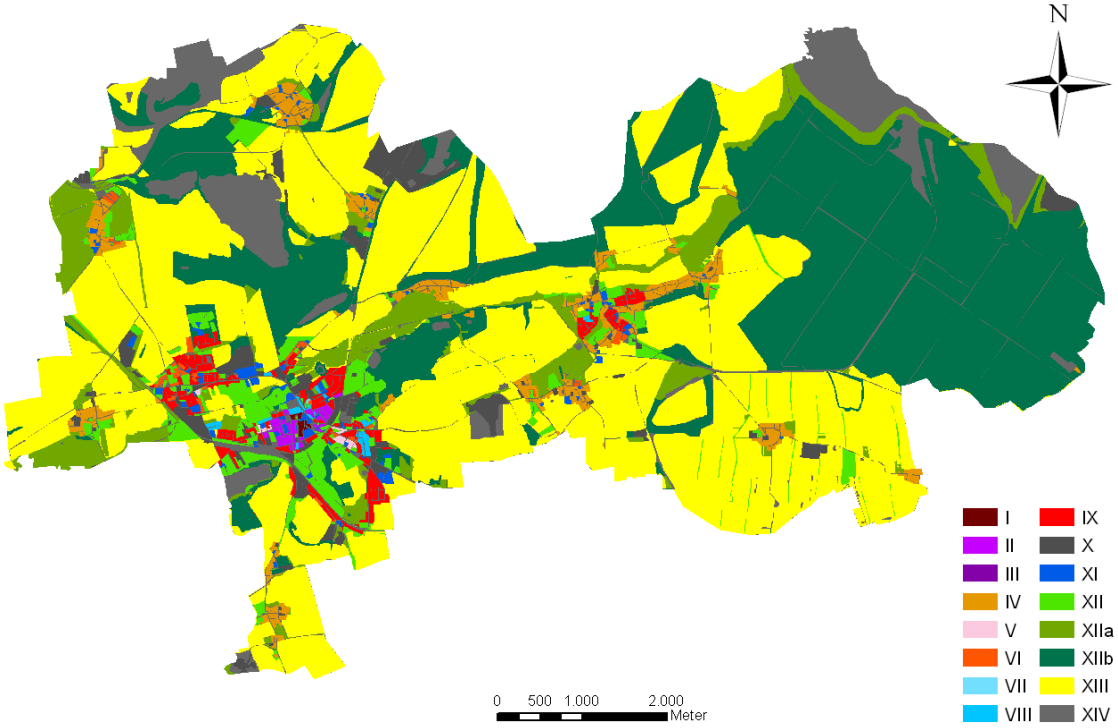


Abbildung 48: Einteilung des Stadtgebietes von Meuselwitz in Stadt- und Landschaftsraumtypen.

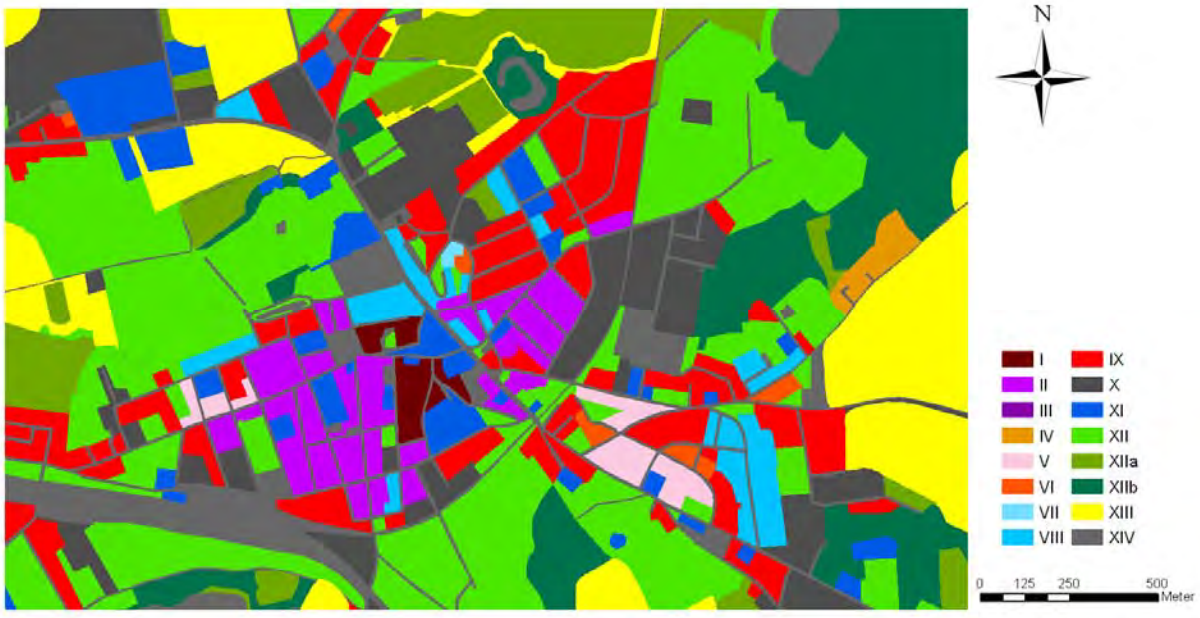


Abbildung 49: Einteilung des Stadtgebietes von Meuselwitz in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	2,1
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	11,6
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	-
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	126,3
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	3,7
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus der 1950er Jahre	13,9
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 1970er Jahren	0,2
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	9,5
	IX	Einfamilienhausgebiete	79,3
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	142,3
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	31,8
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	194,1
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	373,9
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	1612,5
	XIII	Ackerflächen	2287,3
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	484,1

Tabelle 14: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Meuselwitz.

3.3.4 Weitere Orte (Molschleben)

Die Gemeinde Molschleben hat ca. 1.200 Einwohner und eine Fläche von ca. 15 Quadratkilometer. Die Bevölkerungsdichte beträgt 74 Einwohner je Quadratkilometer.

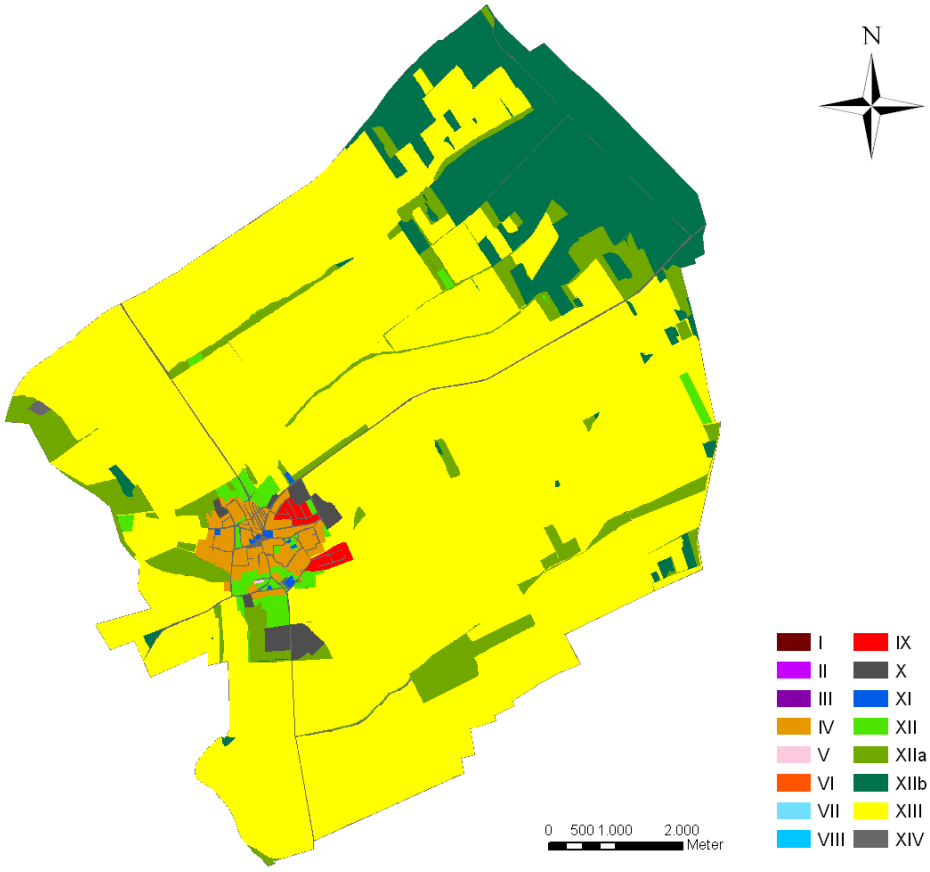


Abbildung 50: Einteilung des Stadtgebietes von Molschleben in Stadt- und Landschaftsraumtypen.

Abbildung 51: Einteilung des Stadtgebietes von Molschleben in Stadt- und Landschaftsraumtypen (Ausschnitt Stadtzentrum).

Nutzung	SRT	Stadtraumtypen	Fläche in ha
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	0,0
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	0,0
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er	0,0
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	25,5
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	0,1
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus	0,0
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er Jahren	0,0
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	0,0
	IX	Einfamilienhausgebiete	5,5
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	11,4
	XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	1,4
Freiflächen	XII	Innerstädtische Grün- und Parkanlagen	20,7
	XIIa	Grünland, Wiesen und Weiden	114,9
	XIIb	Waldflächen >1.000 m^2	194,4

	XIII	Ackerflächen	1138,7
Restflächen	XIV	Verkehrs- und Wasserflächen, Deponien, Klärwerke, Gebiete zum Abbau von Rohstoffen etc.	0,2

Tabelle 15: Flächenanteile der kartierten Stadt- und Landschaftsräume in Molschleben.

3.4 Städtebauliche Bewertung der identifizierten Stadtraumtypen in den Untersuchungsräumen

Im Hinblick auf eine energetische Charakterisierung der Stadtraumtypen Thüringens ist die unterschiedliche Ausprägung von städtebaulichen Parametern in den einzelnen Stadträumen zu spezifizieren. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen städtebaulichen Parametern und Energiebedarf bzw. Potenzialen zur Energieerzeugung innerhalb der abgegrenzten Stadträume. Beispielsweise korreliert die Bebauungsdichte mit dem Anteil verschatteter Flächen, sodass mit zunehmender Bebauungsdichte ein Anstieg des Verschattungsgrades einhergeht (Goretzki 2007). Daher setzt eine energetische Bewertung von Stadtraumtypen stets die Analyse spezifischer städtebaulicher Kenngrößen voraus.

Anmerkung: Die im Folgenden dargestellten Parameter werden im Rahmen der Studie in Bezug auf ihre Ausprägung in Thüringen untersucht, um regionaltypische Parameter für Bedarfs- und Potenzialermittlungen sowie Prognosen abzuleiten.

3.4.1 Baualter, Bebauungsdichte und Geschossigkeit

Das *Baualter* gibt an, in welchem Jahr bzw. Jahrzehnt die Gebäude und vorhandenen Baustrukturen innerhalb eines Stadtraumtyps errichtet wurden (Korda 2005). In Abhängigkeit des Baualters variieren wichtige energetische Kenngrößen wie Bebauungsdichte, verwendete Baustoffe und technische Wärmeschutzeinrichtungen. Wenn noch keine Gebäudesanierung erfolgt ist, kann der Sanierungszustand und damit im Zusammenhang stehende Wärmebedarf der Gebäude anhand des Baualters abgeschätzt werden. Die TGL 28706 definierte für die ehemalige DDR im Jahr 1982 erstmals wärmetechnische Verbesserungen beim Neubau (Weglage 2008[2]). Nach der politischen Wende 1990 traten für Thüringen die Bestimmungen der 1982 und 1994 novellierten Wärmeschutzverordnung in Kraft (WärmeschutzV 1994).

Die *Bebauungsdichte* beschreibt das Verhältnis von bebauten Flächen (Gebäude- und Verkehrsflächen) zu unbebauten Flächen (Grünzonen) innerhalb eines abgegrenzten Stadtraumes (Korda 2005). Die Baunutzungsverordnung (BauNVO) definiert für festgesetzte Arten einer baulichen Nutzung die jeweils zulässige Obergrenze der Bebauungsdichte. Die *Grund-*

flächenzahl (GRZ) als Maß der baulichen Nutzung für die Bebauungsdichte gibt an, wie viel Quadratmeter Grundfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche in einem abgegrenzten Gebiet (z.B. Bebauungsplan) von baulichen Anlagen höchstens überdeckt werden darf (BauNVO 1993). Energetisch relevant ist diese städtebauliche Kenngröße v.a. hinsichtlich bestehender Verschattungsgrade in den unterschiedlichen Stadtraumtypen. So steigt der Verschattungsgrad von Fassaden- und Freiflächen i.d.R. mit zunehmender Bebauungsdichte aufgrund der geringeren Abstände der Gebäude untereinander (Goretzki 2007).

Die *Geschossigkeit* ist ein städtebaulicher Parameter, der die Anzahl der Vollgeschosse eines Gebäudes angibt (Korda 2005). Die BauNVO definiert auch zur Geschossigkeit zulässige Höchstmaße der baulichen Nutzung. Die *Geschossflächenzahl (GFZ)* als Maß der baulichen Nutzung für die Geschossigkeit gibt an, wie viel Quadratmeter Geschossfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche in einem festgesetzten Plangebiet zulässig sind (BauNVO 1993). Die Anzahl der Vollgeschosse eines Gebäudes beeinflusst im Zusammenhang mit der Gebäudegröße direkt dessen Wärmeverlust. Je kompakter und größer ein Gebäude ist, desto geringer ist grundsätzlich der Anteil an Außenflächen über die ein Wärmeverlust stattfinden kann. Dadurch ist der Heizwärmebedarf von Mehrfamilienhäusern meist geringer als jener von Einfamilienhäusern des gleichen Baualters (Goretzki 2007).

3.4.2 Einwohnerdichte, Wohnflächen und Leerstand

Die *Nettoeinwohnerdichte* gibt das Verhältnis der Einwohnerzahl bezogen auf die zur Wohnbebauung vorgesehenen Flächen in einem betrachteten Stadtraum an (Korda 2005). Die Einwohnerdichte beeinflusst direkt den Energieverbrauch eines Stadtraumtyps. Je höher die Einwohnerdichte ist, desto geringer ist im Mittel der Energieverbrauch pro Einwohner. Die langfristige Prognose der Einwohnerentwicklung ist für eine energieeffiziente Stadtplanung unabdingbar, um den aktuellen und zukünftigen Energiebedarf eines Stadtraumes und damit in Zusammenhang stehende Bestandssanierungen, Gebäuderückbauten oder die Ver- und Entsorgungsinfrastruktur prognostizieren und planen zu können. Daten zur aktuellen und zukünftigen Bevölkerungsentwicklung in den Städten und Gemeinden Thüringens sind beispielsweise beim *Thüringer Landesamt für Statistik (TLS)* abrufbar.

Die *Wohnfläche* stellt die Summe aller der zu einer Wohneinheit gehörenden Grundflächen der Räume dar (Korda 2005). In der BauNVO sind zulässige Obergrenzen für Geschossflächenzahlen differenziert nach verschiedenen Nutzungsarten definiert. Die *Geschossflächenzahl (GFZ)* beschreibt in diesem Zusammenhang das Verhältnis der gesamten Geschossfläche aller Vollgeschosse der Gebäude auf einem Grundstück zur Gesamtfläche des

Grundstücks (BauNVO 1993). Energetisch relevant ist diese städtebauliche Kenngröße v.a. hinsichtlich des Wärmebedarfs von Gebäuden. Mit steigender GFZ nimmt der Wärmebedarf von Gebäuden im Allgemeinen zu (Goretzki 2007).

Der Anteil von leerstehenden Wohneinheiten bezogen auf den gesamten Wohnungsbestand eines Gebäudes wird durch die *Leerstandsquote* quantifiziert. Die Ursachen und Wirkungszusammenhänge bei der Entstehung von Leerständen sind sehr komplex und sowohl von indirekten (wirtschaftliche und demographische Entwicklung) als auch von direkten Faktoren (z.B. Gebäudezustand, Mieten, Standortumgebung) abhängig (Schmied 2007). Hinsichtlich des Energieverbrauches eines Gebäudes sind hohe Leerstandsquoten als problematisch zu bewerten. Leerstände wirken sich nach *Deilmann 2002* direkt auf den Wärmeverbrauch eines Gebäudes aus, da leerstehende Wohneinheiten indirekt von noch bewohnten Wohnungen mitbeheizt werden. Entsprechend steigt der Heizkostenverbrauch für die Bewohner eines zum Teil noch bewohnten Gebäudes mit zunehmender Leerstandsquote, da bewohnte Wohneinheiten die Wärmeverluste angrenzender leerstehender Wohneinheiten kompensieren müssen. Die Veränderungen der Heizenergieverbräuche variieren jedoch gebäudespezifisch sehr stark, v.a. in Abhängigkeit des Sanierungszustandes des Gebäudes (Deilmann 2002).

Einwohnerdichte und Leerstände weisen lokal starke Unterschiede auf und sind stets abhängig von der demographischen und wirtschaftlichen Situation einer Gemeinde. Entsprechend sind diese städtebaulichen Kenngrößen für die abgegrenzten Stadtraumtypen Thüringens nicht verallgemeinerbar, sondern auf die spezifische Situation einer Stadt bzw. Gemeinde anzupassen. Für die exakte Ermittlung stadtraumspezifischer Energieverbräuche ist jedoch eine Quantifizierung von Einwohnerdichten und Leerstandsquoten unabdingbar. Im Rahmen vorliegender Forschungsarbeit werden diesbezüglich Annahmen getroffen, die in die Berechnungen einfließen. Vorliegende Studie kann eine detaillierte Erhebung zu Einwohnerdichten und Leerständen in Thüringer Kommunen nicht leisten. Zur deren Ermittlung wären umfangreiche statistische Analysen und Erhebungen vor Ort erforderlich. Hieraus ergibt sich weiterer Forschungsbedarf.

3.4.3 Städtebauliche Charakterisierung der Stadtraumtypen Thüringens

Nachfolgend werden die Stadtraumtypen Thüringens hinsichtlich der Ausprägung der städtebaulichen Parameter Baualter, Bebauungsdichte, Geschossigkeit und Geschossflächenzahl differenziert[50]. Um die von *Everding 2007* ermittelten Werte speziell auf thüringische Verhältnisse anzupassen, erfolgte die Validierung für jeden Stadtraumtyp anhand verschiedener, charakteristischer Ausschnitte in den Modellstädten. Grundlage für die Analyse waren georeferenzierte Luftbilder und topographische Karten.

Die Grundflächenzahl (GRZ) als Maß für die Bebauungsdichte wurde anhand der Beziehung von versiegelter Fläche (Gebäude- und Verkehrsflächen) zur gesamten Grundstücksfläche ermittelt. Die Berechnung der Geschossflächenzahl (GFZ) erfolgte mittels des Verhältnisses zwischen der gesamten Geschossfläche der vorhandenen Gebäude (ausgebaute Dachgeschosse flossen zu 2/3 in die Berechnung ein) und der gesamten Grundstücksfläche abzüglich der Gemeindebedarfsflächen.

Nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Methodik zur Ermittlung benannter städtebaulicher Parameter am Beispiel des Stadtraumtyps VIII für den Modellraum Weimar, Gutenbergstraße.

[50] Die Stadtraumtypen XIII ‚Innerstädtische Grün- und Parkanlagen', XIIIa ‚Grünland, Wiesen und Weiden', XIIIb ‚Waldflächen > 1.000 m²', XIV ‚Ackerflächen' und XV ‚Verkehrs- und Wasserflächen' werden hinsichtlich der Ausprägung städtebaulicher Parameter nicht differenziert betrachtet, da sie überwiegend unbebaute Freiflächen aufweisen.

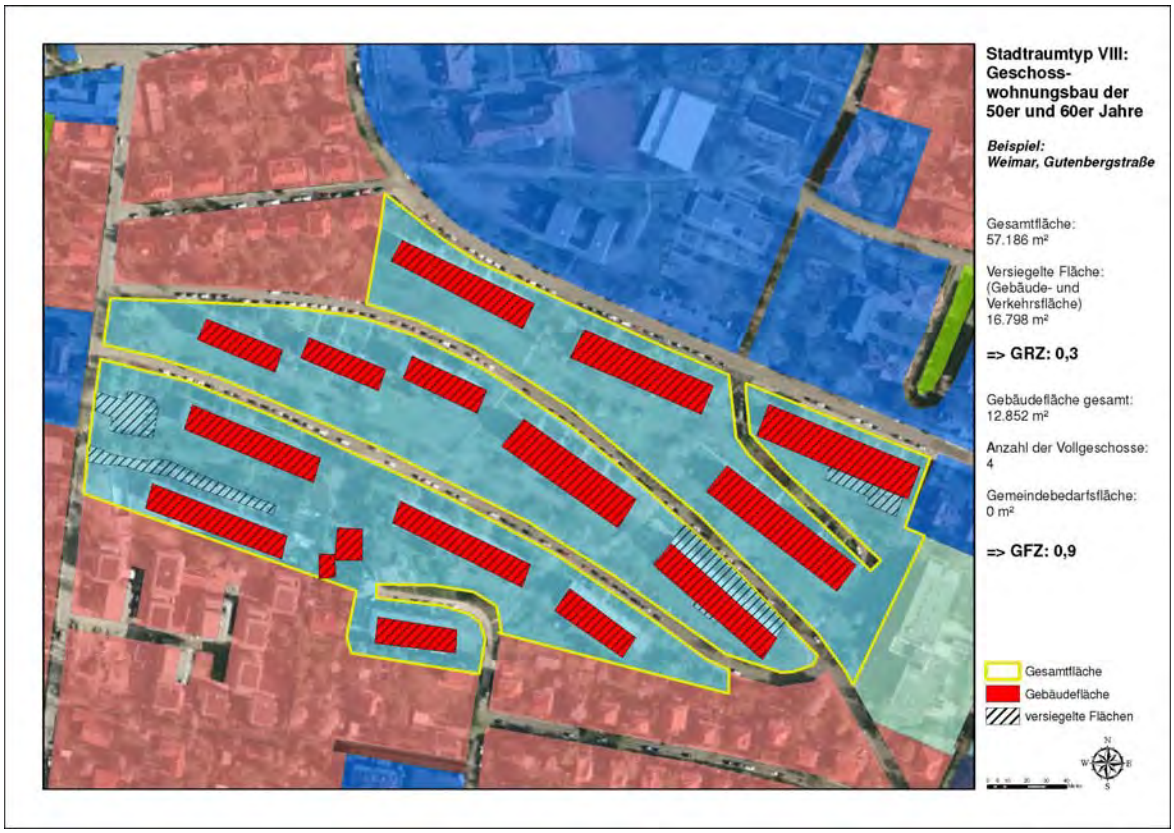


Abbildung 52: Ermittlung von Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) am Beispiel des Modellausschnittes Weimar, Gutenbergstraße.

Stadtraumtyp "Dörfliche und kleinstädtische Ortskerne"

Die historischen Ortskerne der Dörfer und Landstädte sind durch eine überwiegend dichte Bebauung mit Bebauungsdichten (GRZ) zwischen 0,6 und 0,7 gekennzeichnet. In den Hauptgebäuden entlang der Straßen, Gassen und Plätze wohnten zumeist mehrere Generationen unter einem Dach. Heute werden diese Gebäude oft nur noch als Einfamilienhäusern bzw. Mehrfamilienhäuser genutzt. Die Siedlungsgrundrisse variieren von verwinkelten Strukturen ursprünglicher Haufendörfer, über langgestreckte Ortskerne von Straßendörfern bis hin zu regelmäßigen Straßen- und Gassenrastern planmäßiger Stadtgründungen z.B. aus der Zeit einer „mittelalterlichen Urbanisierungswelle“ (de Rudder, 2007) auf dem Territorium Thüringens im 13. Und 14. Jahrhundert.

Die Gebäude sind meist durch eine (ehemalige) landwirtschaftliche Nutzung geprägt und besitzen i.d.R. angegliederte Wirtschaftsgebäude und Ställe (Dorf, Ackerbürgerstadt). Charakteristisch für die Hauptgebäude sind Sattel- oder Walmdächer. Der Dachboden ist meist zu Wohnzwecken ausgebaut oder dient als Lager. Auf Nebengebäuden sind oft auch andere Dachformen wie Pultdächer und flach geneigte Dächer anzutreffen. Die Anzahl der Vollge-

schosse variiert in dörflichen und kleinstädtischen Ortskernen zwischen 1 und 3, vereinzelt sind in Kleinstädten auch 4 Geschosse anzutreffen. Die Geschossflächenzahl (GFZ) variiert zwischen 0,7 bis 1,0. Typisch für dörfliche und kleinstädtische Ortskerne ist eine Mischnutzung mit hohem Wohnanteil und integrierter landwirtschaftlicher oder gewerblicher Nutzung. Die Ortskerne der Kleinstädte übernehmen zum Teil noch Versorgungsfunktionen für das Umland (z.B.: Einzelhandel, Dienstleistung, Verwaltung).

Stadtraumtyp "Vorindustrielle Stadt / Altstadt"

Vorindustrielle Stadtkerne sind durch überwiegend eine kleinteilige Bebauung und hohe Bebauungsdichten (GRZ) zwischen 0,8 und 1,0 gekennzeichnet. Entstehungsgeschichtlich haben sich die Altstadtstrukturen seit dem Mittelalter bis zu Beginn der Industrialisierung entwickelt. Die Gebäude besitzen meist 3 bis 4, in Ausnahmefällen auch 5 Vollgeschosse. Die Geschossflächenzahl (GFZ) beträgt 3,4 bis 3,5.

Der Dachboden hat oft noch die Funktion eines Speichers oder wurde zu Wohnzwecken ausgebaut. Charakteristisch sind Sattel- sowie Mansard- oder Walmdächer mit steiler Dachneigung, in die zahlreiche Dachgauben eingearbeitet sind. Die Fassaden weisen i.d.R. viele kleine Fenster auf. Meist werden die Gebäudeparzellen von engen, verwinkelten System von Straßen, Gassen und Plätzen durchzogen. Typisch sind weiterhin die zahlreichen kleinteiligen Innenhöfe und Anbauten bzw. Nebengebäude. Vorindustrielle Stadtkerne haben in Thüringer Städten bis heute wesentliche Versorgungsfunktionen für das Umland und weisen daher in Teilbereichen eine Mischnutzung von Wohnen in den Obergeschossen und gewerblichen Nutzungen (Ladenzeilen) in den Erdgeschossen auf.

Stadtraumtyp "Dörfliche und kleinteilige Strukturen"

Neben den Ortskernen der Dörfer und Landstädte respektive Kleinstädte finden sich insbesondere in Thüringen vielerorts noch weitere ländlich geprägte kleinteilige Siedlungsstrukturen innerhalb der Ortslagen bzw. an deren Rändern. In ihren Strukturen folgen sie weitgehend dem Muster der Ortskerne – i.d.R. jedoch weniger dicht bebaut bzw. mit größerem grundstücksbezogenen Freiflächenanteilen. Die Heterogenität dieses Stadtraumtyps resultiert u.a. auch aus dem breiten Baualtersspektrum, das oft aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bis in die Gegenwart reicht. Im Vergleich zu dörflichen und kleinstädtischen Ortskernen weisen sie eine lockere Bebauung mit Grundflächenzahlen (GRZ) zwischen 0,3 und 0,5 auf.

Die Gebäude sind meist durch eine (ehemalige) landwirtschaftliche bzw. gewerbliche Nutzung (Handwerk) geprägt und besitzen i.d.R. angegliederte Wirtschaftsgebäude und Ställe, Scheunen oder Werkstätten. Weiterhin sind Innenhöfe und ausgedehntere Grünflächen in die einzelnen Grundstücksparzellen integriert, die als Nutzgärten oder Wiesen genutzt werden. Die Anzahl der Vollgeschosse variiert zwischen 1 und 2, vereinzelt sind auch 3 Vollgeschosse anzutreffen. Die Geschossflächenzahl (GFZ) beträgt 0,3 bis 0,4. Die Gebäude besitzen meist Satteldächer, vereinzelt auch Pultdächer und Flachdächer. Typisch für dörfliche und kleinteilige Strukturen ist eine vorwiegende Wohnnutzung, die verbreitet durch private Gewerbe- oder Landwirtschaftsbetriebe ergänzt wird (z.B. angegliederte Werkstätten, Ställe).

Stadtraumtyp "Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit"

Das Baualter innerstädtischer Gründer- und Vorkriegszeitviertel kann auf den Zeitraum zwischen 1870 und 1938 datiert werden. Die Viertel wurden einst zur Erweiterung der Stadtkerne an die Innenstädte angegliedert, um das steigende Bevölkerungswachstum infolge der Industrialisierung zu kompensieren. Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit sind durch eine dichte Bebauung mit Bebauungsdichten (GRZ) zwischen 0,7 und 0,8 gekennzeichnet. Charakteristisch ist die Bauweise der Blockrandbebauung mit ausgedehnten Innenhöfen.

Die Anzahl der Vollgeschosse variiert zwischen 3 bis 5. Die Geschossflächenzahl (GFZ) beträgt 2,0 bis 2,3. Typisch sind die reich dekorierten Fassaden und verspielten Elemente (z.B. Erker), sowie die hohen Fenster. Verbreitete Dachformen sind Mansard- und Walmdächer mit kleinteiligen Strukturelementen, wie beispielsweise Türmen oder Dachgauben. Innerstädtische Viertel der Gründer- und Vorkriegszeit weisen heute überwiegend Wohnnutzungen mit untergeordneten gewerblichen Anteilen auf. Gelegentlich befinden sich im Erdgeschoss noch Ladenzeilen oder Dienstleistungseinrichtungen.

Stadtraumtyp "Villen- und Wohnviertel der Gründer und Vorkriegszeit (Einzelhäuser)"

Villen und Wohnviertel der Gründer- und Vorkriegszeit entstanden ebenfalls im Zeitraum zwischen 1870 und 1938. Wesentlicher Unterschied zu den innerstädtischen Baublöcken der Gründer- und Vorkriegszeit ist die Bauweise. Die Villen- und Wohnviertel bestehen aus freistehenden Mehrfamilienhäusern, die ausgedehnte angegliederte Grünanlagen besitzen. Entsprechend ist eine lockere Bebauung mit Bebauungsdichten (GRZ) zwischen 0,6 und 0,8 kennzeichnend.

Die gründerzeitlichen Villen- und Wohnviertel weisen meist 2 – 3 Vollgeschosse auf, vereinzelt sind auch 4 Vollgeschosse anzutreffen. Die Geschossflächenzahl (GFZ) liegt bei 0,8 bis 1,2. Hinsichtlich der Gestaltung von Dachformen, Fassaden und weiteren Strukturelementen entspricht die Gebäudemorphologie den gründerzeitlichen Wohnvierteln mit Blockrandbebauung. Innerstädtische Villen- und Wohnviertel der Gründer- und Vorkriegszeit weisen heute überwiegend Wohnnutzungen mit vereinzelt gewerblichen Anteilen auf. Einzelne Gebäude innerhalb der Wohnviertel dienen teilweise zur Unterbringung von Dienstleistungseinrichtungen.

Stadtraumtyp "Gebäudeensembles der 1950er und 1980er Jahre (geschlossene Bauweise / Innenstadtplatte)"

Gebäudeensembles der 1950er und 1980er Jahre entstanden in Thüringens Städten teils im Zuge des Wiederaufbaus im Krieg zerstörter, bzw. in Folge von Vernachlässigung und Verfall flächig abgebrochener historischer innerstädtischer Baustrukturen. Die mehrgeschossigen Wohn- und Geschäftshäuser wurden teilweise in Anlehnung an den historischen Siedlungsgrundriss monolithisch bzw. in industriell vorgefertigter Bauweise (Innenstadtplatte) errichtet. Es ist eine vergleichsweise hohe Bebauungsdichte mit Grundflächenzahlen (GRZ) von 0,5 bis 0,9 und eine geschlossene Bauweise kennzeichnend. Die Anzahl der Vollgeschosse variiert durchschnittlich zwischen 3 bis 5, in Ausnahmefällen sind auch Hochhäuser mit bis zu 20 Vollgeschossen anzutreffen. Die Geschossflächenzahl (GFZ) beträgt 0,8 bis 2,6.

Meist weisen die Gebäude viele Fenster und monoton gestaltete Fassaden auf. Charakteristisch für die 1950er Jahre sind Sattel- und Walmdächer, für die 1980er Jahre überwiegend Flachdächer, zum Teil mit vorgehängten Mansarddach-Applikationen. Die Gebäudeensembles der 50er und 80er Jahre werden vorwiegend zu Wohnzwecken genutzt. Typisch sind anteilige Funktionsunterlagerungen durch gewerbliche Nutzungen.

Stadtraumtyp "Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit"

Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit entstanden überwiegend im Zeitraum zwischen 1900 und 1938 und dienten der funktionalen Stadterweiterung im Rahmen des sozialen Wohnungsbaus bzw. der Gartenstadtbewegung. Die Mehrfamilienhäuser sind meist als Zeilenbauten errichtet und besitzen großzügige angegliederte Grünflächen oder Gärten. Die Bebauungsdichte (GRZ) liegt zwischen 0,3 bis 0,5, sodass eine lockere Bebauung kennzeichnend ist.

Die Gebäude besitzen zwischen 2 und 3 Vollgeschossen und weisen Geschossflächenzahlen (GFZ) von 1,0 bis 1,4 auf. Charakteristisch sind Sattel- und Walmdächer mit integrierten Dachgauben. Teilweise sind in die Fassaden gestalterische Strukturelemente (z.B. Erker) integriert. Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit dienen bis heute ausschließlich der Wohnnutzung.

Stadtraumtyp "Geschosswohnungsbau der 1950er und 1960er Jahre"

In den 50er und 60er Jahren entstanden in Thüringens Städten Quartiere, die von Wohnungsbaugesellschaften im Rahmen von staatlichen Wohnungsbauprogrammen errichtet wurden. Diese Viertel weisen eine niedrige städtebauliche Dichte (GRZ) von 0,3 bis 0,5 auf.

Die Mehrfamilienhäuser (Wohnblöcke) sind als Zeilenbauten errichtet und besitzen großzügige angegliederte Grünanlagen und Innenhöfe. Die Anzahl der Vollgeschosse variiert zwischen 4 und 5. Es sind Geschossflächenzahlen (GFZ) von 0,9 bis 1,2 anzutreffen. Typische Dachformen sind Sattel- und Walmdächer. Vereinzelt werden auch schon Flachdächer verbaut. Die Dachböden sind i.d.R. nicht für Wohnzwecke ausgebaut, sondern dienen als Lager oder Wäschekammer. Charakteristisch sind die an die Wohnungen angegliederten Balkone. Die Wohnsiedlungen der 50er und 60er Jahre werden, abgesehen von den Stadtteilzentren, ausschließlich zu Wohnzwecken genutzt.

Stadtraumtyp "Industrieller Geschosswohnungsbau seit den 1970er Jahren (bis 6 Vollgeschosse)"

Charakteristisch für viele Thüringer Städte sind die ausgedehnten Plattenbausiedlungen, die in vorgefertigter, industrieller Bauweise im Zuge staatlicher Wohnungsbauprogramme der ehemaligen DDR in den 70er und 80er Jahren errichtet wurden. Die Areale sind durch ein eigenes inneres Erschließungssystem mit hohen Grünflächenanteilen gekennzeichnet und weisen geringe Grundflächenzahlen (GRZ) von 0,3 bis 0,5 auf, wobei die Bebauungsdichte in den 80er Jahren allgemein zunimmt.

Die Plattenbauten besitzen zwischen 5 und 6 Vollgeschossen. Es werden Geschossflächenzahlen (GFZ) von 1,0 bis 1,5 erreicht. Die Fassaden sind einfach und ohne aufwändige Strukturelemente gestaltet, vielfach sind ganze Balkonreihen integriert. Typisch sind nach innen geneigte Flachdächer über einem niedrigen Attikageschoss. In Thüringen werden die Plattenbausiedlungen seit den 70er und 80er Jahren ausschließlich zu Wohnzwecken genutzt.

Stadtraumtyp "Industrieller Geschosswohnungsbau seit den 70er Jahren (mehr als 6 Vollgeschosse)"

Im Zuge des industriellen Geschosswohnungsbaus der ehemaligen DDR wurden innerhalb der ausgedehnten Plattenbausiedlungen auch einzelne Hochhäuser mit bis zu 11 Vollgeschossen errichtet. In Thüringen sind solche Hochhäuser jedoch nur vereinzelt anzutreffen; es sind keine ausgedehnten Hochhaussiedlungen typisch.

Hinsichtlich der Bauweise, Gebäudestruktur und Nutzung entsprechen die Gebäude den Plattenbauten mit bis zu 6 Vollgeschossen (vgl. Stadtraumtyp IXa). Der wesentliche Unterschied besteht in der höheren Anzahl der Vollgeschosse sowie der größeren Geschossflächenzahlen (GFZ) von 1,9 bis 2,8.

Stadtraumtyp "Einfamilienhausgebiete seit den 1960er Jahren"

Das Baualter von Einfamilienhausgebieten in Thüringens Städten und Stadtrandbereichen reicht bis in die 60er Jahre zurück. Die ersten Einfamilienhäuser entstanden oft noch als Doppelhäuser mit angrenzenden kleinen Privatgärten. Später nahm der Anteil freistehender Einfamilienhäuser, v.a. in den städtischen Randbereichen deutlich zu. In den 90er Jahren entstanden dann innerhalb kurzer Zeit ausgedehnte große Neubaugebiete, die sich meist an den Ortsrand kleinerer Gemeinden anschlossen.

Einfamilienhausgebiete sind allgemein durch eine geringe Bebauungsdichte (GRZ) von 0,3 bis 0,4 gekennzeichnet. Die Anzahl der Vollgeschosse variiert zwischen 1 und 2, vereinzelt sind auch Gebäude mit 3 Geschossen anzutreffen. Die Geschossflächenzahl (GFZ) liegt bei 0,6 bis 0,7. Meist sind an die Gebäude ausgedehnte Gärten bzw. Grünanlagen angeschlossen, die in Stadtrandbereichen i.d.R. größere Flächenausdehnungen als im Stadtraum aufweisen. Die Grünanlagen werden kaum gemeinschaftlich genutzt.

Stadtraumtyp "Gewerbe- und Industriegebiete"

Die Entstehung von Gewerbe- und Industriegebieten in Thüringens Städten reicht teils noch bis ins 19. Jahrhundert zurück (z.B. SCHOTT in Jena). In der ehemaligen DDR wurden in vielen Städten Großbetriebe errichtet, die das Stadtbild nachhaltig prägten. Infolge des Strukturwandels nach 1990 kam es vielfach zum Brachfallen dieser Industriegebiete, was viele Kommunen noch bis heute vor große Probleme stellt. Seit den 1990er Jahren erfolgte in Thüringen zunehmend die Ausweisung von Gewerbe- und Industriegebieten in den Stadtrandlagen auf der *‚Grünen Wiese‘*.

Insgesamt weisen Gewerbe- und Industriegebiete eine mittlere Bebauungsdichte (GRZ) zwischen 0,6 und 0,8 auf, wobei höhere Dichten für innerstädtische Gewerbeansiedlungen kennzeichnend sind. Areale aus der Vorkriegszeit besitzen meist gründerzeitliche, mehrgeschossige Gewerbe- und Verwaltungsgebäude mit hohen Maschinenhallen und Innenhöfen. In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden die Produktionshallen dann als eingeschossige Leichtbauhallen und Büro- und Verwaltungstrakte mit 2 bis 3 Vollgeschossen gefertigt. Seit 1990 nimmt die bauliche Qualität neuerschlossener Gewerbe- und Industriegebiete in Thüringen zu. Die Büro- und Verwaltungsgebäude besitzen durchschnittlich 2 bis 4 Vollgeschosse und es werden größere Reserveflächen auf den Firmengeländen vorgehalten. Die Geschossflächenzahlen (GFZ) liegen zwischen 0,5 und 0,8. Kennzeichnend ist eine gewerblich-industrielle Nutzung.

Stadtraumtyp "Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen"

Die Entstehung von Zweckbaukomplexen und öffentlichen Einrichtungen in Thüringens Städten und Gemeinden reicht de facto bis ins Mittelalter zurück. In den Residenz- und Universitätsstädten (z.B. Gotha, Rudolstadt, Jena) wurden Zweckbaukomplexe errichtet, die oft noch bis heute öffentliche Funktionen im Stadtraum haben (Schlösser, Museen, Bibliotheken, Universitäten, usw.). Im 19. Jahrhundert entstanden dann viele Kurmittelhäuser und Bäderanlagen in den Kur- und Badeorten Thüringens. Weiterhin sind viele gründerzeitliche Schulen, Krankenhäuser oder Schwimmbäder erhalten, die teilweise bis in die Gegenwart keine Funktionsänderung erfahren haben. Weitere Zweckbaukomplexe entstanden vermehrt ab den 70er Jahren in innerstädtischen Lagen oder Wohngebieten (Einkaufszentren, Krankenhäuser, Schulen, Büro- und Infrastrukturkomplexe, Freizeitanlagen, universitäre Einrichtungen, u.a.).

Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen sind als Stadtraumtyp in Thüringens Städten eher als kleinere Areale oder Einzelobjekte im Stadtraum anzutreffen. Die Bebauungsdichte (GRZ) variiert zwischen 0,6 und 0,8. Die Bauweise ist in Abhängigkeit vom Baualter sehr verschieden und reicht von mittelalterlichen Strukturen über industriell gefertigte Plattenbauten bis zu moderneren Bauten. Die Anzahl der Vollgeschosse variiert stark und kann mit einer durchschnittlichen Spanne von 2 bis 6 angegeben werden. Die Geschossflächenzahl (GFZ) liegt bei 1,1 bis 3,5. Kennzeichnend ist eine Nutzung zum Gemeingebrauch bzw. für öffentliche Zwecke.

Nachfolgende Tabelle stellt die validierten Ergebnisse zu den städtebaulichen Parametern für die Stadtraumtypen Thüringens zusammenfassend dar.

Stadtraumtyp		Baualter	Bebauungs-dichte	Geschossigkeit	Geschoss-flächenzahl
			GRZ	Anzahl der Vollge-schosse	GFZ
I	Vorindustrielle Stadt / Altstadt	seit dem Mit-telalter	0,9 – 1,0	3 – 4	3,4 – 3,5
IIa	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	1870 – 1938	0,7 – 0,8	3 – 5	2,0 – 2,3
IIb	Villen- und Wohnviertel der Gründer- und Vorkriegszeit (Einzelhäuser)	1870 – 1938	0,6 – 0,8	2 – 3	0,8 – 1,2
III	Gebäudeensembles der 1950er (geschlossene Bauweise / Wie-deraufbau)	1950iger	0,5 – 0,9	3 – 5	0,8 – 2,6
IVa	Dörfliche und kleinteilige Struk-turen	seit dem Mit-telalter	0,3 – 0,5	1 – 2	0,3 – 0,4
IVb	Dörfliche und kleinstädtische Ortskerne	seit dem Mit-telalter	0,6 – 0,7	2 – 4	0,7 – 1,0
V	Werks- und Genossenschafts-siedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	1870 – 1938	0,3 – 0,5	2 – 3	1,0 – 1,4
VI	Wohnsiedlungen des sozialen Wohnungsbaus	ab 1990	0,5 – 0,9	3 – 5	0,8 – 2,6
VIIa	Geschosswohnungsbau der 1950er und 1960er Jahre	1950 – 1969	0,3 – 0,5	4 – 5	0,9 – 1,2
VIIb	Industrieller Geschoss-wohnungsbau seit den 1970er Jahren (bis 6 VG)	1970 – 1989	0,3 – 0,5	5 – 6	1,0 – 1,5
VIIc	Industrieller Geschoss-wohnungsbau seit den 1970er Jahren (mehr als 6 VG)	1970 – 1989	0,3 – 0,5	7 – 11	1,9 – 2,8
VIII	Gebäudeensembles der 1980er (geschlossene Bauweise (In-nenstadtplatte)	1980er	0,5 – 0,9	3 – 5	0,8 – 2,6
IX	Einfamilienhausgebiete seit den 1960er Jahren	seit 1960	0,3 – 0,4	1 – 2	0,6 – 0,7
X	Gewerbe- und Industriege-biete	seit 1870	0,6 – 0,8	1 – 4	0,5 – 0,8
XI	Zweckbaukomplexe und öffent-liche Einrichtungen		0,6 – 0,8	2 – 6	1,1 – 3,5

Tabelle 16: Zusammenfassung städtebaulicher Kenngrößen für die Stadtraumtypen Thürin-gens.

3.5 Energetische Bewertung der identifizierten Stadtraumtypen in den Untersuchungsräumen

In einem Modellraum werden grundsätzlich Energieparteien unterschieden, die verschiedene Formen von Energie auf unterschiedliche Weise zu unterschiedlichen Zeiten und variierender Intensität abfragen (Abbildung 53). In dieser Analyse wird nur der thermische und elektrische Bedarf der Energieparteien "Wohnen" und "Arbeiten" betrachtet. Eine integrale Erfassung aller Energieparteien wird zur Zeit für einige Modellräume vorgenommen (Berger et al. 2011; Droege et al. 2011; Fischer et al. 2011).

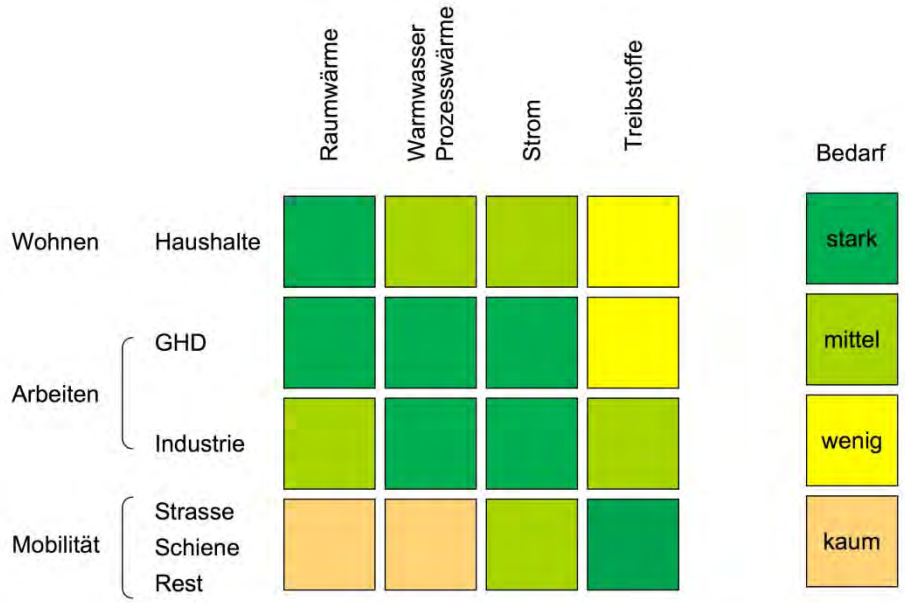


Abbildung 53: Energieformen und Energieparteien.
Quelle: Berger et al. 2011.

Die energetische Bewertung von Stadträumen folgt einer räumlichen Analyse (Genske et al. 2010a), in der im ersten Schritt der Modellraum in energetisch homogene Einheiten aufgelöst wird (Abbildung 54). Die Unterteilung in Stadtraumtypen folgt städtebaulichen Leitbildern, die für eine bestimmte Epoche den Baustandard definierten.

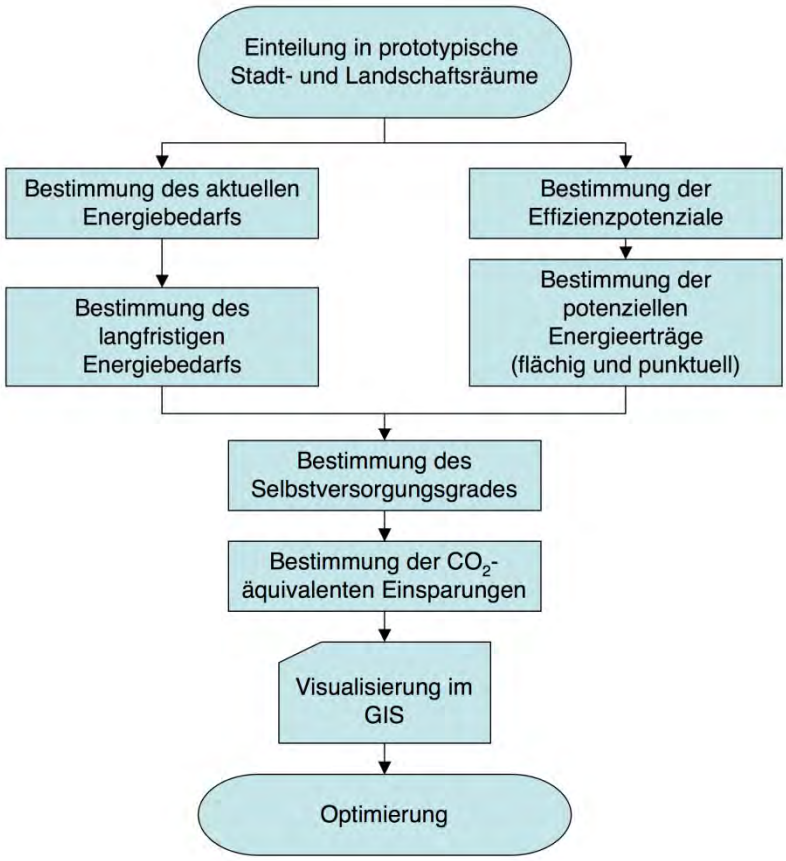


Abbildung 54: Vorgehensweise der Raumanalyse und energetischen Bewertung (nach BBR/BBSR & BMVBS 2009).

Bei der Analyse der Effizienz- und Einsparpotenziale ist zu ermitteln, welche Art von Energie sich in welchem Stadt- und Landschaftsraumtyp in welchem Maß einsparen lässt. Von besonderer Bedeutung ist hier der Heizwärmebedarf, der durch Sanierung der Bausubstanz deutlich verringert werden kann.

Im nächsten Schritt werden für den Untersuchungsraum die verschiedenen Optionen der regenerativen Energieerzeugung untersucht und ihr Potenzial wird beurteilt. Die Kartierung der energetischen Begabung der Stadt- und Landschaftsräume ist zentraler Bestandteil der Analyse. So lässt sich zum Beispiel über die Gebäudehülle (Dach und Fassade) mit modernen Technologien erneuerbare Energien auf sehr effiziente Art und Weise erzeugen. Bestimmte Formen der erneuerbaren Energieerzeugung sind flächenneutral, das heißt sie sind im Stadtraum „unsichtbar" oder sie blockieren keine zusätzlichen Freiflächen. Dies gilt zum Beispiel für Erdwärmesonden oder die Wärmerückgewinnung aus Abwasser, aber auch für dach- und fassadenflächenintegrierte Fotovoltaik oder Solarthermie. Demgegenüber stehen Optionen,

die zusätzliche Freifläche beanspruchen, beispielsweise eine Freiflächen-Photovoltaik-Anlage oder auch der Anbau von Biomasse. Diese Flächen stehen für andere Nutzungen wie den Anbau von Nahrungsmitteln nicht mehr zur Verfügung.

Nachdem für die einzelnen Stadt- und Landschaftsraumtypen der aktuelle und der zukünftige Energiebedarf bestimmt und parallel dazu die Effizienzpotenziale ausgelotet wurden, erfolgt die Ermittlung der aktuellen und zukünftigen regenerativen Endenergieerzeugung. Danach lässt sich der Selbstversorgungsgrad des Modellraums mit regenerativer Energie bestimmen. Weiterhin ist das räumliche Potenzial der Einsparung von Treibhausgasen zu ermitteln. Schließlich werden die Ergebnisse im GIS visualisiert und mit einer Szenarioanalyse optimiert.

Auf dieser Grundlage lässt sich der Modellraum von fossilen Energieträgern unabhängig machen. Indem der Schwerpunkt auf erneuerbare Energie gesetzt wird, die möglichst keine zusätzlichen Freiflächen in Anspruch nehmen, wird die Ressource Raum nachhaltig genutzt.

Wichtige Grundlagen einer nachhaltigen Energieversorgung sind der räumliche und zeitliche Abgleich der Potenziale mit dem Energiebedarf der Stadt- und Landschaftsräume sowie ein intelligentes Lastmanagement.

3.5.1 Sanierungszustand und Energieverbrauchskennzahlen

Der Endenergiebedarf wird stadtraumspezifisch dargestellt. Bei diesem flächenbezogenen Ansatz werden die verwirklichten städtebaulichen Leitbilder und somit auch die historische Entwicklung der Stadträume berücksichtigt.

Der jährliche Energiebedarf eines Hektars Stadtraum ergibt sich aus der Energiebezugsfläche und dem Energieverbrauch pro Quadratmeter. Es ist somit notwendig, das stadtraumtypische Maß der baulichen Nutzung und die sich daraus ergebende Energiebezugsfläche zu ermitteln. Weiterhin sind Angaben zum stadtraumtypischen Energiebezug pro Fläche erforderlich. Der auf dieser Grundlage ermittelte Energiebedarf wird mit Energieverbrauchsmessungen und statistischen Angaben abgeglichen.

Ermittlung der Energiebezugsflächen

Nach der Baunutzungsverordnung (BauNVO 1993) wird das Maß der baulichen Nutzung über die Grundflächenzahl und die Geschossflächenzahl begrenzt (§ 16, § 17). Die Grundflächenzahl GRZ gibt an, wieviel Quadratmeter der Grundstücksfläche bebaut und versiegelt werden dürfen, wogegen die Geschossflächenzahl GFZ angibt, wieviel Quadratmeter Ge-

schossfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche zulässig sind (BauNVO § 20 Abs. 2). Bei einem Grundstück von 1.000 Quadratmetern, einer GRZ von 0,4 und GFZ von 0,8 dürfen 400 Quadratmeter bebaut und 800 Quadratmeter Geschossfläche gebaut werden. Das Nettobauland NBL_i eines Stadtraumes i ergibt sich aus dem Bruttobauland BBL_i abzüglich des Anteils der Gemeinbedarfsflächen $f_{G,i}$ (Verkehrsflächen, öffentliche Parkplätze und Grünflächen)

$$NBL_i = BBL_i \left(1 - f_{G,i}\right)$$

Daraus lässt sich über die stadtraumtypische Geschossflächenzahl GFZ_i ein Schätzwert für die Energiebezugsfläche pro Stadtraum $AE_{,i}$ herleiten, der neben dem Nettobauland noch von weiteren Faktoren abhängt

$$A_{E,i} = NBL_i \cdot GFZ_i \cdot f_{N,i} \cdot f_{B,i} \cdot f_{W,i} \cdot f_{L,i} \cdot f_{F,i}$$

mit

- $f_{N,i}$ Abschlag für nicht zu beheizende oder zu klimatisierende Geschossflächen. Anhaltswerte für nicht Energie verbrauchende Geschossflächen finden sich in der VDI- Richtlinie 3807 (Blatt 1 Tabelle 3). Danach liegt der Abschlag in einer Größenordnung von 10-45 %.

- $f_{B,i}$ Anpassungsfaktor Bevölkerungsentwicklung: Dieser Faktor hängt von der demographischen Entwicklung ab und wird nur auf den Sektor Wohnen angewandt.

- $f_{W,i}$ Der Anpassungsfaktor zur pro-Kopf-Wohnraumzunahme hängt vom Wohnverhalten der Bevölkerung ab und wird nur auf den Sektor Wohnen angewandt

- $f_{L,i}$ Der Anpassungsfaktor zum Leerstand wird sowohl auf den Sektor Wohnen als auch auf den Sektor Arbeiten angewandt. Bei Gewerbegebieten wird nicht von Leerstand sondern von Ausnutzungsgrad gesprochen.

- $f_{F,i}$ Der Anpassungsfaktor zur Ferienhausnutzung wird nur auf den Sektor Wohnen angewandt.

Die verschiedenen Faktoren modellieren die wirksame Energiebezugsfläche. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Geschossflächenzahlen GFZ_i regionaltypisch sind. Sie richten sich nach der Baunutzungsverordnung (BauNV § 17), müssen ihr aber nicht unbedingt entsprechen. Sofern keine anderen Angaben vorliegen können sie nach Everding (2007) festgelegt werden.

Die stadtraumspezifischen Geschossflächenzahlen wirken sich direkt auf die Ermittlung der Energiebezugsflächen und damit auf die Ermittlung des aktuellen und zukünftigen Energiebedarfs aus. Abbildung 55 zeigt den Wärmebedarf (Endenergie Raumwärme und Warmwasser) als Funktion der Geschossflächenzahl. Berücksichtigt wurden vier näher untersuchte Modellgebiete unterschiedlicher Größe (Genske et al. 2009; Genske et al. 2010b; Berger et al. 2011; Fischer et al. 2011; Genske & Ruff 2011). Danach besteht im Sektor Wohnen ein quasi linearer Zusammenhang zwischen der Geschossflächenzahl dem Endenergieverbrauch. Abweichungen ergeben sich nur aufgrund der Baualtersklassen und der Bebauungsstruktur, also die stadtraumtypischen Eigenschaften.

Je nach Modellraum ändert sich die Steigung. Sie hängt ab von den klimatischen Vorgaben und der Qualität der Bausubstanz. So ist zum Beispiel der Wärmebedarf in Hamburg mit seinem kühlen Klima und der eher mäßigen Qualität der Bausubstanz am höchsten wogegen in Basel mit mildem Klima und traditionell guten Baustandards der Wärmebedarf am niedrigsten ist.

Insofern lässt sich keine generelle Aussage zum Energieverbrauch der Stadtraumtypen machen. Der Verbrauch bezieht sich immer auf die regionaltypischen Randbedingungen. Für Großräume wie zum Beispiel den Freistaat Thüringen lassen sich Mittelwerte definieren. Hierfür sind weiterer Untersuchungen durchzuführen.

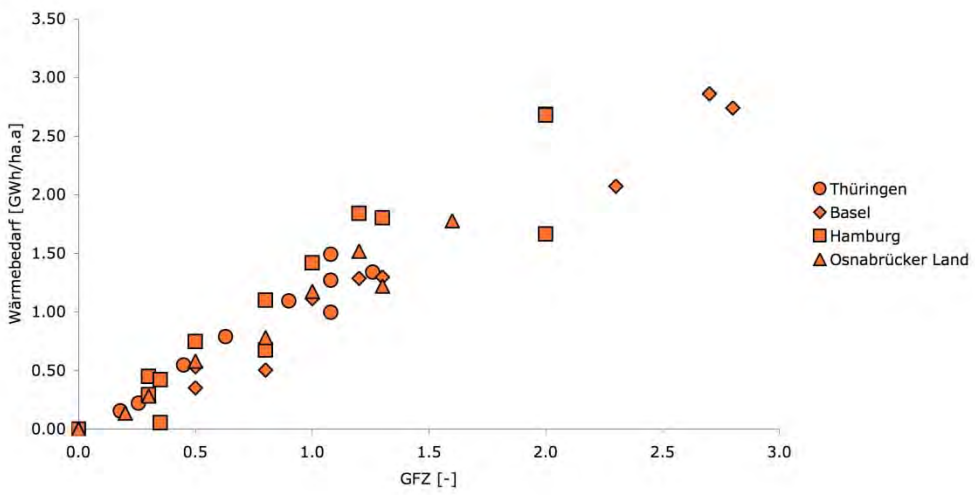


Abbildung 55: Geschossflächenzahlen und Wärmebedarf (Endenergie Raumwärme und Warmwasser).

Quelle: Genske et al. 2009; Genske et al. 2010b; Berger et al. 2011; Fischer et al. 2011; Genske & Ruff 2011.

Die über die Geschossflächenzahl ermittelten Energiebezugsflächen entsprechen näherungsweise den Bruttogeschossflächen BGF von Gebäuden abzüglich nicht energieversorgter Gebäudeflächen im Sinne der VDI-Richtlinie 3807 (Blatt 1, Abschnitt 3.4.2) bzw. der Gebäudenutzflächen (für Wohngebäude) und Nettogeschossflächen (für Nichtwohngebäude) im Sinne der novellierten Energieeinsparverordnung (EnEV 2009).

Ermittlung des aktuellen Energiebedarfs

Der aktuelle thermische Bedarf pro Stadtraum (Heizwärme, Warmwasser, Prozesswärme) wird durch Multiplikation der stadtraumspezifischen Energiebezugsfläche mit dem durchschnittlichen stadtraumspezifischen Heizwärmebedarf berechnet. Analog erfolgt die Ermittlung des elektrischen Bedarfs (Genske et al. 2010a).

Die Summe des Energiebedarfs aller Stadträume und aller Energieparteien ergibt den Energiebedarf des Modellraums. Er kann sowohl als Endenergiebedarf, als auch als Primärenergiebedarf oder auch als Leistung pro Einwohner ausgedrückt werden, wie dies zum Beispiel für die Basler 2000 Watt-Gesellschaft gemacht wurde (Berger et al. 2011).

3.5.2 Energieeinsparpotenziale und Abschätzung des zukünftigen Energieverbrauchs (Sanierungsziele, Sanierungszyklen, Sanierungsraten)

Die Unterteilung in Stadtraumtypen folgt städtebaulichen Leitbildern, die für eine bestimmte Epoche den Baustandard definierten. Infolge dessen unterliegen sie den zu dieser Zeit geltenden Baubestimmungen und Heiznormen. Zwar folgen alle Stadtraumtypen Sanierungszyklen, doch orientieren sich die Sanierungsziele ebenfalls am Bestand, der charakteristische Sanierungsmaßnahmen vorbestimmt.

In einem urbanen Raum gibt es vielfältige Möglichkeiten der Steigerung der Energieeffizienz (Genske et al. 2010a). Sie zu identifizieren ist Gegenstand der Effizienzanalyse. Um die Energieeffizienz des Modellraums zu erhöhen, bieten sich Maßnahmen der Energieeinsparung an. Sie betreffen

- den Heizwärmebedarf
- den Warmwasserbedarf
- den Strombedarf
- den Prozessenergiebedarf.

Weiterhin ist eine Steigerung der Energieeffizienz durch eine Erhöhung des Nutzungsgrades der Anlagen, die Energie erzeugen, möglich. Die Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung, also eine optimierte Nutzung der eingesetzten Energie zur Erzeugung von Strom und Wärme ist eine klassische Effizienzmaßnahme.

Da private Haushalte aktuell etwa zwei Drittel des Endenergiebedarfs für Raumwärme verbrauchen, hat die energetische Sanierung der Gebäude Priorität. Um den Energieverbrauch zu verringern, schlägt die Deutsche Energie-Agentur folgende Verfahrensweise vor (DENA 2006):

- Zunächst wird durch nicht-investive Maßnahmen der Energieverbrauch reduziert, zum Beispiel durch eine bessere Regelung der Heizung und des Warmwasserbedarfs sowie Maßnahmen der Stromeinsparung.
- Danach wird die Gebäudehülle saniert, ebenfalls mit dem Ziel, die Verbrauchswerte zu reduzieren. Geeignete Maßnahmen sind zum Beispiel das Abdichten von Fugen und Ritzen, die Erneuerung der Fenster und schließlich die Dämmung des Dachs, der Außenwände, der Kellerdecke.
- Darauf aufbauend folgt die Sanierung der Haustechnik mit dem Ziel einer deutlichen Effizienzsteigerung, insbesondere einer Verbesserung der Wärmeerzeugung mit moderner Anlagentechnik, wobei die gesamten Maßnahmen zur energetischen Sanierung aufeinander abgestimmt werden müssen.

Es ist zu empfehlen, dass alle oben genannten Schritte innerhalb eines Sanierungszyklus erfolgen, da nur mit einer Vollsanierung der gewünschte Einsparungseffekt erzielt werden kann.

So sanierte Gebäude haben einen wesentlich geringeren Wärmebedarf. In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass die vom Gesetzgeber vorgegebenen energetischen Sanierungsmaßnahmen – auch vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden Rohstoff- und Energiekrise – im normalen Sanierungszyklus der Gebäude tatsächlich umgesetzt werden.

Als Parameter des Sanierungsprozesses gelten

- die Sanierungsrate und
- die Sanierungstiefe.

Die Sanierungstiefe bezeichnet den Umfang der Sanierung mit Blick auf den erreichten Heizwärmebedarf. Als Zielwerte für den Neubau und die grundhafte Sanierung von Wohngebäuden werden die in den Wärmeschutz- und Energieeinsparverordnungen (WSVO, EnEV) vorgegebenen Werte angesetzt. Abbildung 56 zeigt die einschlägigen Zielwerte als Funktion der Zeit. Die Zielwerte lassen sich bei logarithmischer Ordinate mit einer Geraden approximieren, so dass eine Extrapolation in die Zukunft möglich ist (Abbildung 57).

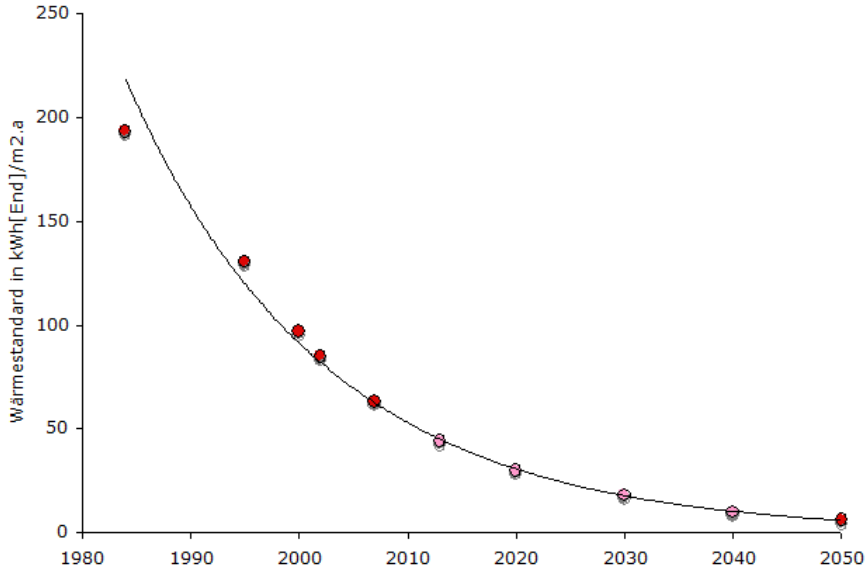


Abbildung 56: Heizenergiestandards (WSVO, EnEV) in Deutschland über die Zeit.

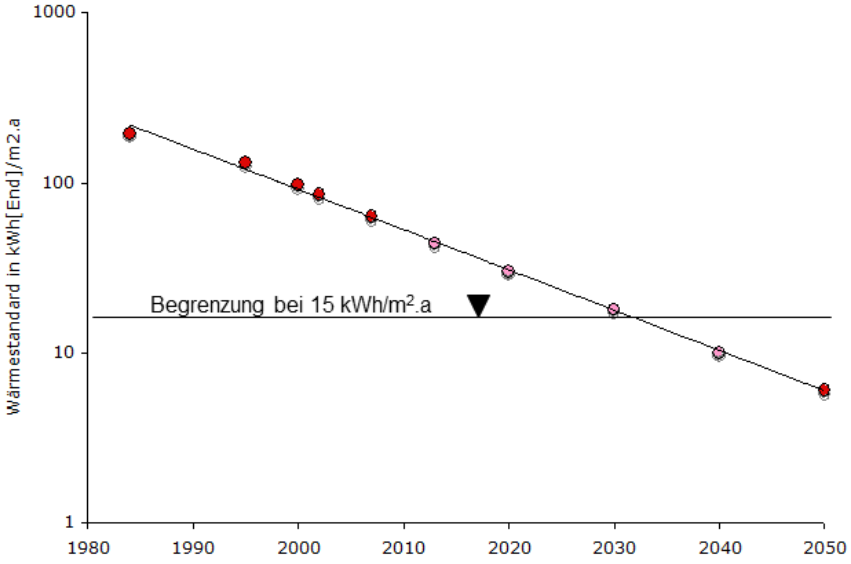


Abbildung 57: Logarythmische Ordinate mit einer Geraden.

Bei logarithmischer Ordinate lassen sich die zukünftigen Heizenergiestandards (pink) durch eine Gerade extrapolieren. Es wird angenommen, dass der Heizwärmebedarf nicht unter 15 kWh/m²a sinkt.

Bei einer vorgegebenen Sanierungsrate und einem angenommenen Sanierungsziel für den Heizwärmebedarf lässt sich jahresweise seit Einführung des Standards ein mittlerer, stadtraumtypischer Heizwärmebedarf für alle Gebäude eines Modellraums ermitteln.

Die Sanierungsrate ist zunächst ein historisch gemessener Wert. Sie ist abhängig vom Sanierungszyklus, der bei Wohngebäuden nach verschiedenen Quellen (Matthes & Cames 2000; Pelzeter 2005; Bardt et al. 2008) zu 30 Jahren angenommen wird. Je nach Bauteil schwanken jedoch die Erneuerungsraten: So wird zum Beispiel bei der Fassade von 20-50 Jahren, beim Dach von 13-50 Jahren und bei der Verglasung von 13-27 Jahren ausgegangen (IWU 1994). Durch Verordnungen und Subventionen kann der Gesetzgeber die Sanierungsrate beeinflussen. Bis zur Jahrtausendwende betrug die Sanierungsrate in Deutschland etwa 2,2% pro Jahr (BMVBS 2010), im ländlichen Bereich eher 1,0%. Die staatliche Förderung von Sanierungsmaßnahmen hat zu einer Erhöhung der Sanierungsrate auf 3,0% geführt.

3.5.3 Energiepotenziale

Es gibt eine Fülle regenerativer Energiepotenzialen, sowohl zur Stromerzeugung und zur Wärmebereitstellung als auch zur Herstellung von Biotreibstoffen (Abbildung 58). Im Stadtraum sind diese potenziale allerdings aufgrund der städtebaulicher Randbedingungen sowie ökologischer und ökonomischer Aspekte begrenzt.

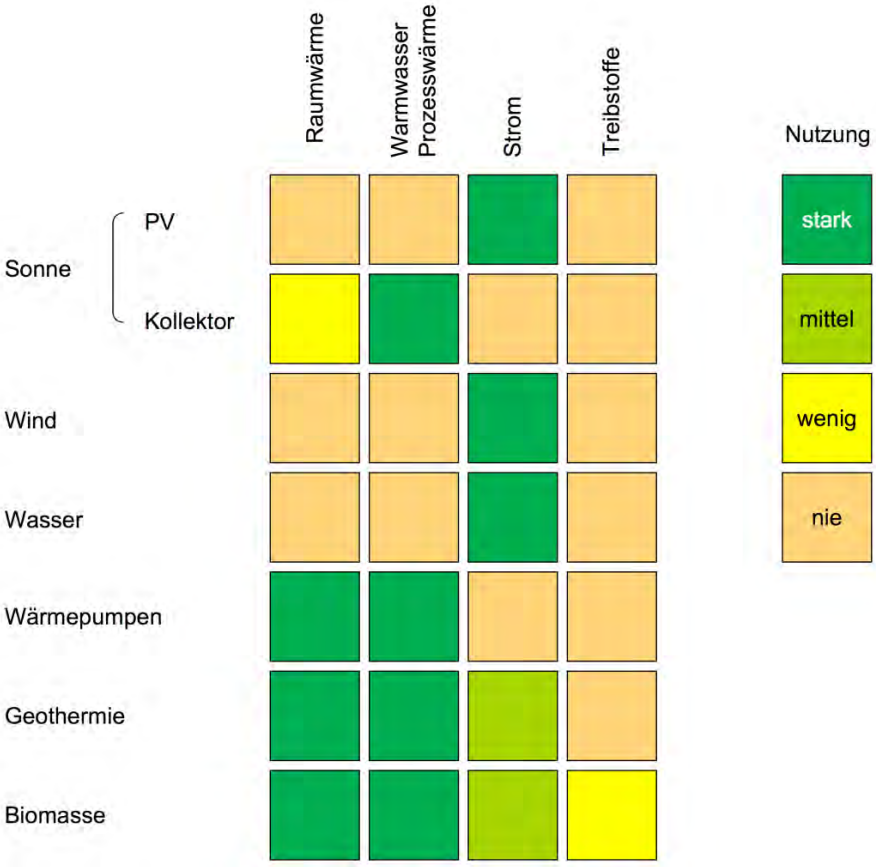


Abbildung 58: Regenerative Energieerzeugung und Formen der Nutzung.
Quelle: Berger et al. 2011.

3.5.4 Wärmebereitstellung

Auch hinsichtlich der Produktion regenerativer Energie unterscheiden sich die Stadträume in charakteristischer Weise. So haben gründerzeitliche Bauwerke aufgrund ihrer Dachformen eine eingeschränkte solare Begabung. Ihre Fassaden sind mit Blick auf den Denkmalschutz oft von einer solaren Nutzung ausgeschlossen. Im Gegensatz dazu lassen sich bei Hochhäusern sowohl Dächer als auch Fassade solar besser nutzen. Bei allen Optionen der regenerativen Energieerzeugung lassen sich stadtraumtypische Potenziale definieren.

Sonne

Die Sonnenenergie als erneuerbare Energiequelle lässt sich auf direktem Weg nutzen. Dabei wird zwischen

- photovoltaischer Nutzung zur Stromerzeugung und
- solarthermischer Nutzung zur Wärmebereitstellung unterschieden.

Zur direkten Solarnutzung steht in den jeweiligen Stadtraumtypen in erster Linie die Gebäudehülle zur Verfügung. Es eignen sich nur südlich ausgerichtete Dächer bzw. Fassaden. Auf statisch geeigneten Flachdächern sind auch aufgeständerte Anlagen möglich. Weiterhin werden Freiflächenanlagen gebaut, wobei hier die Konkurrenz mit anderen Nutzungsoptionen zu beachten ist.

Das Potenzial der Gebäudehülle zur solaren Energieerzeugung kann gemessen oder mit Erfahrungswerten abgeschätzt werden. Die Fachhochschule Osnabrück entwickelte in dem interdisziplinären Forschungsprojekt das SUN-AREA-Konzept, ein Verfahren zur direkten Messung geeigneter Dachflächen. Es beruht auf Scannerdaten, die durch Befliegung gewonnen und mit GIS-Daten verknüpft werden. Inzwischen wurden Ergebnisse für einige Modellräume ins Internet gestellt. Jeder Hausbesitzer kann so prüfen, ob seine Dachfläche zur solaren Nutzung geeignet ist. Ein Beispiel ist das Solardachkataster der Stadt Gelsenkirchen. Von Nachteil ist jedoch, dass nur die Dachflächen erfasst werden und dass keine städtebaulichen, technischen und baukulturell begründeten Einschränkungen berücksichtigt werden. Diese Aspekte werden beim Konzept der "solaren Gütezahlen" berücksichtigt, die im Rahmen des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert Forschungsprojekt "Leitbilder und Potenziale des solaren Städtebaus" entwickelt wurden. Anhand der Untersuchungen wurde die solare Begabung (Everding et al. 2004; Everding 2007) des stadtraumtypischen Gebäudebestandes quantifiziert. Kriterien dabei sind zum Beispiel die Ausrichtung, Verschattungen und typische Fensterflächen sowie die Eingriffsempfindlichkeit und der Denkmalschutz. Mit den für Stadtraumprototypen hergeleiteten solaren Gütezahlen lässt sich das solarurbane Potenzial abschätzen.

Die solare Gütezahl ergibt sich aus dem Verhältnis von solar nutzbaren Flächen von Dächern und Fassaden zum Nettobauland (Everding et al. 2004; Everding 2007). Das Nettobauland ist die Summe der bebauten Grundstücke (dem Bruttobauland) abzüglich der Gemeinbedarfsflächen (der öffentlich genutzten Flächen). Mit einer solaren Gütezahl von 1,0 ließe sich das gesamte Dach lückenlos solartechnisch nutzen; eine solare Gütezahl von 0,0 zeigt an, dass keine solar nutzbaren Dachflächen vorliegen. Solare Gütezahlen lassen sich sowohl für die Dachflächen, als auch für die Fassadenflächen bestimmen. In Tabelle 17 sind die solaren Gütezahlen für die verschiedenen Stadtraumtypen aufgelistet.

Nutzung	SRT[51]		Solare Gütezahl	
			Dach	Fassade
	-		-	-
Mischnutzung	I	Vorindustrielle Altstadt	0.140	0.000
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	0.100	0.000
	III	Wiederaufbauensembles der 1950er Jahre	0.190	0.000
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	0.040	0.020
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	0.040	0.000
	VI	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus	0.110	0.000
	VII	Hochhäuser und Plattenbauten	0.120	0.090
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	0.080	0.040
	IX	Einfamilienhausgebiete	0.040	0.010
Gewerbe	X	Gewerbe- und Industriegebiete	0.260	0.050
	XI	Zweckbau	0.120	0.040
Mischnutzung	-	Gewerbe in Mischgebieten	0.043	0.019

Tabelle 17: Solare Gütezahlen für einzelne Stadtraumtypen (nach Everding 2004, 2007).

Sonnenkollektoren wandeln das Sonnenlicht in Wärme um. Solarthermische Anlagen bestehen aus einem Kollektorfeld, einem Wärmespeicher, dem Solarkreis (dem geschlossenen Rohrkreis zwischen Kollektorfeld und Speicher) und der Regelung. Die zu erwartenden Erträge einer solarthermischen Anlage sind eine Funktion der solaren Nutzfläche, der Sonneneinstrahlung, des Nutzungsgrades und der Auslastung. Der Energieertrag schwankt mit den Witterungsbedingungen, mit der Tages- und Jahreszeit. Durch die Speicherhaltung ist das System jedoch, zumindest kurzfristig, unabhängig von der Witterung. Mit der zurzeit üblichen Anlagentechnik werden Nutzungsgrade von 30-60 % erreicht.

Sonnenkollektoren werden meist zur Warmwasseraufbereitung genutzt. Im Prognosemodell wird die Nutzung von Sonnenkollektoren darauf beschränkt. In der weitgehend heizfreien Periode von Juni bis August wird im Modellraum im Mittel 22 % der gesamten Jahresenergie für

[51] Stadtraumtyp

Warmwasser verbraucht. Diese muss durch die solar verfügbare Fläche im Stadtraum gedeckt werden, die sich aus den stadtraumtypischen solaren Gütezahlen ergibt. In der weitgehend heizfreien Periode fallen im Modellraum etwa 43% der gesamten Jahreseinstrahlung an. Unter Berücksichtigung eines solarthermischen Nutzungsgrads von 35% lassen sich der stadtraumspezifische solarthermische Flächenanteil und die daraus resultierende solarthermische Nutzfläche ermitteln. Der verbleibende Rest der solar nutzbaren Fläche kann photovoltaisch, also zur Stromerzeugung, genutzt werden.

Zu beachten ist, dass in Stadträumen in denen die Warmwasserversorgung durch Wärmenetze oder durch Abwasserwärmerückgewinnung gesichert wird, die gesamte solar nutzbare Fläche photovoltaisch nutzbar ist.

Umgebungswärme

Die Wärme der Umgebung kann durch Wärmepumpen auf ein nutzbares Niveau angehoben werden. Dabei nutzt man unterschiedliche Umweltmedien:

- den Untergrund
- die Umgebungsluft
- die Gewässer und das Abwasser.

Zum Antrieb einer Wärmepumpe wird Energie benötigt, die aus regenerativen Quellen stammen muss, soll die Wärmeerzeugung nachhaltig sein. Als Bauformen werden Kompressions-, Absorptions- und Adsorptionswärmepumpen unterschieden. In Haushalten werden fast ausschließlich Kompressionswärmepumpen eingesetzt, da sie gerade im kleinen Leistungsbereich kostengünstiger sind. Die Funktionsweise der Kompressionswärmepumpe beruht auf einem komplexen thermodynamischen Kreisprozess, den bereits Jacob Perkins 1834 zum Bau des Kühlschranks inspirierte und den Lord Kelvin 1852 zum Bau einer Wärmekraftmaschine nutzte. Ein Maß für die Effizienz einer Wärmepumpe ist ihre Leistungszahl (Coefficient of Performance) oder Jahresarbeitszahl (JAZ), d.h. das Verhältnis der abgegebenen Jahresnutzwärme zur gesamten, von der Wärmepumpe aufgenommenen Energie. Die für den Betrieb einer Wärmepumpe eingesetzte elektrische Energie sollte mehr als die dreifache Wärmeenergie (also JAZ > 3) erzeugen, damit eine Wärmepumpe wirtschaftlicher als konventionelle Kraftwerke arbeitet.

Erdwärme

Erdwärmesonden entziehen dem Untergrund Wärme, die mit Wärmepumpen auf ein nutzbares Niveau gehoben wird. In der Regel reichen sie bis 100m in den Boden. Ab 100m gilt Bergrecht, was ein aufwendigeres Genehmigungsverfahren zu Folge hat.

Die zulässige Dichte von Erdwärmesonden ist eine Funktion des Stadtraumtyps. Auf der Grundlage der Auswertung von Luftbildern aus 14 Städten und 39 Stadträumen (FHN 2009) wurden charakteristische, technisch machbare Erdwärmesondendichten pro Stadtraum ermittelt, wobei die Erreichbarkeit mit Bohrgeräten, die Nähe zum Wärmeabnehmer und Mindestabstände zur Vermeidung thermischer Überlagerungen von 16m berücksichtigt wurden (Abbildung 59).

Abbildung 59: Erdwärmesonden.

Maximale Dichte vertikaler Erdwärmesonden bei einem thermischen Sicherheitsabstand von mindestens 16m. Die in der Regel in allen Modellräumen angenommene Dichte entspricht der Hälfte der hier dargestellten Dichte.

Nutzung		SRT[52] [-]	Sondendichte[53]
Mischnutzung	Vorindustrielle Altstadt	I	++
	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	II	+++
	Wiederaufbauensembles der 1950er Jahre	III	+++
	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	IV	++
Wohnen	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	V	+++
	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus	VI	+++
	Hochhäuser und Plattenbauten	VII	++
	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	VIII	++
	Einfamilienhausgebiete	IX	+++
Gewerbe	Gewerbe- und Industriegebiete	X	+
	Zweckbau	XI	++
Mischgewerbe	Gewerbe in Mischgebieten	X-M	++

Tabelle 18: Charakteristische Dichten vertikaler Erdwärmesonden nach Stadtraumtyp.

Abwasserwärme

Aus Abwasser lässt sich in effizienter Weise Wärme gewinnen. Dabei kann der Wärmeentzug entweder noch im Gebäude vor Eintritt des Abwassers in das Kanalnetz oder in speziellen, gebäudenahen Abwassersammelschächten erfolgen. Zudem können in den Abwasserkanal Wärmetauscher gelegt werden. Schließlich ist auch am Ausfluss eines Klärwerks eine Abwasserwärmerückgewinnung möglich. Der Wärmeentzug aus geklärten Abwässern ist wesentlich effizienter als im Kanal, da das Abwasser vor dem Klärwerk nur wenig abgekühlt

[52] Stadtraumtypen

[53] 0 keine Platz für Erdwärmesonden; + bis zu 5 Erdwärmesonden pro Hektar; ++ bis zu 10 Erdwärmesonden pro Hektar; +++ über 10 Erdwärmesonden pro Hektar

werden darf, um dessen Funktionsfähigkeit nicht zu beeinträchtigen. Am Ausfluss des Klärwerks ist dagegen eine erhebliche Abkühlung möglich und ökologisch sogar sinnvoll. Allerdings gibt es in unmittelbarer Nähe von Klärwerken selten Wärmeabnehmer.

Der technisch machbare Energieertrag aus Abwasser ist eine Funktion der Menge des Abwassers pro Zeiteinheit (dem Durchfluss), der Temperaturdifferenz vor und nach dem Wärmeentzug, der spezifischen Wärmekapazität des Abwassers und der Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe. Da ein Einwohner im Mittel 100 Liter Abwasser pro Tag erzeugt, lässt sich über die Einwohnerzahl pro Stadtraum der theoretisch mögliche Wärmeentzug abschätzen. Eine weitere Möglichkeit der Abschätzung des Wärmeertrags geht von der Erkenntnis aus, dass im Prinzip 5-10 % des thermischen Bedarfs von Wohngebäude (Heizwärme und Warmwasser) durch Abwasserwärmerückgewinnung gedeckt werden kann (BWP/DBU 2005). Inzwischen konnte anhand von Praxisprojekten nachgewiesen werden, dass sich der gesamte Warmwasserbedarf durch Abwasserwärmerückgewinnung decken lässt (FEKA 2009).

Eine im Stadtraum sinnvolle Option stellt die der Abwasserwärmerückgewinnung in gebäudenahen Abwassersammelschächten dar (Abbildung 60). Wirtschaftlich ist sie jedoch nur in Gebäuden mit mehr als 30 Wohneinheiten (Kalberer 2010). In Tabelle 19 sind die prototypischen Stadträume gelistet, in denen eine entsprechende Abwasserwärmerückgewinnung wirtschaftlich erscheint. Dabei wird davon ausgegangen, dass Anlagen der Abwasserwärmerückgewinnung auch mehrere Gebäude versorgen können. Für die Stadträume, in denen die Wirtschaftlichkeit einer Abwasserwärmerückgewinnung nicht bekannt ist, wird im Prognosemodell auch kein Wärmeertrag angenommen. In diesem Fall werden auch keine Sonnenkollektoren zur Wärmebereitstellung angenommen.

Abbildung 60: Abwasserwärmerückgewinnung in gebäudenahen Schächten
Quelle: FEKA 2009.

Nutzung		SRT[54] [-]	Abwasserwärmerückgewinnung[55]
Mischnutzung	Vorindustrielle Altstadt	I	0
	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegs-zeit	II	+
	Wiederaufbauensembles der 1950er Jahre	III	+
	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	IV	0
Wohnen	Werks- und Genossen-schaftssiedlungen der Grün-der- und Vorkriegszeit	V	0
	Siedlungen des sozialen Wohnungsbaus	VI	+
	Hochhäuser und Plattenbau-ten	VII	+

[54] Stadtraumtypen
[55] 0 nicht wirtschaftlich, + wirtschaftlich, ? nicht bekannt.

	Geschosswohnungsbau seit den 1960er Jahren	VIII	+
	Einfamilienhausgebiete	IX	0
Gewerbe	Gewerbe- und Industriegebiete	X	?
	Zweckbau	XI	0
Mischgewerbe	Gewerbe in Mischgebieten	X-M	?

Tabelle 19: Wirtschaftlichkeit der Abwasserwärmerückgewinnung nach Stadtraumtypen.

Wirtschaftlichkeit der Abwasserwärmerückgewinnung nach Stadtraumtypen. In der Modellierung wird die Abwasserwärmerückgewinnung nur berücksichtigt, wenn sie wirtschaftlich erscheint. In diesem Fall sind keinen Sonnenkollektoren erforderlich.

Die Abwasserwärmerückgewinnung am Gebäude beeinträchtigt die Funktion von Klärwerken nicht, da das gekühlte Abwasser im Abwasserkanal die Temperatur des Bodens wieder aufnimmt. Der elektrische Hilfsenergiebedarf zum Betreiben der Wärmepumpen wird in der Bilanz berücksichtigt. Die Jahresarbeitszahl wird mit 4,0 angenommen. Es wird von 2.400 Jahresarbeitsstunden ausgegangen.

3.5.5 Potenziale zur Stromerzeugung

Die Nutzung der Stadträume zur Stromerzeugung ist zur Zeit auf die solare Nutzung der Gebäudehülle beschränkt. Weitere Optionen sind entweder nicht geeignet für den Stadtraum (zum Beispiel Kleinwindkraftanlagen) oder punktuelle Inputs, die unabhängig vom Stadtraum sind (zum Beispiel Kleinwasserkraftanlagen).

Photovoltaik-Anlagen (PV-Anlagen) wandeln Solarstrahlung direkt in elektrische Energie um. Sie bestehen aus PV-Modulen (Solarmodulen), die Sonnenlicht in Gleichstrom umwandeln, der wiederum mit einem Wechselrichter in Wechselstrom umgewandelt wird.

Die zu erwartenden Erträge einer PV-Anlage sind eine Funktion der solaren Nutzfläche, der Sonneneinstrahlung und des Nutzungsgrades. Im Modellraum beträgt die typische mittlere jährliche Globalstrahlungssumme etwa 1100 kWh/m^{2}a (horizontale Fläche). Der Nutzungsgrad einer PV-Anlage liegt bei 10-15 % (Kaltschmitt et al. 2006; Wesselak & Schabbach 2009). Im Prognosemodell wird von einem Nutzungsgrad von 10% ausgegangen.

Im Sommerhalbjahr bringt eine PV-Anlage etwa zwei Drittel des gesamten Jahresertrages. Photovoltaik ist also keine konstante und somit keine bedarfsgerechte Form der Energieerzeugung. Der Energieertrag variiert mit den Witterungsbedingungen und dem Sonnenstand,

mit der Tages- und Jahreszeit. Er ist auch eine Funktion des Stadtraumtyps, der die solare Gütezahl vorgibt.

3.5.6 Potenziale zur dezentralen Energieerzeugung mit KWK

Die Potenziale einer dezentralen kraftwärmegekoppelte Energieerzeugung sind eine Funktion:

- des Angebotes an regenerativen Energieträgern
- der Art der regenerativen Energieträger
- der Energienachfrage
- der Förderkulisse.

Das Angebot der regenerativen Energieträger ist regionaltypisch. Sowohl im Stadtraum als auch im Umland können regenerative Energieträger bereitgestellt und in Energie umgewandelt werden. Als Brennstoffe eignen sich Biokraftstoffe, Biogas oder Holz, das direkt verbrannt oder über eine Holzvergasung genutzt werden kann. Die Energieträger werden in einer modular aufgebauten Anlage – einem Blockheizkraftwerk (BHKW) – in Wärme und Strom transformiert. Durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme haben BHKW erheblich höhere Wirkungsgrade als konventionelle Kraftwerke bzw. Heizzentralen. Ein zur Deckung des Wärmebedarfs eingesetztes BHKW wird als wärmegeführt, ein vornehmlich Strom produzierenden BHKW als stromgeführt bezeichnet. Die Wahl der Energieführung ist nicht nur abhängig vom Bedarf sondern auch von den Förderrichtlinien, die über die Einspeisevergütung die günstigste Variante vorgeben.

Nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz unterscheidet man Mikro-KWK-Anlagen (unter 15 kW), Mini-KWK-Anlagen (bis 50 kW) und BHKW (bis 5 MW). Mikro- und Mini-KWK-Anlagen sind gebäudegestützte Anlagen für Ein- und Mehrfamilienhäuser sowie Kleingewerbe. BHKW ab 50 kW werden in Wohnanlagen und im Gewerbe genutzt und können Wärmenetze betreiben.

Es gibt eine Fülle von Beispielen der effizienten, kostengünstigen Nutzung von wärme- und vor allem stromgeführten BHKW im urbanen Raum. Die saisonalen Schwankungen der Energienachfrage führen jedoch immer wieder zu Effizienzverlusten. Um die Effizienz und damit auch die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, wurden erste netzgesteuerten Kraftwerke eingeführt. Bei solchen auch als Kombi- oder Schwarm- bzw. virtuellen Kraftwerke bezeichneten Anlagen wird der Energieinput der einzelnen Komponenten, zu denen auch Kleinkraft-

werke (z.B. PV-Anlagen) gehören, zentral gesteuert und optimiert (Abbildung 61). Ein Beispiel ist das von Vattenfall betriebene virtuelle Kraftwerk in Hamburg Bramfeld, bei dem bislang 6.000 Wohneinheiten angeschlossen sind (klimAktiv 2011). Eine Erweiterung auf 100.000 Wohneinheiten ist geplant.

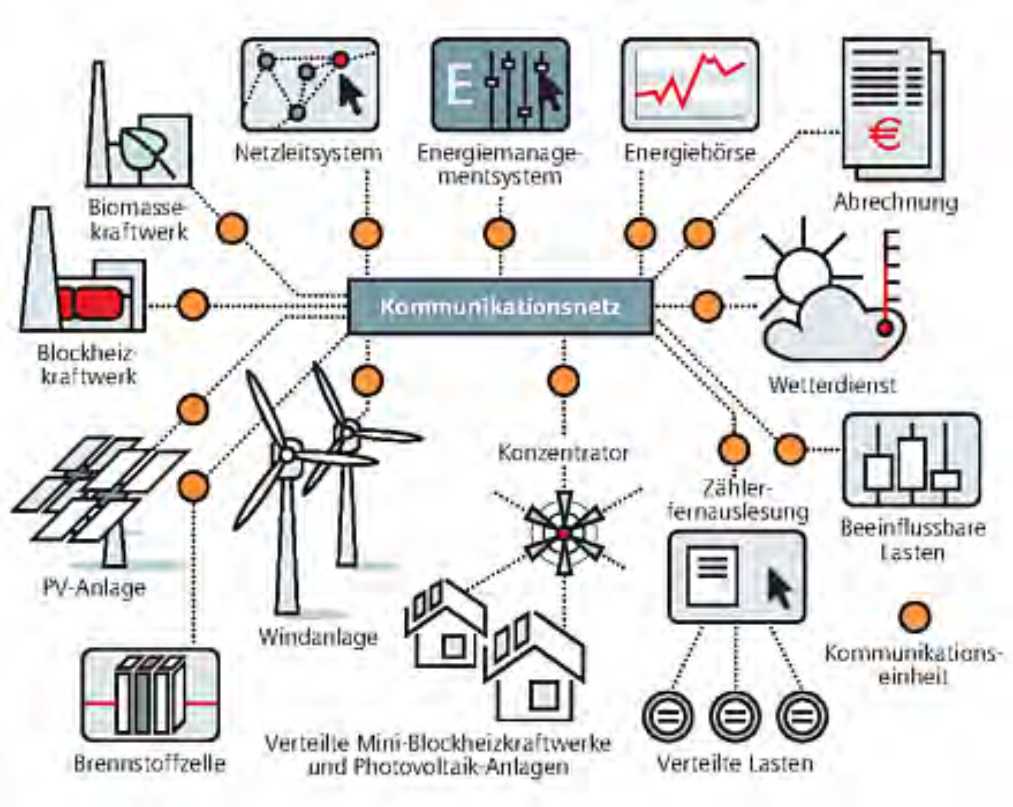


Abbildung 61 : Ein virtuelles Kraftwerk.
Quelle: Harald Hassenmüller, © Siemens, www.siemens.com

3.5.7 Möglichkeiten der Umstellung von Fernwärme auf regenerative Quellen, Abwärmenutzung

In Deutschland wurden 2008 4,8 Millionen Haushalte mit Fernwärme versorgt. Die dazu notwendigen Trassen haben eine Länge von ca. 18.500 km (BDEW 2010).

Aufgrund der geringen Neubauraten, dem abnehmendem Wärmebedarf aufgrund von Gebäudesanierungen oder Rückbaumaßnahmen insbesondere in den neuen Bundesländern wird auch in Thüringen eher eine Konsolidierung bestehender Fernwärmenetze erwartet. Neue KWK-Anlagen werden eher im Bereich kleiner und mittlerer Leistung zur Versorgung von Nahwärmenetzen oder Einzelgebäuden entstehen. Zudem hinkt die Umstellung auf erneuerbare Energien im Fernwärmebereich der Dynamik im Strombereich hinterher. Die Wir-

kung des 2008 verabschiedeten Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG) bleibt abzuwarten (Wesselak et al. 2010).

Die Nutzung von regenerativen Energieträgern in bestehenden Fernwärmenetzen eröffnet die Möglichkeit, größere zusammenhängende Wohn- oder Industriekomplexe sozusagen in einem Zuge von fossiler auf einer regenerative Wärmebereitstellung umzustellen. Dabei wirken insbesondere zwei Aspekte positiv:

1. Die vorhandene Infrastruktur kann genutzt werden.

2. Die sofortige Durchführung von umfangreichen Sanierungsmaßnahmen im Baubestand ist nicht zwingend erforderlich.

Zunächst ist die Prüfung der Nutzung von verfügbaren Abwärmeressourcen sinnvoll. Die Abwärmenutzung ist eine Effizienzmaßnahme, die darauf abzielt, sowieso erzeugte Wärme, die im Produktionsprozess anfällt und nicht genutzt wird, anderen Prozessen oder Nutzungen zuzuführen.

Ein weit verbreiteter Spezialfall ist die Nutzung der Abwärme, die im Rahmen der Abfallverbrennung anfällt. Allerdings wird die Abwärmenutzung aus diesen Anlagen in der Regel nicht als erneuerbar anerkannt. Problematisch in diesem Zusammenhang ist zudem die Abschätzung der Entwicklung des Abfalldargebotes.

Die Umstellung von Fernwärmenetzen auf erneuerbare Energieträger wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dazu zählen:

- die Entwicklung der Preise für fossile Energieträger
- die Ausgestaltung der Förderkulisse
- der Abnahmeleistung und deren zukünftige Entwicklung
- das Angebot an Abwärme oder regenerativen Energieträgern (inkl. Biogas).

Es existieren zahlreiche technische Lösungsmöglichkeiten, insbesondere im KWK-Bereich (Kapitel 3.5.6). Die Wirtschaftlichkeit wird vor allem durch den fehlenden Absatz von Wärme im Sommer beeinträchtigt, da insbesondere Biomasse-KWK-Anlagen aufgrund der hohen Anfangsinvestitionen eine hohe Anlagenauslastung erfordern (Jahresvolllaststunden) (Bucar et al. 2005). Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht also darin, Alternativen bzw. Lösungen für die Sommernutzung bzw. -auslastung dieser Systeme (z.B. Kühlung oder Speicherung) zu entwickeln.

Neben der Nutzung von Biomasse mit oder ohne KWK gibt es weitere Optionen, die jeweils spezifische Anpassungen erfordern (Tabelle 20).

Option	Chancen	Hemmnisse
Biomasse	Ausgereifte Technik Gute Lagerfähigkeit der Brennstoffe geringe Betriebskosten	Grenzen der Nutzbarkeit/Wirtschaftlichkeit durch Sommerabsatz an Wärme bestimmt Langfristige Investition
Solarthermie	Rohstoffunabhängiger Preis Energieerträge witterungsabhängig Optimierung auf ca. 40-60% Deckungsanteil durch Solarthermie	Bei geringer Abnahmeleistung ist in der Regel ein Wärmespeicher zu implementieren Mögliche Probleme bei der Kopplung mit anderen erneuerbaren Energieträgern
Erdwärme	Konstanter Betrieb möglich	Relativ hohe Investitionskosten (Bohrkosten) Strom für die Wärmepumpen sollte möglichst auch erneuerbar bereitgestellt werden
Tiefe Geothermie	Konstanter Betrieb möglich Rohstoffunabhängiger Preis	Sehr hohe Investitionskosten, deshalb detailliierte Analyse der Abnehmerstruktur (idealerweise Anschluss von Großverbrauchern und bestehenden Wärmenetzen) Umfangreiche Analysen der geothermalen Quellen/des geologischen Untergrundes notwendig Technik noch im Entwicklungs-stadium

Tabelle 20: Chancen und Hemmnisse der einzelnen erneuerbaren Energieoptionen/-technologien bei der Umstellung von Fernwärmenetzen.
Quelle: Bucar et al. 2005, ergänzt.

3.5.8 Energetische Nutzungsmöglichkeiten von brach gefallenen Stadträumen

Infolge des politischen Umbruchs 1989/90 und dem damit verbundenen wirtschaftlichen Strukturwandel kam es in vielen Städten Thüringens zum Brachfallen von Industrie- und Gewerbestandorten, ehemaligen LPG-Betrieben sowie ehemals militärisch genutzter Liegenschaften. Auch führte die demographische Entwicklung seit den 1990er Jahren (Geburten-

rückgang, Abwanderung) vielerorts zu Wohnungsleerständen, die sich v.a. in stark schrumpfenden Regionen negativ auf die bestehende Infrastruktur auswirken und teils zum Brachfallen ganzer Wohnviertel führten. Mit dem Bevölkerungsrückgang ging zudem die Nutzungsaufgabe vieler öffentlicher und sozialer Einrichtungen (z.B. Schulen, Freizeiteinrichtungen) einher.

Brachflächen im Stadtraum stellen Kommunen langfristig vor große Probleme. Ehemals industriell-gewerblich oder landwirtschaftlich genutzte Flächen weisen häufig ökologische Beeinträchtigungen oder Altlasten auf, die eine Entwicklung der Flächen aufgrund der hohen Sanierungskosten zusätzlich hemmen. Fehlende Investoren und die schlechte finanzielle Situation der Kommunen verschärfen die Situation und führen vielerorts dazu, dass die Flächen über lange Zeiträume brachliegen. Dabei bergen ungenutzte Brachflächen im Stadtraum enorme Flächenpotenziale und können neben den Chancen zur Förderung der Innenentwicklung durch Wohnbebauung auch durch die Integration in bestehende Energieversorgungsnetze einen gewichtigen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz leisten. Eine Revitalisierung innerstädtischer Brachflächen wirkt nachhaltig dem anhaltend hohen Flächenverbrauch auf der ‚Grünen Wiese' entgegen. Die Nachverdichtung erfordert keine zusätzlichen Erschließungskosten und langen Verkehrswege wie im Außenbereich und trägt somit zur Senkung der CO_2-Emissionen bei.

Für die analysierten Stadtraumtypen Thüringens sind charakteristische Brachflächentypen abgrenzbar. So sind beispielsweise im Stadtraumtyp I „Dörfliche und kleinteilige Strukturen" vermehrt Landwirtschaftsbrachen ehemaliger LPG-Betriebe, brachliegende Bauerngehöfte oder aufgegebene Tankstellen anzutreffen (Abbildung 62). Für den Stadtraumtyp VII „Hochhäuser und Plattenbauten seit den 70er und 80er Jahren" sind hingegen leerstehende Wohnblöcke und brachliegende Gebäude ehemaliger öffentlicher oder sozialer Einrichtungen (z.B. Schulen, Vereinshäuser) charakteristisch. Altablagerungen sind allgemein eher im Außenbereich am Stadtrand oder im Stadtraumtyp IX „Gewerbe- und Industriegebiete" vorzufinden. Tabelle 21stellt die charakteristischen Brachflächentypen entsprechend der abgegrenzten Stadtraumtypen zusammenfassend dar.

Abbildung 62: Brachliegende Dieseltankstelle in Dingsleben, Landkreis Hildburghausen.
Quelle: A. Homuth 2009.

Stadtraumtyp		**Charakteristische Brachflächentypen**
I	Vorindustrielle Stadt / Altstadt	- Wohngebäude, teils mit gewerblicher Mischnutzung (Ladenzeilen im Erdgeschoss) - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Gaststätten, Einkaufszentren) - Gewerbe-/Industriebrachen (Altindustriestandorte, oft mit denkmalgeschützter Bausubstanz, Bürogebäude, Kohlehandel)
IIa	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	- Wohngebäude, teils mit gewerblicher Mischnutzung (Ladenzeilen im Erdgeschoss) - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Gaststätten, Vereinshäuser, Kohlehandel)
IIb	Villen- und Wohnviertel der Gründer- und Vorkriegszeit (Einzelhäuser)	- Wohngebäude, teils mit gewerblicher Mischnutzung (v.a. Bürogebäude) - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Gaststätten, Vereinshäuser, Kohlehandel)
III	Gebäudeensembles der 1950er Jahre (geschlossene Bauweise /	- Wohngebäude mit anteiligen gewerblichen Nutzungen (Bürogebäude, Ladenzeilen im Erdgeschoss)

Stadtraumtyp		**Charakteristische Brachflächentypen**
	Wiederaufbau)	
IVb	Dörfliche und kleinstädtische Ortskerne	- Wohngebäude, teils mit landwirtschaftlicher oder gewerblicher Mischnutzung (z.B. Ladenzeilen im Erdgeschoss) - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Gaststätten, Einkaufszentren) - Landwirtschaftsbrachen (ehemalige LPG-Betriebe, Stallanlagen, Lagerhallen, Fahrsilos) - Gewerbe-/Industriebrachen (Altindustriestandorte, oft mit denkmalgeschützter Bausubstanz, Bürogebäude, Kohlehandel) - Tankstellen
IVa	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	- Landwirtschaftsbrachen (ehemalige LPG-Betriebe, Stallanlagen, Lagerhallen, Fahrsilos) - Wohngebäude, teils mit gewerblicher oder landwirtschaftlicher Mischnutzung (Bauerngehöfte, Werkstätten) - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Schulen, Gaststätten, Vereinshäuser) - Bahnhofsgebäude und stillgelegte Gleisanlagen - Tankstellen
V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	- Wohngebäude - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Gaststätten, Schulen, Einkaufszentren, Vereinshäuser, Kohlehandel)
VIIa	Geschosswohnungsbau der 1950er und 1960er Jahre	- Wohngebäude - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Gaststätten, Schulen, Einkaufszentren, Vereinshäuser) - Garagenkomplexe - Heizhäuser/-zentralen mit Kohlelagerplätzen
VIIb	Industrieller Geschosswohnungsbau seit den 70er Jahren (bis 6 VG)	- Wohngebäude - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Gaststätten, Schulen, Einkaufszentren, Vereinshäuser) - Garagenkomplexe
VIIc	Industrieller Geschosswohnungsbau seit den 70er Jahren (mehr als 6 VG)	
VIII	Gebäudeensembles der 1980er Jahre (geschlossene Bauweise / Innenstadtplatte)	- Wohngebäude mit anteiligen gewerblichen Nutzungen (Bürogebäude, Ladenzeilen im Erdgeschoss)
IX	Einfamilienhausgebiete seit den 60er Jahren	- Wohngebäude

Stadtraumtyp		Charakteristische Brachflächentypen
X	Gewerbe- und Industriegebiete	- Gewerbe-/Industriebrachen (Altindustriestandorte, oft mit denkmalgeschützter Bausubstanz, Bürogebäude, Maschinenhallen, Lagerhallen) - Bahnhofsgebäude und stillgelegte Gleisanlagen - Tankstellen - Altablagerungen - Heizhäuser/-zentralen mit Kohlelagerplätzen
XI	Zweckbaukomplexe und öffentliche Einrichtungen	- Bürogebäude und Infrastrukturkomplexe - öffentliche und soziale Einrichtungen (z.B. Schulen, Gaststätten, Einkaufszentren, Freizeitanlagen)

Tabelle 21: Brachflächentypen differenziert nach Stadtraumtypen.

Grundsätzlich bestehen vielfältige energetische Nutzungsmöglichkeiten auf Brachflächen im Stadtraum. Die Flächen können für Optionen der erneuerbaren Energieerzeugung oder auch für Formen der Energiespeicherung, -umwandlung und -verteilung genutzt werden. Eine Integration von Brachflächen in bestehende Energieströme, beispielsweise durch die Errichtung von Blockheizkraftwerken mit KWK, kann zu Synergieeffekten führen und sich positiv auf die Energiebilanz einer Gemeinde auswirken. Für jeden Standort, der im Sinne einer energetischen Nachnutzung umgenutzt werden soll, ist immer eine spezifische Einzelfallprüfung erforderlich. Nach Genske (2010) muss diese Einzelfallprüfung neben natürlichen Standortgegebenheiten, wie Sonneneinstrahlung, Windhöffigkeit oder der Höhe des Grundwasserspiegels, folgende Rahmenbedingungen berücksichtigen:

- Genehmigungsfähigkeit / Nutzungseinschränkungen
- Bedarf
- Technische Machbarkeit
- Wirtschaftlichkeit

Zunächst ist die *Genehmigungsfähigkeit* der geplanten energetischen Nachnutzung auf der Fläche zu überprüfen. Die planungsrechtlich zulässige Nachnutzung für ein Grundstück definiert das Baugesetzbuch (BauGB). Weiterhin sind immissionsschutzrechtliche Vorgaben zur Errichtung und dem Betrieb von Anlagen, insbesondere im Innenbereich, zu beachten. Je nach Eingriff des Bauvorhabens in das Ökosystem können zudem Genehmigungserfordernisse nach Wasser- oder Bergrecht (z.B. bei geothermischer Nutzung) entstehen. In jedem

Fall ist für eine energetische Nachnutzung von Brachflächen die Notwendigkeit der Beteiligung und ggf. erforderlichen Genehmigung aller zuständigen Behörden zu überprüfen.

Nutzungsrestriktionen auf einer Brachfläche können sich beispielsweise aus der Lage innerhalb von Schutzgebieten, aus denkmalschutzrechtlichen Belangen oder dem Vorhandensein von Altlasten ergeben. Die Lage in Naturschutzgebieten schließt eine bauliche Nachnutzung i.d.R. aus. Bei der Integration von Energieanlagen in denkmalgeschützte Bausubstanz (v.a. Photovoltaik, Solarthermie) sind die Belange des Denkmalschutzes zu beachten.

Einer energetischen Nachnutzung von Altstandorten oder Altablagerungen mit vorhandenen ökologischen Beeinträchtigungen oder Altlasten stehen prinzipiell keine rechtlichen Entwicklungshemmnisse entgegen. Jedoch sind die zuständigen Umweltämter, insbesondere bei der abschließenden Aufklärung über mögliche von der Fläche ausgehende Gefährdungen und Auswirkungen auf betroffene Schutzgüter zu beteiligen. Bei Vorliegen einer konkreten Gefahr sind Gefahrenabwehrmaßnahmen zu ergreifen, bevor auf der Brachfläche eine energetische Nachnutzung realisiert werden kann. Möglicherweise können für energetische Nachnutzungen in Abstimmung mit der Behörde andere (weniger sensible) Sanierungsziele für die Altlast definiert werden.

Insbesondere bei energetischen Nutzungsoptionen der Wärmebereitstellung auf Brachflächen (z.B. Solarthermie, Erdwärme) ist der vorhandene *Bedarf* im Umfeld der Fläche zu ermitteln. Zum Betreiben entsprechender Anlagen ist stets die Nähe zu einem Wärmeabnehmer erforderlich, da Wärme nicht über weite Strecken ohne größere Energieverluste transportiert werden kann. Hierfür sind u.a. Brachflächen in Wohnquartieren prädestiniert.

Weiterhin ist die *technische Umsetzbarkeit* der geplanten energetischen Nutzung auf der Brachfläche zu überprüfen. Dies umfasst beispielsweise den Zustand und die Tragfähigkeit vorhandener Bausubstanz, die Gründungsfähigkeit des Baugrundes, den Anteil vorhandener Versiegelungen sowie die Höhe und Verteilung von Schadstoffen im Boden und Grundwasser. Letztgenanntes Kriterium ist v.a. im Hinblick auf eine mögliche Nutzung durch Energiepflanzenanbau in Verbindung mit einer makrobiologischen Bodensanierung relevant.

Schließlich ist auch die *Wirtschaftlichkeit* der geplanten energetischen Nutzung zu kalkulieren, um möglichen finanziellen Verlusten entgegenzuwirken. Die Wirtschaftlichkeit einer energetischen Nutzung ergibt sich im Allgemeinen aus der Differenz von Energieertrag und Sanierungs-, Investitions- und Betriebskosten über einen betrachteten Zeitraum.

Nachfolgende Zusammenstellung charakterisiert notwendige Standortanforderungen bzw. beurteilungsrelevante Kriterien für mögliche energetische Nutzungen auf Brachflächen im Stadtraum bzw. Stadtumlandbereich.

	Strom				**Wärme**				**Strom und Wärme**				
	Energieerzeugung												
	Photovoltaik (Freifläche)	Photovoltaik (Dachfläche)	Windkraft	Wasserkraft	Solarthermie (Freifläche)	Solarthermie (Dachfläche)	Erdwärme	Abwärmerück-gewinnung	Tiefe Geothermie	Biomasse (Anlage)	Biomasse (Anbau)	**Energiespeicherung**	**Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW)**
Baugenehmigung													
Windvorranggebiet													
Nähe zu Wärme-abnehmer													
Rohstoffverfüg-barkeit													
Infrastrukturelle Anbindung													
Sonneneinstrah-lung													
Windgeschwindig-keit													
Fallhöhe													
Nutzbare Wasser-menge													
Bodenart und -qualität													
Wasserverfügbar-keit (nFK)													
Grundwasser-spiegel													
Spezifische Ent-zugsleistung													

	Strom				**Wärme**				**Strom und Wärme**				
	Energieerzeugung											**Energiespeicherung**	**Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW)**
	Photovoltaik (Freifläche)	Photovoltaik (Dachfläche)	Windkraft	Wasserkraft	Solarthermie (Freifläche)	Solarthermie (Dachfläche)	Erdwärme	Abwärmerück-gewinnung	Tiefe Geothermie	Biomasse (Anlage)	Biomasse (Anbau)		
Petrothermale Eignung									■				
Geothermaler Temperaturgradient									■				
Volumenstrom								■					
Temperatur								■					
Gründungsfähigkeit	■		■	■	■		■		■	■		■	■
Tragfähigkeit Bausubstanz		■				■							
Bodenkontaminationen			■				■				■		
Versiegelungsgrad							■				■	■	
Baugrundstörungen							■				■	■	

Tabelle 22: Standortanforderungen und beurteilungsrelevante Kriterien für Optionen der energetischen Nachnutzung auf Brachflächen.

Quelle: eigene Darstellung nach Genske 2010.

Zusammenfassend ist also festzustellen, dass für jede Form der energetischen Nachnutzung unterschiedliche Standortanforderungen charakteristisch sind. Die Eignung einer energetischen Nutzungsoption auf einer Brachfläche im Stadtraum ist stets für den speziellen Einzelfall anhand beurteilungsrelevanter Kriterien zu überprüfen. Sind mehrere Varianten der energetischen Nachnutzung möglich, hilft i.d.R. eine vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei der Entscheidung über die geeignetste und effizienteste Nutzung.

3.6 CO_2-Einsparpotenziale

Nicht nur der Energiebedarf und das Potenzial zur Erzeugung erneuerbarer Energie sind prototypisch, auch die Emissionen von Treibhaugasen lassen sich über die Stadt- und Landschaftsraumtypen systematisieren. Mit ihnen ist eine in sich geschlossene Strategie der Energie- und Klimagasbilanzierung möglich. Die Homogenbereiche werden mit thematischen Kartenwerken visualisiert, auf deren Grundlage die räumliche Beschreibung des Status quo wie auch die Entwicklungen von Zukunftsszenarien möglich ist.

Die Sanierung der Bausubstanz und die Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien führen zu einer Reduktion von Treibhausgasen. Das Potenzial der Reduktion CO_2-äquvalenter Emissionen hat somit zwei Komponenten:

- Einsparungen durch baulich-energetische Sanierung und effizientere Energieversorgungstechnik im Bestand

- Einsparungen durch die Erzeugung und Nutzung regenerativer Energien.

Neben diesen flächigen Potenzialen der Emissionsreduktion sind noch konkrete Quellen (zum Beispiel Kohlekraftwerke) und Senken (zum Beispiel Moore) zu berücksichtigen. Flächige und konkrete Senken und Quellen lassen sich bilanzieren und visualisieren (Droege et al. 2011).

4 ÖKOLOGISCH, ENERGETISCH UND WIRTSCHAFTLICH EFFIZIENTES ENERGIEKONZEPT AM BEISPIEL DER STADT WEIMAR

4.1 Zielstellung

Ziel der Planung ist es, bestehende Methoden zur energetischen Analyse und Planung städtebaulicher und regionalplanerischer Einheiten (Länder, Regionen, Städte, Gemeinden, Stadtteile und Stadtquartiere) exemplarisch an der Stadt Weimar zu erproben. Im Ergebnis der Planung sollen den örtlichen Akteuren Handlungsoptionen für die zukünftige Entwicklung energetischer Strukturen in der Stadt aufgezeigt und ökonomische sowie ökologische Konsequenzen dargestellt werden.

Daneben sollen neue Erkenntnisse bei der Erarbeitung von Energiekonzepten gewonnen werden.

Weimar wurde ausgewählt, da neben einer sehr guten Datenlage auch gute Ortskenntnis der Bearbeiter vorliegt, welche für die Bewertung städtischer Teilgebiete für zukünftige Energiestrukturen notwendig ist.

4.2 Methodik

Die Methodik energetischer Analysen und Planungen ist direkt abhängig von der vorhandenen Datenlage. Prinzipiell können energetische Daten gemessen oder über städtebauliche und gebäudespezifische Kennzahlen ermittelt werden. In Abhängigkeit vom Detaillierungsgrad müssen unterschiedliche Methoden der Datenerhebung genutzt werden. Für die Gesamtanalyse der Energetik von Städten und Gemeinden aber auch Ländern sind Daten zur netzgebundenen Energetik über die Energieversorger, Netzbetreiber und Stadtwerke erhältlich, während für die Brennstoffe zumeist nur statistische Durchschnittswerte bezogen auf demografische Einheiten genutzt werden können. Das betrifft auch die Struktur des Endenergieeinsatzes zur Nutzenergiebedarfsdeckung der Verbrauchergruppen. Daten zur Sekundärenergieerzeugung in der Stadt sind nur über die Stadtwerke, Großverbraucher oder Betreiber der entsprechenden Anlagen erhältlich.

Für die Potentialanalyse zur Nahwärmeversorgung der Stadt Weimar lagen die Energieverbrauchsdaten straßenweise vor, und mussten in einer sehr aufwendigen Prozedur auf die Teilgebiete der Stadt verteilt werden. Eine derartige Analyse ist für zukünftige Untersuchungen nicht praktikabel.

Für eine detaillierte Darstellung der Daten z.B. nach Stadteilen sollten besser GIS-basierte Daten genutzt werden, die durch die Energieversorger wie Stadtwerke aber auch durch die Kommune bereitzustellen sind. Hier muss aber beachtet werden, dass aus Datenschutzgründen der vorhandene Dataillierungsgrad durch Zusammenfassung in größere Einheiten (Teilgebiete) entschärft werden muss. Das betrifft insbesondere Großverbraucher. Werden die Daten nicht GIS-basiert zur Verfügung gestellt, müssen andere konventionelle Methoden genutzt werden, um ein möglichst wirklichkeitsnahes Abbild energetischer und städtebauli-

cher Strukturen zu erhalten. Energetische Kennzahlen könnten z.B. über eine genaue Analyse der Bebauungsstruktur und Kenntnis zum Sanierungsstand ermittelt werden. Zahlreiche Untersuchungen zur Thematik wie Energiekennzahlen nach Gebäudetypenmethode oder Stadtraumtypenmethode liegen bereits vor.

4.3 Analyse der gegenwärtigen Energiebedarfsdeckung in Weimar

4.3.1 Gesamtstadt

4.3.1.1 Ermittlung der zugeführten Energieträger

Für die Datenermittlung auf der Ebene der zugeführten Energieträger mussten unterschiedlichste Quellen genutzt werden. Bei den netzgebundenen Energieträgern Elektroenergie und Erdgas wurden die Daten direkt von den Stadtwerken Weimar Stadtversorgungs-GmbH zur Verfügung gestellt[56], während für die festen und flüssigen Brennstoffe bundes- und thüringenweite Datenbanken genutzt[57], Befragungen durchgeführt, sowie ergänzende Schätzungen vorgenommen wurden.

Die Methodik der Datenanalyse ist an Hand des in Arbeit befindlichen Analyseprogramms ersichtlich. Für die Stadt Weimar ergibt sich nachstehende Struktur für die zugeführten Energien (Abbildung 63). Ein noch detaillierteres Bild ist der Anlage, Bild 1 zu entnehmen.

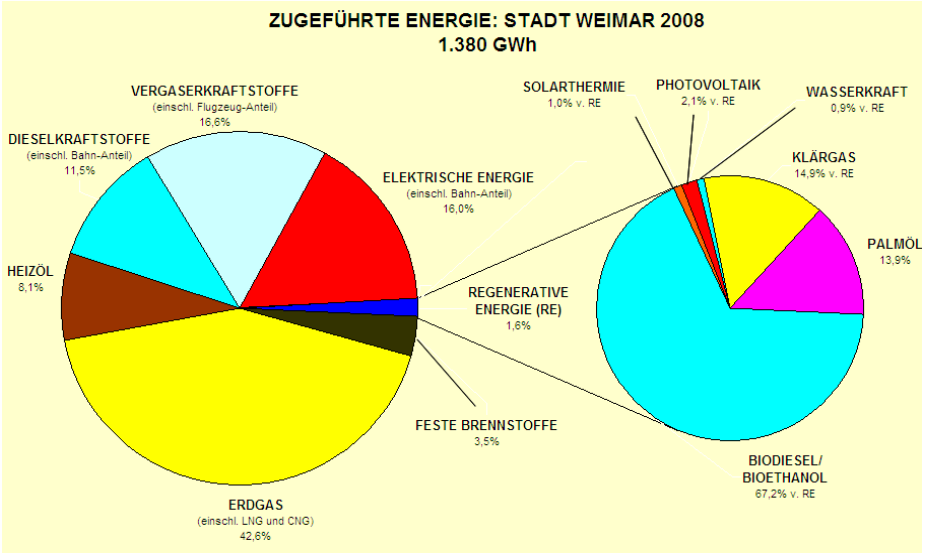


Abbildung 63: Struktur zugeführte Energien in Weimar 2008.

[56] Vgl. Stadtwerke Weimar, Stadtversorgungs-GmbH, Industriestr. 14, 99427 Weimar

[57] Vgl. Mineralölwirtschaftsverbandes, Deutschen Institutes für Wirtschaftsforschung DIW Berlin, Statistischen Jahrbuch der Stadt Weimar, Deutschen Bahn AG, Verbandes der Deutschen Biokraftstoffindustrie, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA, Kraftfahrtbundesamt

4.3.1.2 Sekundärenergieerzeugung in den Umwandlungsanlagen

Bei der Ermittlung der Sekundärenergie wurden neben den entsprechenden Anlagen der Stadtwerke Weimar auch Erzeugeranlagen mit einer thermischen Leistung von über 500 kW wie die der Bauhaus-Universität Weimar (Energieflussbild), mit betrachtet. Die Strom- und Wärmeerzeugung in der Kläranlage Weimar über zwei mit Klärgas betriebene BHKW, ist ein weiteres Beispiel für die Sekundärenergieerzeugung in der Stadt (Abbildung 64).

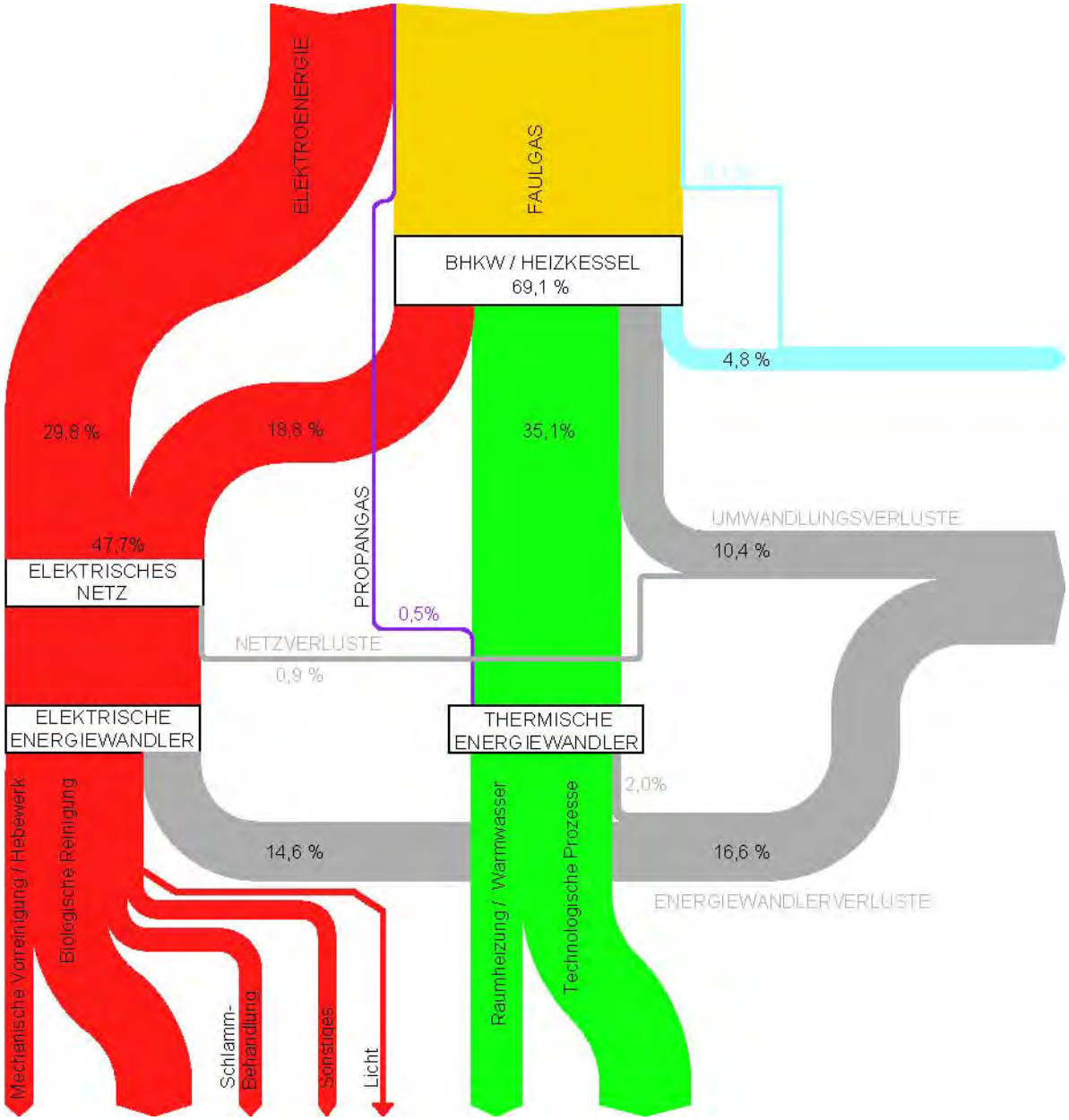


Abbildung 64: Energieflussbild der Kläranlage Weimar 2004.

Das in der Kläranlage erzeugte Biogas und das Palmöl, welche ebenfalls in einem BHKW zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden, sind bisher die einzigen

größeren regenerativen Energieanteile in städtischen Sekundärenergieerzeugungsanlagen (Abbildung 63).

4.3.1.3 Endenergieeinsatz zur Nutzenergieerzeugung

Für den Einsatz netzgebundener Energieträger zur Nutzenergieerzeugung konnten exakte Daten der Stadtwerke verwendet werden. Der Einsatz von Wärmeträgern ergibt sich aus der ermittelten Sekundärenergieerzeugung und der bekannten Solarthermieerzeugung in der Stadt.

Grundlage für den Anteil von Braunkohlenbriketts sind die Angaben von[58]. Beim Einsatz fester Brennstoffe in Weimar wird ein Verhältnis von ca. 75% zu 25 % zugunsten vom Brennholz gerechnet, was auch durch die bundesweite Tendenz bestätigt wird. Steinkohlenbriketts werden in Weimar nicht vermarktet. Für den Kraftstoffeinsatz wurden wie o. dargestellt, überwiegend statistische Angaben verwendet, wobei neben den Mobilitätsbedürfnissen der Bürger durch die Nutzung der Bahn auch der Flugverkehr berücksichtigt wurde (Abbildung 65).

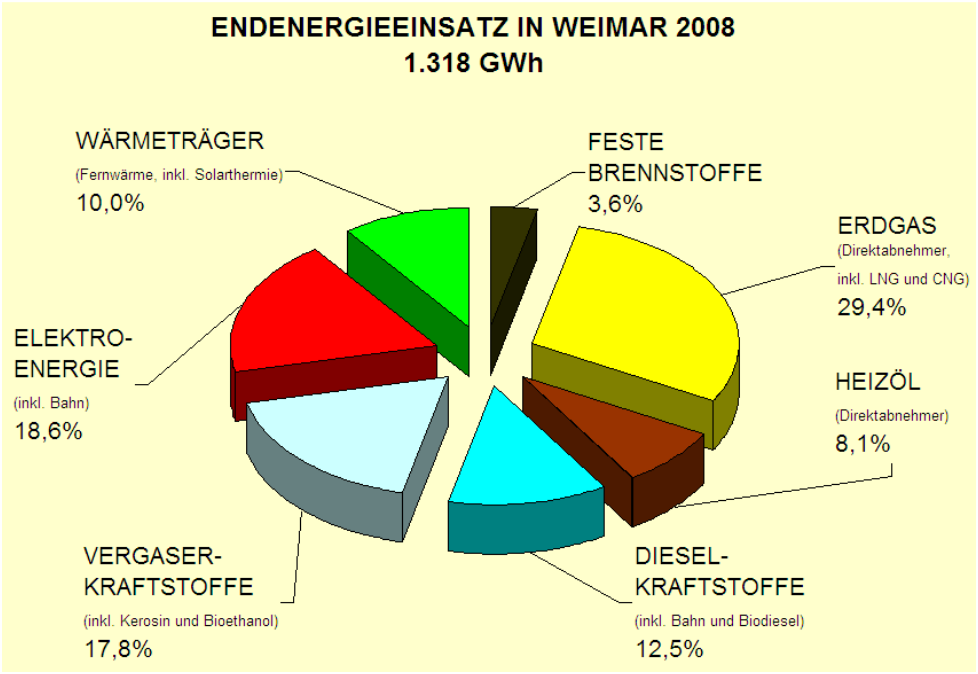


Abbildung 65: Endenergieeinsatz in Weimar 2008.

Da die Strom- und Gasverbrauchsdaten nach Abnehmergruppen durch die Stadtwerke bereitgestellt werden konnten, ist eine separate Darstellung der jeweiligen Energiefluss-

[58] Vgl. Rheinbraun Brennstoff GmbH

Diagramme von der Endenergie bis zur Nutzenergie für die Stadt möglich (Abbildung 66 und Abbildung 67).

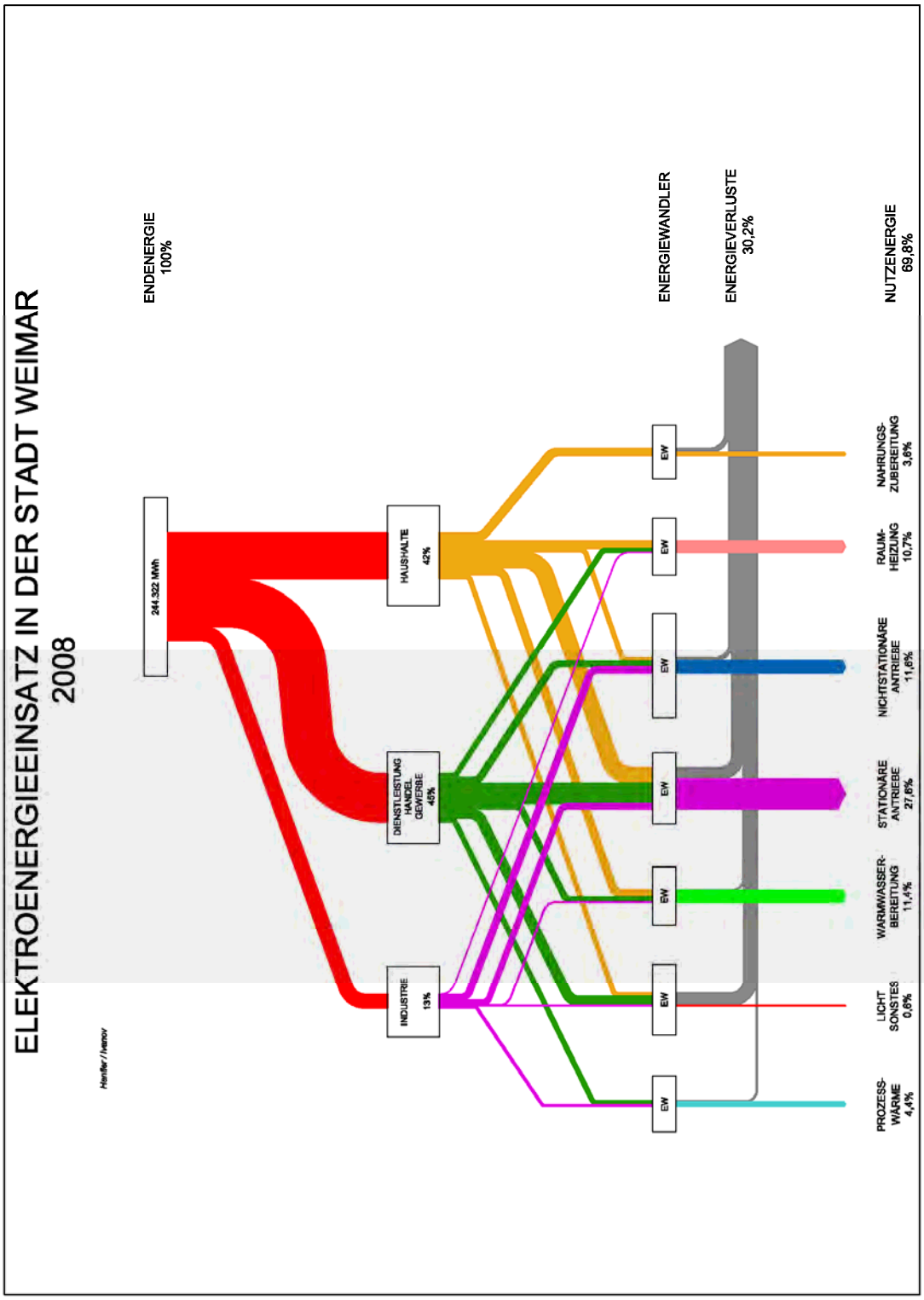


Abbildung 66: Struktur des Elektroenergieeinsatz in Weimar 2008.

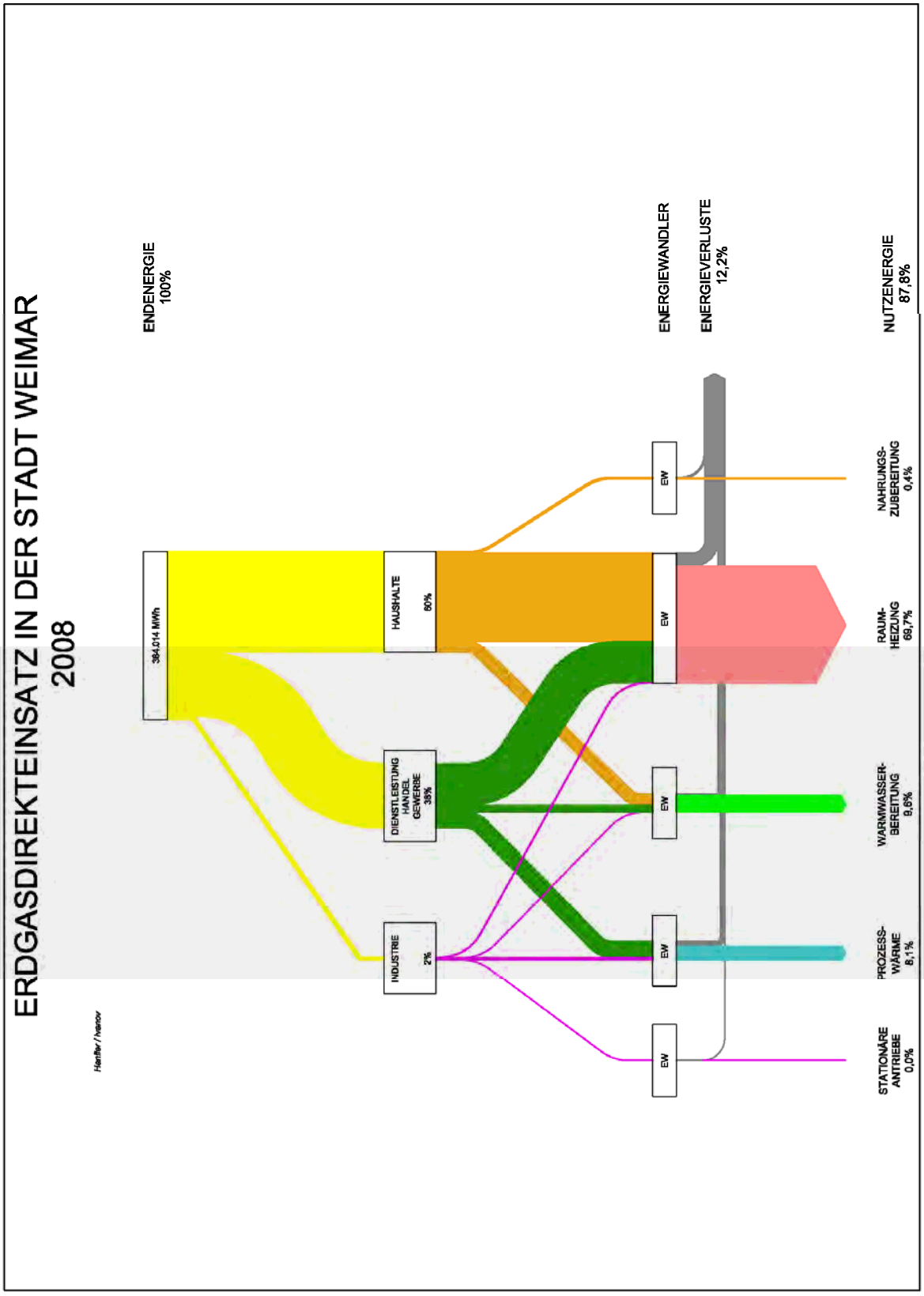


Abbildung 67: Struktur des Erdgaseinsatz (Endenergie) 2008.

Für die Nutzungsgrade der Energiewandler wurden Durchschnittskennzahlen für Deutschland verwendet. Die Struktur des Elektroenergie- und Erdgaseinsatzes in den Bereichen

Dienstleistung/Handel/Gewerbe, Haushalte und Industrie ergibt sich aus der Kenntnis des Energieträgereinsatzes für technologische Prozesse in den Großbetrieben (Schätzungen der Stadtwerke), Detailanalysen bei öffentlichen Einrichtungen (Anlage, Bild 2 u. Bild 3) und statistischen Kennzahlen auf Bundesebene[59].

Die Struktur der Nutzenergie in Weimar ist mit dem hohen Anteil an Raumwärme typisch für vergleichbare Mittelstädte (Abbildung 68 und Abbildung 69).

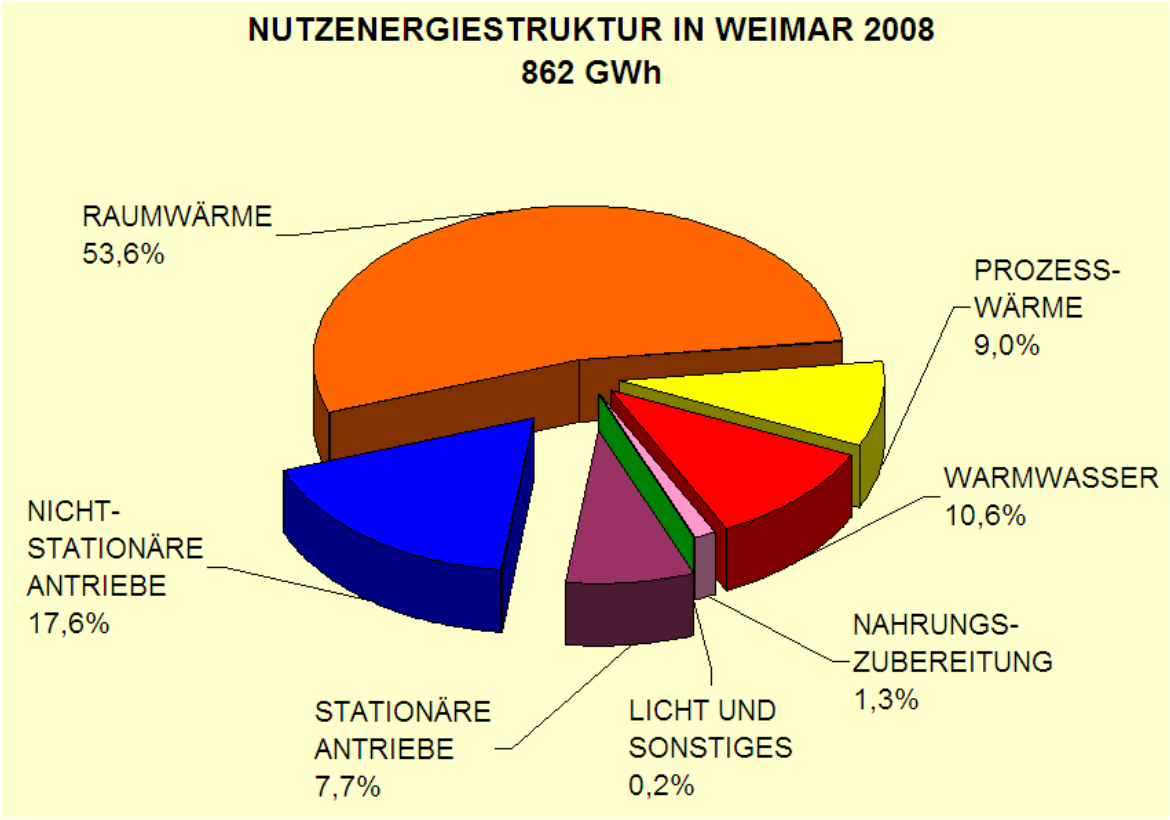


Abbildung 68: Nutzenergiestruktur in Weimar 2008.

[59] Vgl. Mineralölwirtschaftsverbandes, Deutschen Institutes für Wirtschaftsforschung DIW Berlin, Statistischen Jahrbuch der Stadt Weimar, Deutschen Bahn AG, Verbandes der Deutschen Biokraftstoffindustrie, Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA, Kraftfahrtbundesamt

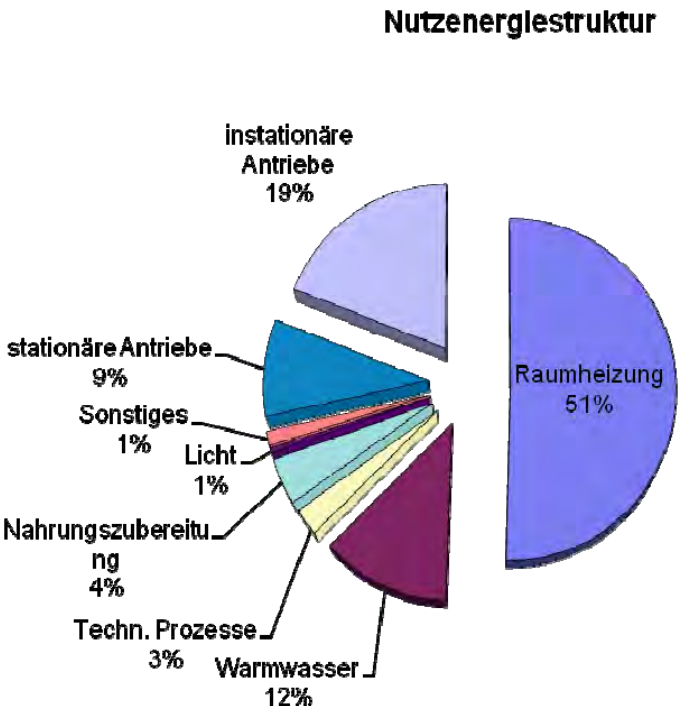


Abbildung 69: Nutzenergiestruktur in Apolda 2004.
Quelle: Hanfler: Analyse der komplexen Energetik der Stadt Apolda 2004, Forschungsstudie, Bauhaus-Universität Weimar, 2005, unveröffentlicht.

4.3.1.4 Gesamtenergiebilanz der Stadt

Das erarbeitete Energieflussbild der Stadt Weimar für das Jahr 2008 zeigt das energetische Gesicht einer typischen Mittelstadt mit wenig industrieller Prägung und mäßiger Sekundärenergieerzeugung (Anlage 1, Bild 4). Es ist gekennzeichnet durch den überwiegenden Einsatz von Erdgas insbesondere zur Deckung des Raumwärmebedarfes und von Kraftstoffen zu Deckung der Mobilitätsbedürfnisse bei hohen Energieverlusten. Elektroenergie ist die dritte wichtige Säule zur Deckung einer Vielzahl anthropogener Bedürfnisse, insbesondere für stationäre Antriebe.

Aus den zugeführten Energieträgern, den Umwandlungsverlusten bei der Sekundärenergieerzeugung und den bekannten Transport- und Netzverlusten resultiert der Endenergieeinsatz separat nach Abnehmer- und Energiewandlergruppen. Die zum Ansatz gebrachten durchschnittlichen Nutzungsgrade der Energiewandler bei den einzelnen Verbraucherbereichen lassen eine Ermittlung der Nutzenergiestruktur für die Stadt zu.

Der Gesamtenergetische Nutzungsgrad bezogen auf die zugeführte Energie liegt bei 63%. Damit gehen immer noch 36 % der Energie durch Umwandlung und Transport an die Umwelt verloren, ohne technischen Nutzen zu erzielen. Primärenergiebezogen liegt der Nutzungsgrad nur bei 45 %.

4.3.1.5 Ermittlung der anthropogenen Emissionen

Da für die Stadt Weimar nahezu alle 5 Jahre eine Analyse der Energiebedarfsdeckung durchgeführt wurde, konnten die Veränderungen bei den Emissionen seit 1990 berechnet werden (Abbildung 70 undAbbildung 71). Grundlage der Berechnungen sind Emissionskennzahlen[60] im Zusammenhang mit den Daten zur Entwicklung der Energiewandlerstrukturen in der Stadt.

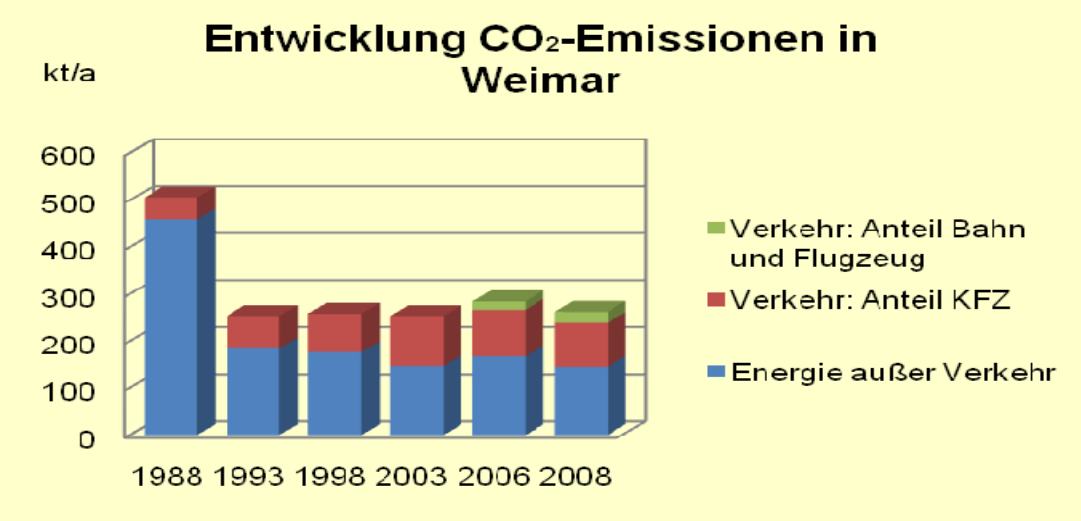


Abbildung 70: Entwicklung der CO2- Emissionen in Weimar von 1988 bis 2008.

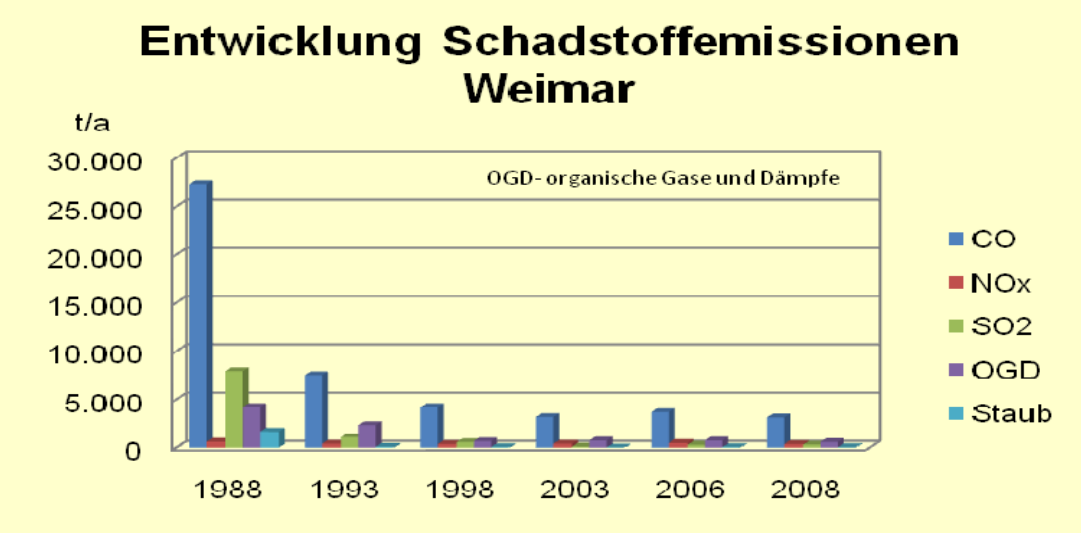


Abbildung 71: Entwicklung der anthropogenen Schadstoffemissionen in Weimar von 1988 bis 2008.

[60] Vgl. Nationaler Inventarbericht 2010, Umweltbundesamt und Daten nach GEMIS

Auffällig sind die Veränderungen in den ersten Jahren nach der politischen Wende, welche auch mit einem energetischen Wandel einhergingen. Dieser ist nicht nur für Weimar sondern auch bem Freistaat Thüringen ablesbar[61] (Abbildung 72).

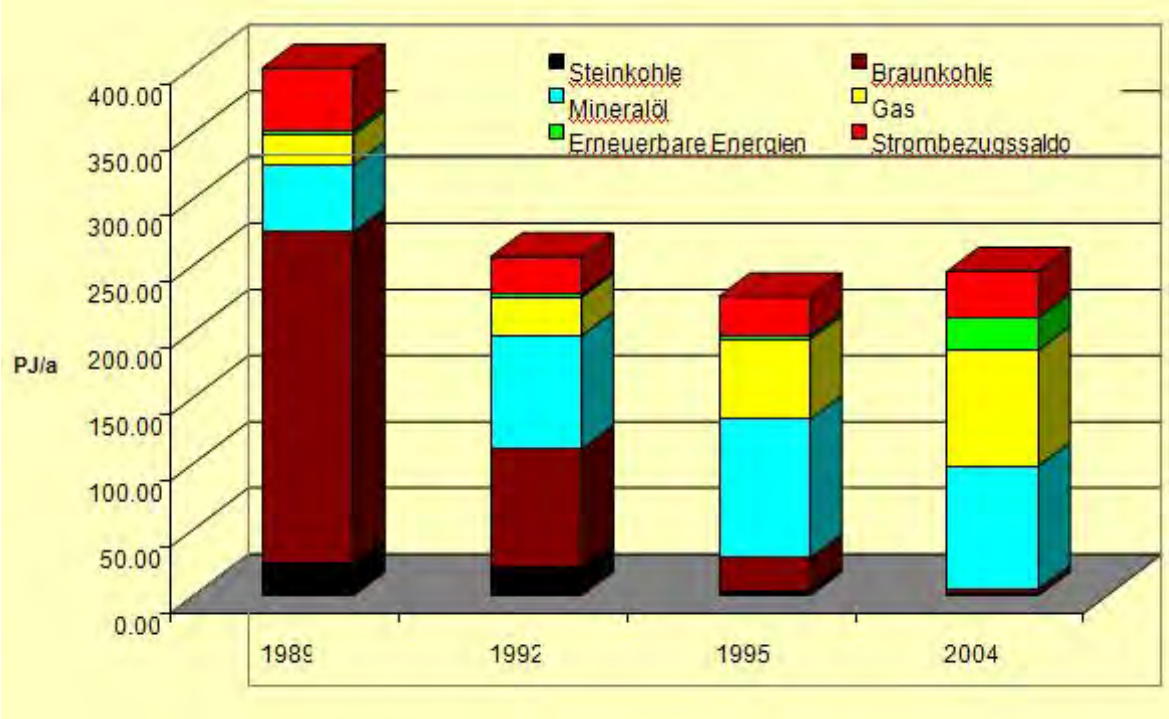


Abbildung 72: Primärenergieverbrauchsstruktur in Thüringen von 1989 – 2004.

(Strombezugssaldo für aus Primärenergie erzeugtem Strom außerhalb Thüringens)

4.3.2 Stadtteilbezogene Analyse am Beispiel der Wärmeversorgung

4.3.2.1 Einteilung der Stadt in zusammengehörige Teilgebiete

Bei der energetischen Analyse von Städten hat sich in der Vergangenheit eine Unterteilung der Stadt in Einzelteilgebiete bewährt. Um brauchbare Ergebnisse zu erhalten musste die Einteilung sehr kleingliedrig vorgenommen werden. Dies erschwert wiederum die Zuordnung der städtebaulichen und energetischen Grunddaten auf die einzelnen Teilgebiete der Stadt. Zunächst wurde die Stadt Weimar in ihrer kompakten Stadtgrenze ohne externe Stadtteile so abgegrenzt, dass diese mit den durch das Stadtplanungsamt vorgegebenen Baufeldern übereinstimmt. Die Baufelder waren dann die Grundlage für die Bildung der Einzelteilgebiete, welche dann überwiegend aus städtebaulichen Einheiten mit ähnlicher Bebauungsstruktur (Stadtraumtypen) zusammenfasst wurden. Diese Gebiete wurden nummeriert und möglichst treffend bezeichnet, um eine schnelle Orientierung zu erlauben (Anlage, Karte1).

[61] Vgl. Hanfler, M.: „Der energiewirtschaftliche Umbruch“ - Einzelbeitrag in: Stadtland Thüringen – Wege des Städtebaus, Hrsg. Bauhaus-Universität Weimar und Thüringer Ministerium für Bau und Verkehr, 2007

4.3.2.2 Analyse demographischer und stadtplanerischer Strukturdaten

Wichtige Grundlage für die Bearbeitung der Studie waren die Einwohnerzahlen, welche für die einzelnen Baufelder vorlagen und damit den Teilgebieten zugeordnet werden konnten (Anlage, Karte 2). Die zugehörigen Flächen für die Teilgebiete konnten über ein Geoinformationssystem ermittelt werden. Zur Berechnung der Bebauungsdichte (Anlage. Karte 3) in den Teilgebieten wurden Daten nach[62] verwendet.

Gebiete mit hohen Bebauungsdichten (Abbildung 73) sind auch Gebiete mit hohem Gasverbrauch bei den Tarifabnehmern (Anlage 1, Karte 6), aber auch historisch gewachsene Gebiete mit Sonderabnehmern wie die Weimarhalle und die Bauhaus-Universität.

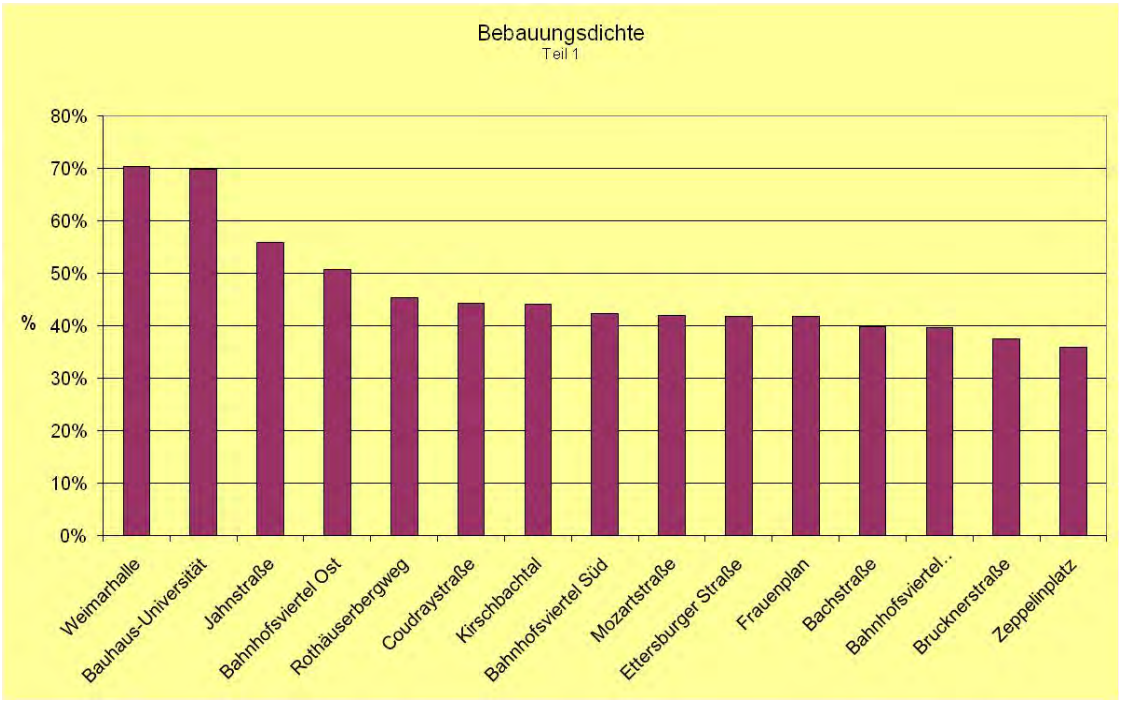


Abbildung 73: Teilgebiete mit hohen Bebauungsdichten.

Um eine Stadt und ihre Teilgebiete hinsichtlich des Nahwärmepotentials bewerten zu können, ist es notwendig, die Stadtstruktur näher zu untersuchen. Daher wurde eine Begehung der Teilgebiete durchgeführt, bei der wichtige Erkenntnisse über Art und Struktur der Bebauung, Eigentümerverhältnisse, Struktur der ansässigen Betriebe und öffentlichen Einrichtungen sowie mögliche Freiräume zur Verlegung der zukünftigen Nahwärmeversorgung gewonnen werden konnten. Die Ergebnisse dieser Begehung sind die Basis für die Einzelbewertung der „Nahwärmewürdigkeit“ der städtischen Teilgebiete (Kapitel 7.3.2.4.).

[62] Vgl. Kross. H.: Potentialstudie zur Solarthermie in Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, Belegarbeit, 200

4.3.2.3 Analyse energetischer Strukturdaten in den Teilgebieten

Eine energiegerechte Stadtplanung ist ein wesentlicher Faktor zum Aufbau flexibler, sicherer und ökonomisch wie ökologisch effizienter Strukturen der Energiebedarfsdeckung. Ziel der Analyse muss es daher sein, bisher nicht beachtete Nahwärmepotentiale zu identifizieren. Wesentliche Grundlage für die Bewertung der Teilgebiete für eine Nahwärmeversorgung ist ihre Wärmelastdichte für Raumheiz- und Warmwasserbedarf. Da in groben Planungsstudien von einheitlichen Benutzungsstunden ausgegangen werden kann, korreliert die Wärmelastdichte mit dem jährlichen Wärmeverbrauch.

In der Stadt Weimar wird der Niedertemperaturbedarf im Wesentlichen über Erdgas gedeckt. Da für den Heizölverbrauch in den Teilgebieten keine Daten ermittelbar waren, wurden lediglich die Erdgasdaten als Bewertungsgrundlage verwendet. Das Gesamtergebnis wird dadurch nicht verfälscht, da Heizöl nur etwa zu 14 % in der Stadt für die Wärmebedarfsdeckung im Niedertemperaturbereich eingesetzt wird (Anlage, Bild 4, Energieflussdiagramm).

Die durch die Stadtwerke Weimar zur Verfügung gestellten Daten des Gasverbrauchs[63], getrennt nach Abnehmergruppen konnten den Einzelteilgebieten zugeordnet werden, da diese nach Straßen und nach Hausnummern vorlagen. Schwierig war lediglich die Zuordnung bei den Tarifkunden (außer Gewerbe). Da die Daten nur straßenweise sortiert waren, und einige Straßen in 2 oder mehreren Teilgebieten lagen, mussten Schätzungen entsprechend der Verteilung der Bebauung in den Straßen vorgenommen werden. Der Gasanteil für Kochzwecke wurde bei den Tarifabnehmern nicht berücksichtigt und der Gasanteil für technologische Prozesse bei den Sonderabnehmern ebenfalls nicht.

Die wichtigsten energetischen Daten sind die des Gasverbrauchs nach den einzelnen Abnehmergruppen (Anlage, Karten 4 bis 8), wobei insbesondere der Gesamtgasverbrauch (Anlage, Karte 9) im Teilgebiet den Ausschlag für eine wirtschaftliche Nahwärmeversorgung geben kann. Daneben halfen dem Bearbeiter Detailkenntnisse über die Struktur der Energiebedarfsdeckung größerer Betriebe und Einrichtungen in den einzelnen Teilgebieten bei der Bewertung des Nahwärmepotentials. Kenntnisse über Eigentumsverhältnisse der Gebäude, mögliche Abwärmepotentiale im Teilgebiet und zukünftige Anschlussbedingungen an bestehende Fernwärmeversorgungssysteme (Anlage, Karte 10) waren ebenfalls hilfreich bei der Bewertung.

4.3.2.4 Stadtraumtypische Energie- und demographische Kennzahlen

Um für zukünftige Beispielkonzepte mit unzureichender Datenlage Kennzahlen als Richtwerte für die Stadtraumtypen zu erhalten, wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die vorhandenen Daten analysiert. Diese sollen in der Fortführung der Studie mit den durch die Projektpartner erarbeiteten Daten verglichen und wenn möglich durch weitere Untersuchungen abgesichert werden.

[63] Vgl. Stadtwerke Weimar, Stadtversorgungs-GmbH, Industriestr. 14, 99427 Weimar

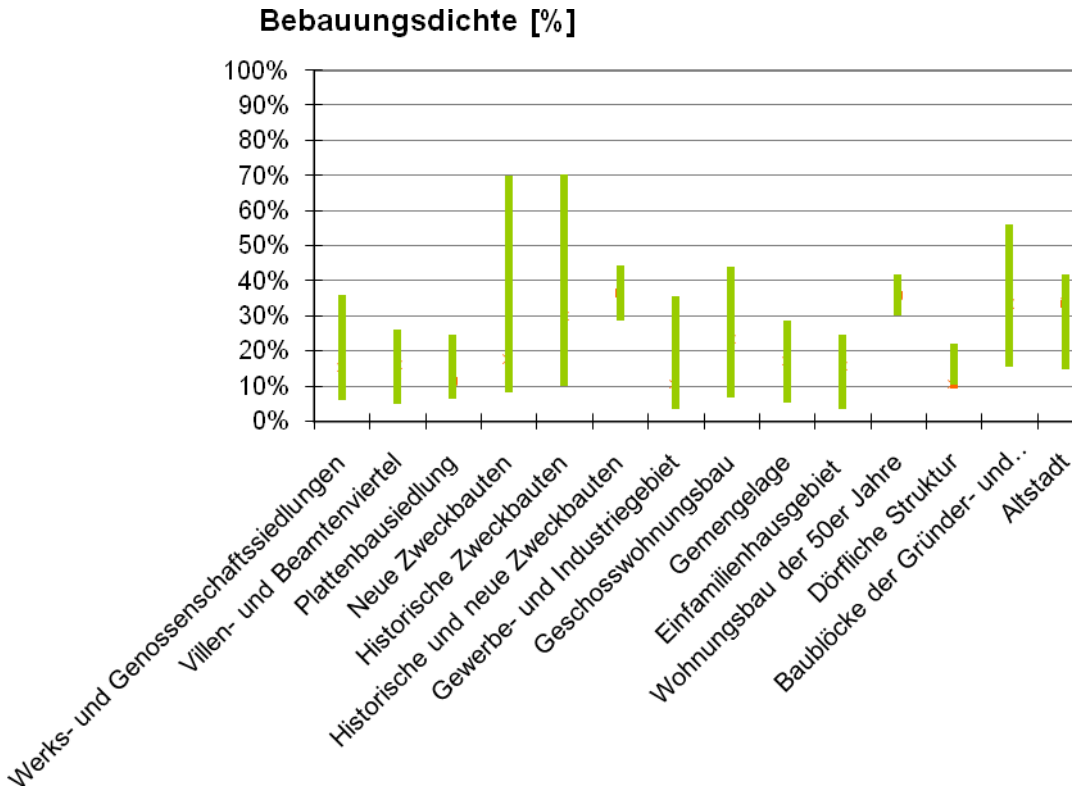


Abbildung 74: Bebauungsdichte in den Stadtraumtypen.

Wie o. stehende Grafik (Abbildung 74) zeigt, sind insbesondere bei den neuen und historischen Zweckbaukomplexen, Gewerbe- und Industriegebieten, aber auch beim Geschoßwohnungsbau, bei Gründer- und Vorkriegsbauten, bei Altstadtgebieten und bei Werks- und Genossenschaftssiedlungen große Streuungen bei der Bebauungsdichte vorhanden (min / max). Das deckt sich verständlicherweise im Wesentlichen auch mit den Streuungen bei der Gasverbrauchsdichte (Abbildung 78). Der Medianwert (Punkt) der Bebauungsdichte liegt in Abhängigkeit vom Stadtraumtyp zwischen 12 und 37 Protent.

Die Streuungen bei der Einwohnerdichte (Abbildung 75) sind bis auf wenige Ausnahmen wie bei Villen- und Beamtenviertel und Gebieten mit wenig Einwohnern, wie Industrie- und Gewerbegebiete sehr hoch. Auch das deckt sich mit den Streuungen beim Gasverbrauch der Bevölkerung (Abbildung 76). Die großen Streuungen auch im Medianwert erklären sich aus den geringen Einwohnerzahlen bestimmter Gebiete wie Industrie- und Gewerbegebiete oder Zweckbaukomlpexe.

Einwohnerdichte und Bebauungsdichte sind damit ein wichtiger Indikator für den Gasverbrauch und damit auch ein Kriterium bei der Bewertung der Nahwärmewürdigkeit.

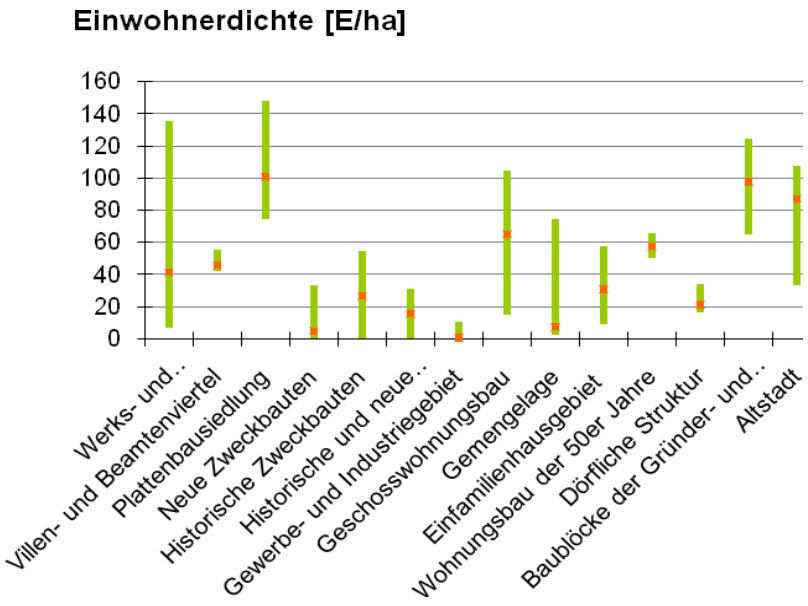


Abbildung 75: Einwohnerdichte nach Stadtraumtypen.

Trotz großer Streuungen im Gasverbrauch des Wohnbereiches (Abbildung 76) kann hier für Gebiete mit überwiegender Wohnbebauung ein durchschnittlicher Gasverbrauch von 5000 kWh pro Einwohner und Jahr angegeben werden. Eine Ausnahme ist der Wohnungsbau der 50iger Jahre. Das betrifft zwei Gebiete, welche bereits wärmetechnisch saniert wurden.

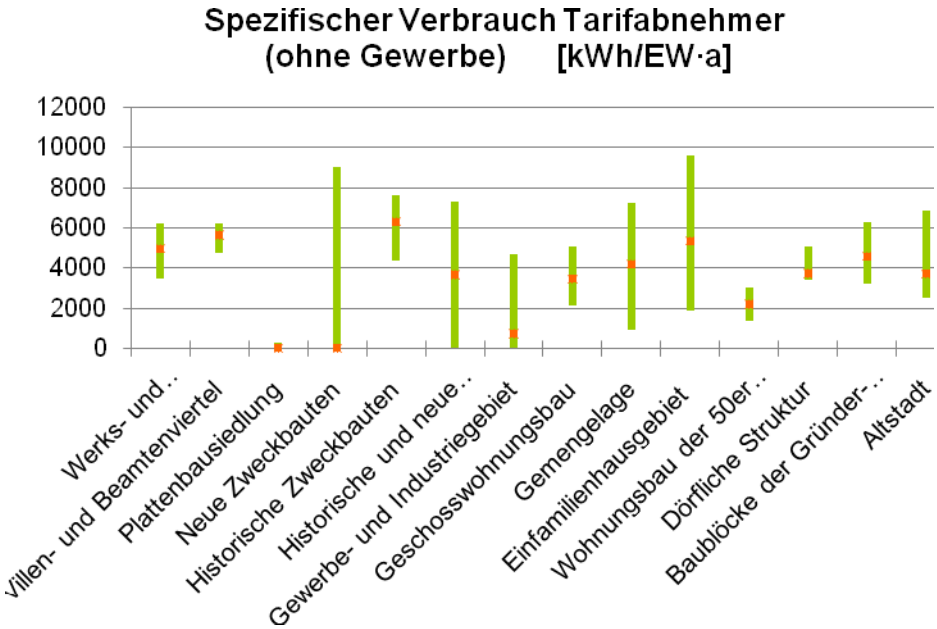


Abbildung 76: Spezifischer Gasverbrauch der Tarifabnehmer (ohne Gewerbe).

Alle Plattenbausiedlungen sind fernwärmeversorgt und damit ohne direkten Gasverbrauch durch Tarifabnehmer sondern über Eigenverbrauchsanlagen der Stadtwerke abgedeckt (Anlage, Karte 8).

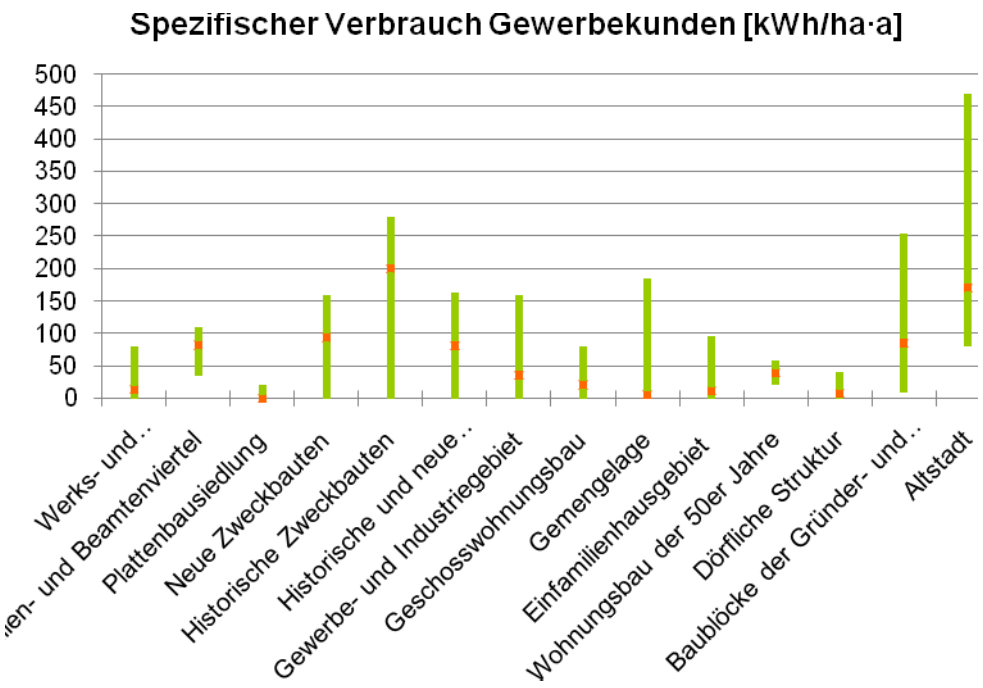


Abbildung 77: Spezifischer Gasverbrauch der Gewerbekunden.

Oben stehende Grafik (Abbildung 77) zeigt, das die unterschiedliche Gewerbestruktur in den zentrumsnahen Bereichen auch zu einer extremen Streuung beim Gasverbrauch der Gewerbekunden führt (Anlage, Karte 5). Sieht man von reinen Wohngebieten ab, liegt der Medianwert im Mittel bei 150 kWh/ha und Jahr.

Bei der Betrachtung des Gasverbrauches insgesamt fallen die extremen Streuungen bei den Plattenbausiedlungen, bei historischen und neuen Zweckbauten aber auch im Altstadtbereich auf (Abbildung 78). Bei den genannten Stadtraumtypen sind insgesamt die flächenspezifischen Verbrauchswerte auch am höchsten (Anlage, Karte 9).

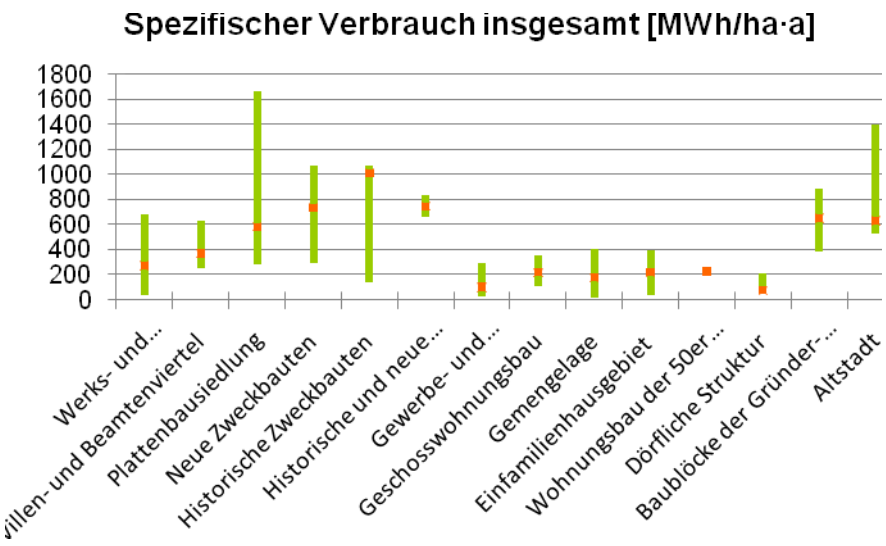


Abbildung 78: Spezifischer Gasverbrauch insgesamt.

4.3.2.5 Kriterien für die Bewertung der analysierten Teilgebiete

Im Ergebnis der städtebaulichen und energetischen Analyse konnten folgende Kriterien bei der Bewertung des Nahwärmepotentials identifiziert und zum Teil dargestellt werden:

- Bebauungsdichte
- Einwohnerdichte
- Gasverbrauchsdichte der Tarifabnehmer (gesamt)
- Gasverbrauchsdichte der Sonderabnehmer
- Gesamtgasverbrauchsdichte insgesamt
- Verlegemöglichkeiten der Nahwärmeleitung
- potentieller Anschluss an bestehende Nahwärmeinseln
- potentieller Anschluss an bestehende BHKW
- Eigentumsverhältnisse (Wohnungsunternehmen, privat)

Während die Kriterien 1- 5 konkret durch Zahlen untersetzt sind, konnten die übrigen Kriterien nur verbal in die Bewertung zur Nahwärmewürdigkeit eingehen.

Neben diesen Kriterien sollten zukünftig auch die städtebauliche Entwicklung und die Planungsvorhaben der Wohnungsgesellschaften betrachtet werden, welche z. B. bestehende Heizungsanlagen nach nunmehr 15 Jahren Nutzungsdauer ersetzen müssen.

4.3.2.6 Vorranggebiete für die Nahwärmeversorgung

Die Gesamtbewertung zur Nahwärmewürdigkeit erfolgte in Anlehnung an die Methoden der Nutzwertanalyse, wo eine Punktbewertung schwer quantifizierbare Kriterien, wie die Anschlussbedingungen an bestehende Wärmeversorgungsanlagen, mit berücksichtigt (Anlage, Tabelle 1 u. 2).

Die bei der Bewertung ermittelte Rangfolge für die „Nahwärmewürdigkeit“ ist in der Anlage, Karte 11 nach 5 Ranggruppen dargestellt.

Im Ergebnis der Auswertung wird vorgeschlagen nachstehende städtische Teilgebiete für eine zukünftige Nahwärmeversorgung näher zu untersuchen:

1. Asbachviertel
2. Kirschbachtal
3. Weimarplatz
4. Am Schönblick
5. Bauhaus-Universität
6. Frauenplan mit Nahwärmeinsel Brauhausgasse
7. Wohngebiet Humboldtstraße

Darüber hinaus ist ein Anschluss an bestehende Fernwärmeversorgsysteme bei den Teilgebieten

- Schöndorf Siedlung – BHKW Schöndorf
- Heimfried – BHKW Weimar West
- Johannes-Schlaf-Straße – Heizwerk Dichterweg

empfehlenswert.

4.4 Szenarien der energetischen Entwicklung

4.4.1 Energiepolitische Ziele der Bundesregierung

Das kürzlich beschlossene Energiekonzept der Bundesregierung sieht in Anlehnung an die Beschlüsse der Meseberger Tagung der damaligen Bundesregierung und in Übereinstimmung mit dem KWK-Gesetz, dem EEG und dem EE-Wärmegesetz nachstehende Eckdaten der zukünftigen Entwicklung der Energiebedarfsdeckung bis 2020 in Deutschland vor:

1. Ausbau der Kraft-Wärmekopplung auf einen Anteil von 25 % an der Stromproduktion (KWK-Gesetz)

2. Erhöhung des regenenerativen Anteils am Bruttostromverbrauch auf 35 %
3. Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Wärmebereitstellung auf 14 % (EEWärmeG)
4. Beimischung biogener Kraftstoffe zum Diesel und Vergaserkraftstoff auf einen Anteil von 10 % (Meseberg)
5. Endenergieeinsparung Niedrigtemperatur-Wärme um 30 % (EnEV 2009)
6. Reduktion Stromverbrauch um 10 %
7. Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor um 10 %
8. Primärenergieeinsparung um 20 %

Diese Ziele sollen in einem ersten Szenario für die Energiebedarfsdeckung in Weimar erreicht werden.

4.4.2 Energieeinsparoptionen

Erstes Ziel eines Energiekonzeptes muss es sein, den Nutzenergiebedarf zu senken. Größtes Potential wird von der Fachwelt dem Bereich des baulichen Wärmeschutzes bescheinigt. Hier wird zunächst eine Einsparung im Raumwärmebedarf von 30 % für Weimar veranschlagt. Der Nutzenergiebedarf für die Warmwasserbereitung wird sich wegen gleichbleibendem Verbraucherverhalten wenig ändern.

Eine zweite Option zur Energieeinsparung wird in einer Verbesserung der Heizungstechnik auf der Ebene der dezentralen Wärmebedarfsdeckung im Niedertemperaturbereich (Reglung, hydraulischer Abgleich, Brennwertkesseleinsatz) gesehen und soll mit 10 % veranschlagt werden.

Für den Stromsektor werden Energieeinsparungen von 10 % durch verbesserte Energiewandler mit höherem Wirkungsgrad z. B bei Elektromotoren und Kleingeräten zum Ansatz gebracht.

4.4.3 Substitution CO_2- reicher Energieträger durch CO_2- arme Energieträger

Um die Substitutionspotentiale ermitteln zu können, wurden zunächst ein realistisches Ausbauszenario für die Kraft-Wärme-Kopplung bei den bestehenden Wärmeversorgungsanlagen der öffentlichen Wärmeversorgung ermittelt. Es wird davon ausgegangen, dass es möglich ist, die benachbarten Wohngebiete mit dieser zusätzlichen Fernwärme zu versorgen. Dabei ergibt sich zwangsläufig auch ein mögliches zusätzliches Stromerzeugungspotential.

Mit dem Einsatz von Wärmepumpenanlagen sollen die Nachtspeicheröfen vollends kompensiert werden. Die mit dem KWK-Zubau, dem Ausbau solarthermischer und erdwärmegebundener Wärmebedarfsdeckung einhergehende Substitution fossiler Brennstoffe führt zu einer

völlig neuen Aufteilung und Größe der Energieflüsse für die Stadt Weimar des Jahres 2020 (Anlage, Bild 5).

4.4.4 Primärenergie- und CO_2- Emissionsreduktion im Jahre 2020

Die o.g. Maßnahmen führen insgesamt zu einer Primärenergieeinsparung von 14 % gegenüber dem Ausgangsjahr 2008. Der unter dem Ziel liegende Wert resultiert daraus, dass nicht alle erneuerbaren Potentiale im Rahmen der Studie betrachtet werden konnten.

4.4.5 Einsparpotentiale in den Teilgebieten der Stadt

Um den zukünftigen Energiebedarf für die städtischen Teilgebiete ermitteln zu können, ist die Ermittlung der Energieeinsparpotentiale eine Voraussetzung. Nur die genaue Kenntnis des Wärmeschutzstandards in den Teilgebieten ermöglicht eine Abschätzung der Potentiale für die Raumheizung. Im Rahmen dieser Untersuchung wird in Abhängigkeit vom einwohnerbezogenen Gasverbrauch auf den Wärmeschutzstandard geschlossen und so für die einzelnen Gebiete ein Einsparpotential festgelegt. Als Orientierung wird wie in der ENEV 2009 gefordert von 30% Einsparung im Gebäudebestand ausgegangen.

Die Einsparungen im Industrie- und Gewerbesektor wurden wegen fehlender Daten nicht betrachtet. Das gleiche Verfahren wurde für die Einsparungen durch rationelle Energieverwendung (10 %) angewendet.

Für den Raumwärmebedarf konnte so teilgebietsweise der gegenwärtige Stand (Anlage, Karte 12) einem Zukunftsszenario (Anlage, Karte 13) gegenübergestellt werden.

4.4.6 Substitutionspotentiale durch erneuerbare Energien und Nahwärmeversorgung mit KWK

Bei den unter Kapitel 4.3.2.6 präferierten zukünftigen Nahwärmeversorgungsgebieten (Anlage, Karte 14) wird eine vollständige Nahwärmeversorgung mit BHKW unter Einbeziehung von Spitzenkesseln vorgeschlagen.

Um den Anteil des nicht regenerativ erzeugten Stromes weiter zu verringern, wurden die Potentiale für die PV-Nutzung in den unterschiedlichen Teilgebieten ermittelt (Anlage, Karte 15). Bei der Ermittlung des Solarthermiepotentials wird davon ausgegangen, dass in Nahwärmeversorgungsgebieten mit BHKW, auf den Dachflächen nur PV-Anlagen installiert werden, während in den Teilgebieten ohne BHKW-Anlagen die Solarthermie neben der Photovoltaik eingesetzt wird (Anlage, Karte 16).

4.4.7 Strategien zur Entwicklung der zukünftigen Energiebedarfsdeckung der Stadt Weimar

Eine Zukunftsstrategie zur energetischen Entwicklung muss immer mit allen am Planungsprozess beteiligten Akteuren erfolgen. Dazu gehören neben den ortsansässigen Stadtwerken

und Energieversorgern insbesondere die Stadtplanungsämter, welche die im Flächennutzungsplan vorgegebene städtebauliche Entwicklung anstreben müssen.

Zur Umsetzung der für 2020 gesteckten Ziele bedarf es jedoch nicht nur städtebaulicher, infrastruktueller und wirtschaftlicher Aktivitäten, sondern auch einer kommunalpolitischen Steuerung. Dazu gehören solche Maßnahmen wie die Festlegung von Vorranggebieten für die Nahwärmeversorgung und Änderungen von Denkmalschutzauflagen um einen sensiblen Umgang mit PV-Anlagen auf Altstadtdächern zu ermöglichen.

Aus den bisherigen Erkenntnissen können nachstehende allgemeine Strategien für die Entwicklung einer Ressourcenschonenden Energiewirtschaft der Stadt Weimar abgeleitet werden:

1. Wiedererrichtung des bestehenden Fernwärmeverbundes zwischen den bestehenden drei großen Fernwärmeversorgungssystemen der Stadt (zwischen Weimar West und Weimar Nord bereits erfolgt)

2. Schaffung von kommunalen Anreizen für verbesserten Wärmschutz und für effizientere dezentrale Wärmeversorgungslösungen über bereits bestehende Förderprogramme des Bundes hinaus

3. Kurzfristige wärmetechnische Sanierung kommunaler Liegenschaften als Vorzeigeobjekte effizienter energetischer Lösungen (öffentliche Gebäude und Schulen als initialzündender Lerneffekt und Vorbildwirkung)

4. Nutzung von wirtschaftlich darstellbaren Lösungen zur Photovoltaik- und Solarthermienutzung insbesondere durch Wohnungsunternehmen, Stadtwerke und Kommune

5. Ausweisung von Fern-/Nahwärmevorranggebieten in der Stadt unter Beachtung bestehender Nahwärmeinseln und potentieller industrieller Abwärmequellen (z.B. Brauerei, Kühlhäuser…) im städtebaulichem Umfeld

6. Ersatz konventioneller Wärmeerzeuger durch BHKW

7. Engagement der Stadtwerke für Energieeinsparkontrakting

Für die einzelnen Teilgebiete resultieren die Strategien aus den Szenarien ihrer zukünftigen Entwicklung und sind insbesondere für den Ausbau der Nahwärmeversorgung bereits genannt (Kapitel 4.3.2.6).

4.5 Interaktives Planungs- und Informationsportal zur Energiewirtschaft der Stadt Weimar (Kommunaler Energieausweis)

4.5.1 Einführung

Die Abbildung energiewirtschaftlicher Systeme in einem virtuellen Raum ist ein probates Mittel um deren Komplexität verständlich zu erläutern. Die interaktive Darstellung eines

Energieflussbildes für eine Stadt ist ein erster Baustein für diese Gesamtaufgabe. Die Darstellung der energetischen Netze im Stadtorganismus soll folgen. Zukünftige Aufgabe des Projektes ist es am Beispiel der Stadt Weimar die Methodik zur Datenanalyse und Visualisierung der komplexen Energiewirtschaft von Städten zu vervollkommnen. Damit soll letztendlich ein wirklichkeitsnahes Abbild der Energie- und Stoffströme über die zugeführten Energien und die einzelnen Umwandlungsanlagen zur Sekundärenergieerzeugung bis hin zur Anwendung und Umwandlung beim Verbraucher erstellt werden.

Nationale und internationale Energiepolitik, Verfügbarkeit von Ressourcen und verbesserte Energieumwandlungstechniken führen zu einer ständigen Veränderung energetischer Strukturen. Die Analyse und Planung der Energiebedarfsdeckung in der Stadt Weimar war mit einem sehr hohen, in zukünftigen Projekten nicht zu vertretenden Aufwand verbunden. Die Erstellung eines arbeitssparenden Planungstools für nachfolgende Beispielstädte oder Regionen ist zwangsläufig eine Konsequenz aus dieser Erkenntnis.

Ziel muss es sein, ein Informationswerkzeug bereitzustellen, welches der Dynamik insbesondere der energiewirtschaftlichen Veränderungen gerecht wird und eine permanente Datenredigierung zulässt. Bei der Darstellung des Energieflusses über die Ebene der zugeführten Energie hinaus bis zur Primärenergieebene für die Analyse und Planung kann letztendlich ein „energetischer Fußabdruck“, als Indikator der ökologischen Gesamteffizienz ermittelt und zielgerichtet verändert werden.

Bisherige Analysen im Rahmen von Energiekonzepten beschränken sich auf zumeist aufwendige Datenerhebung, die grafische Darstellung von Zahlenreihen und deren Interpretation. Diese Herangehensweise ist oft wenig intuitiv und erleichtert die Auswertung der oft sehr komplexen Zusammenhänge nur unzureichend. Mit Mitteln moderner Verfahren der Datenerfassung und -visualisierung können diese Prozesse der Energiewirtschaft in Städten und Regionen deutlich gemacht und Problemfelder aufgedeckt werden. Daneben ist eine webfähige Visualisierung ein geeignetes Mittel um allen Akteuren in der Stadt, vom einzelnen Bürger über die öffentliche Verwaltung und dem mittelständischen Unternehmen bis hin zum Großbetrieb das Problemfeld „Mensch – Energie – Umwelt“ näher zu bringen.

Die Visualisierung von Energiebilanzen, Energieversorgungsnetzen, Energieumwandlungsanlagen (Abbildung 79) und ihre Emissionen eignen sich hervorragend als mediales Unterrichtsmaterial und die öffentliche Zugänglichkeit des ´energetischen Gesichtes´ einer Stadt ermöglicht einen Vergleich mit anderen Städten und erzeugt gleichzeitig einen gesunden Wettbewerb zwischen diesen.

Abbildung 79: Transformatorstation in Weimar (Foto Hanfler).

4.5.2 Projektziel

Die bisherigen Analysen und Szenarienentwicklungen am Beispiel von Weimar haben gezeigt, das aufgrund der Komplexität städtischer Energiesyseme eine konventionelle Analyse und Planung nicht mit vertretbarem Aufwand machbar ist. Daher soll an dieser Stelle ein konzeptioneller Ansatz für ein rechnergestütztes Analysetool vorgestellt werden, welches das ganze Verfahren für zukünftige Beispielplanungen erleichtern soll. Über den Rahmen dieses Projekts hinaus soll ein interaktives Werkzeug zur Visualisierung von Energie- und Stoffströmen entwickelt werden.

Energieflussdiagramme, s.g. Sankey-Diagramme sind ein geeignetes Mittel um derartige Stoff- und Energieströme anschaulich darstellen zu können. Die Knoten derartiger Sankey-Diagramme stellen Quellen, Senken und Umwandlungsprozesse dar. Die Kanten repräsentieren den Energiefluss zwischen den Knoten. Die Kanten- und Knotenbreiten sind proportional zu den Flussmengen. Traditionell werden die Daten in Tabellenkalkulationsprogrammen aufbereitet und dann die Flussbilder entweder von Hand oder mit konventionellen Zeichenprogrammen erstellt.

Das Ziel ist einerseits die Entwicklung von Software zur interaktiven Darstellungen dieser Flussdiagramme, die ein visuelles Explorieren der zugrunde liegenden Daten ermöglichen. Zum anderen sollen Methoden entwickelt werden, welche eine vereinfachte Datenanalyse ermöglichen, die zukünftig auch über Datennetze erfolgen soll (Smart Metering).

Somit können auf einfache Weise Entwicklungs-Szenarien untersucht und Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden, welche nicht nur energetische, sondern auch ökologische und ökonomische Auswirkungen betrachten. Neben der Entwicklung von Zukunftsszenarien ist insbesondere für die Öffentlichkeit eine animierte Darstellung von Veränderungen der Daten über die Zeit von Interesse. Für die Stadt Weimar ist das in Ansätzen bereits möglich, da seit 1990 etwa alle 5 Jahre die energetische Situation neu analysiert wurde. Ein möglicher Vergleich von Energieträgereinsatz, Energiewandlerstruktur (Abbildung 80) und Emissionsbelas-

tung (Abbildung 70 und Abbildung 71) in der Stadt führt zu hohem Erkenntnisgewinn bei Internetbesuchern und städtischen Akteuren.

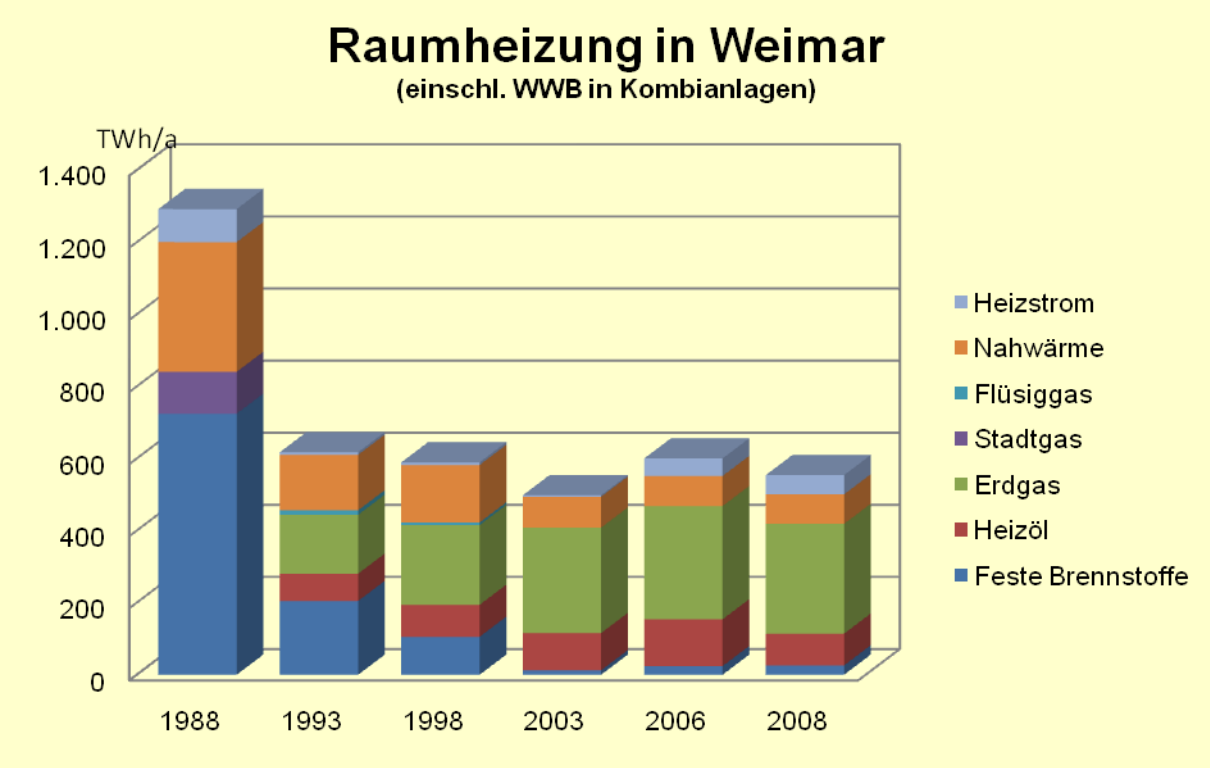


Abbildung 80: Wandel im Energieträgereinsatz zur Raumheizung und Warmwasserbereitung in Weimar von 1988 bis 2008.

Verschiedene Techniken der Informationsvisualisierung, wie „Fokus und Kontext“ (Vergrößerung von graphischen Benutzungsoberflächen), „Detail und Überblick“ und „semantisches Zoomen“ (z.B. detaillierte Darstellung von Knoten, Abbildung 66) sollen das interaktive Explorieren der Daten deutlich erleichtern und so zu einem besseren Verständnis der komplexen Versorgungsstrukturen beitragen.

Die Programmierung des Analyse- und Planungswerkzeuges soll so erfolgen, dass die automatische Darstellung der Flussbilder im Kontext mit einer ständig erweiterbaren Datenbasis erfolgt. Eine problemlose Erzeugung neuer Knoten und Kanten sowie die Veränderung der Parameter und topologischen Strukturen sollen es ermöglichen, die mit der wirtschaftlichen Dynamik einhergehenden Veränderungen aktuell darzustellen. Damit soll ein wesentlicher Beitrag zur fortschreitenden Verbesserung der ökonomischen und ökologischen Effizienz des Gesamtsystems geleistet werden. Neben der interaktiven Darstellung der Energie- und Stoffströme ist die Abbildung weiterer Kennzahlen, wie die Entwicklung der bei den Prozessen auftretenden Schadstoffemissionen problemlos möglich. Dadurch ist eine objektivere Bewertung der Systeme realisierbar.

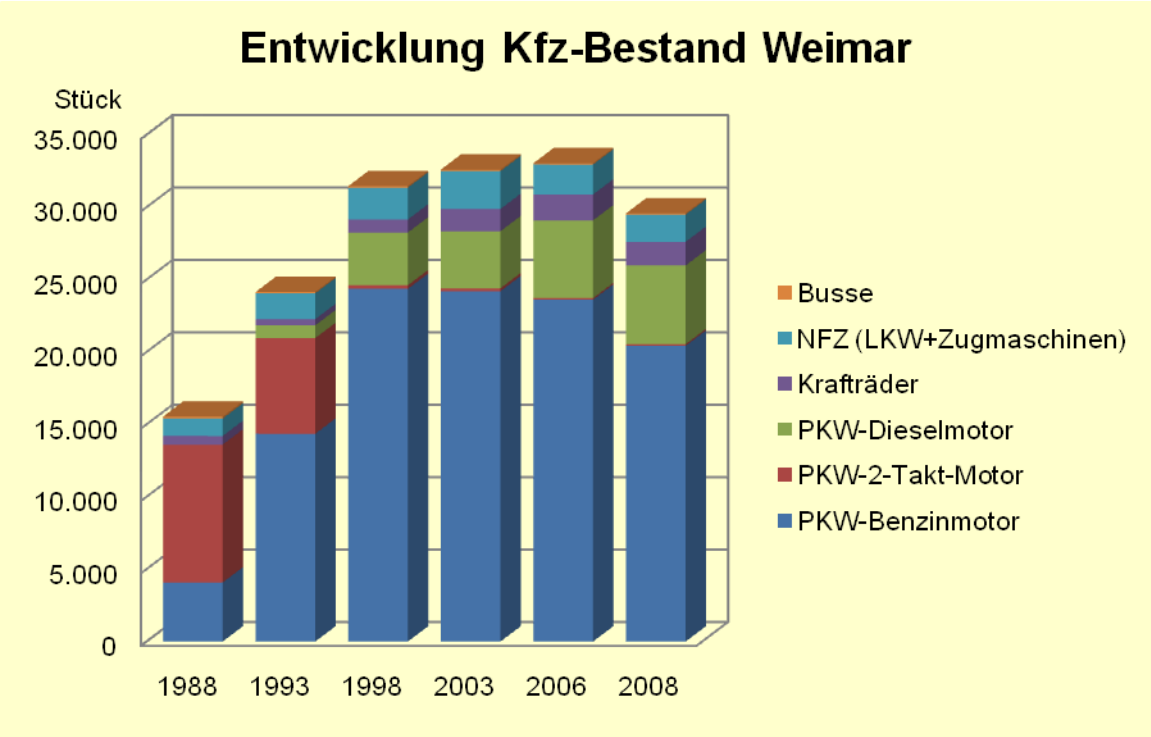


Abbildung 81: Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes in Weimar von 1988 bis 2008.

4.5.3 Bisherige Ergebnisse

Die ersten Schritte zur Programmierung sind bereits erfolgt. Dazu wurde zunächst ein Modellansatz erarbeitet, der möglichst alle Elemente einer städtischen Energiewirtschaft erfasst (Anlage, Bild 6). Die Berechnung von Analyse und Planungsszenarien erfolgt dann über einfache Eingabemasken, die auch Hilfestellungen für die Eingaben bereithalten. (Anlage, Bild 7).

Letztendlich soll das Programm webfähig und sehr nutzerfreundlich sein. Unter http://apps.20sec.net/pantarhei/ ist bereits eine erste Vorversion zugänglich.

4.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Sowohl die Maßnahmen zur Veränderung der energietechnischen Versorgung als auch Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz sind oft mit hohen Kosten verbunden. Neben dem Umweltschutz zielen die Maßnahmen auf eine Reduzierung zukünftig notwendiger finanzieller Aufwendungen ab. In diesem Zusammenhang kommt der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eine große Bedeutung zu.[64]

[64] Vgl. IWU (2006), S.12.

Im Allgemeinen wird unter Wirtschaftlichkeit das Prinzip verstanden, größtmöglichen Nutzen mit kleinstmöglichem Aufwand zu generieren. Speziell bei Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz zielen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen i.d.R. auf einen Vergleich der eingesparten Energiekosten mit den eingesetzten Investitionskosten ab. Als vorteilhaft gilt dabei u.a. eine möglichst kurze Amortisationszeit.

Zur Entscheidungsunterstützung im Vorfeld einer geplanten Investition bietet sich die Zuhilfenahme der Verfahren der Investitionsrechnung an. In diesem Abschnitt wird auf die einzelwirtschaftlichen Methoden eingegangen, die sich zur Einschätzung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Maßnahmen eignen und etabliert haben. Als Basis dafür wird zunächst ein Überblick über die grundlegenden Verfahren der Investitionsrechnung gegeben.

4.6.1 Überblick über Verfahren der Investitionsrechnung

Die Verfahren der betriebswirtschaftlichen Investitionsrechnung lassen sich in drei Kategorien unterteilen, die jeweils besondere Merkmale aufweisen.

4.6.1.1 Statische Verfahren

Die statischen Verfahren der Investitionsrechnung werden aufgrund ihrer einfachen Handhabung und des damit verbundenen geringen Kosten- und Zeitaufwandes häufig in der betrieblichen Praxis eingesetzt. Sie werden als „statisch“ bezeichnet, da der Zeitpunkt von Zahlungen bei den Berechnungen weitgehend vernachlässigt wird. Dies wird auch an der Betrachtung einer idealisierten Planperiode deutlich.[65]

Zu den statischen Verfahren zählen:

- Kostenvergleichsrechnung
- Gewinnvergleichsrechnung
- Rentabilitätsvergleichsrechnung
- Amortisationsvergleichsrechnung

Bei der Anwendung dieser Verfahren sind die damit verbundenen impliziten Vereinfachungen zu beachten. So wird vereinfachend von konstanten Rahmenbedingungen (z.B. Rohstoffpreise, Einspeisevergütungen bzw. Erlösen) ausgegangen. In der Realität unterliegen diese Eingangsgrößen teilweise erheblichen Schwankungen, die unberücksichtigt bleiben. Da die Zeitpunkte von Ein- und Auszahlungen nicht berücksichtigt werden, besitzt ein Vergleich von Varianten mit unterschiedlichen Zahlungsstrukturen (z.B. verschiedene Laufzeit der Investition) nur eingeschränkte Aussagekraft. Die statischen Verfahren können für Investitionsmaßnahmen verwendet werden, die über den Zeitverlauf nur geringen Veränderungen

[65] Vgl. Jung (2001), S. 783.

unterliegen.[66] Zur Beurteilung sehr langfristiger Investitionsobjekte sind die statischen Verfahren nicht geeignet.

Energieeinsparinvestitionen liegt immer ein mehrperiodischer Betrachtungshorizont zu Grunde, sodass die statischen Verfahren in den meisten Fällen keine ausreichende Basis zur Beurteilung entsprechender Investitionsentscheidungen bieten.[67]

4.6.1.2 Klassische dynamische Verfahren

Eine realitätsnähere Beurteilung der Vorteilhaftigkeit von Investitionen ist mit Hilfe der dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung möglich. Gemeinsam ist diesen, dass der Zeitpunkt der Zahlungen durch die Zinseszinsrechnung explizit berücksichtigt wird. Die finanzielle Bewertung der Zahlungen erfolgt durch Auf- und Abzinsen in Abhängigkeit ihres zeitlichen Anfallens.[68] Dadurch wird eine Vergleichbarkeit von Zahlungen erreicht, auch wenn diese zeitlich weit auseinander liegen. Damit ist ein höherer Arbeitsaufwand verbunden als bei den statischen Verfahren. Dieser ist aber durch die höhere Aussagekraft der Ergebnisse gerechtfertigt und durch die technischen Hilfsmittel unserer Zeit problemlos zu bewältigen.

Hinsichtlich des Betrachtungszeitpunktes werden klassische und moderne dynamische Verfahren unterschieden. Klassische Verfahren beziehen sich immer auf den Anfangszeitpunkt einer Investition (Barwert), also z.B. den geplanten Beginn einer Gebäudesanierung. Zu dieser Kategorie zählen:

- Kapitalwertmethode
- Interne Zinsfußmethode
- Annuitätenmethode
- Pay-Off-Methode

Den vielfältigen Vorteilen der klassischen dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung stehen einige Einschränkungen gegenüber, die bei Anwendung der Verfahren beachtet werden müssen. Dabei spielt der Kalkulationszinssatz, mit dem die Umrechnung aller Zahlungen auf den Investitionszeitpunkt erfolgt, eine wichtige Rolle. Seine Höhe hat einen großen Einfluss auf das Ergebnis der Berechnung. Da die Festlegung des Kalkulationszinssatzes auf Schätzungen beruht, die mit Unsicherheiten behaftet sind, ist hier besondere Sorgfalt notwendig.[69]

Darüber hinaus wird von einem vollkommenen Kapitalmarkt ausgegangen, an dem Kapital in beliebiger Höhe zum Kalkulationszinssatz aufgenommen werden kann. Es wird mit der Wie-

[66] Z.B. die Anschaffung einer neuen Produktionsmaschine mit einer jährlich nahezu konstanten zu produzierenden Stückmengen und gleichbleibenden (Absatz-)Marktbedingungen.
[67] Vgl. IWU (2003a), S. 2.
[68] Vgl. Jung (2001), S. 798.
[69] Vgl. Jung (2001), S. 806.

deranlageprämisse bearbeitet, die voraussetzt, dass Rückflüsse jederzeit zum Kalkulationszinssatz reinvestiert werden können. Diese vereinfachenden Annahmen sind bei der Anwendung der klassisch dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung zu beachten.

Unter Beachtung der aufgezeigten Einschränkungen sind die klassischen dynamischen Verfahren zur Beurteilung von Energieeinsparinvestitionen geeignet. Sie werden bereits heute häufig zur Einschätzung der Vorteilhaftigkeit von energetischen Investitionsmaßnahmen genutzt. Ein Beispiel hierfür ist die Ermittlung der sog. „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“, die auf der Annuitätenmethode beruht.

4.6.1.3 Moderne dynamische Verfahren

Neben den klassischen stehen die modernen dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung zur Verfügung. Bei diesen wird nicht auf den Anfangs- sondern auf den Endzeitpunkt einer Investition (Endwert) abgestellt. Dadurch können die Prämissen der klassischen dynamischen Verfahren, wie den vollkommenen Kapitalmarkt und die Wiederanlage zum Kalkulationszinssatz, aufgehoben werden.

Dabei werden anstatt eines einheitlichen Kalkulationszinssatzes getrennte Zinssätze für Eigen- und Fremdkapital verwendet. Durch Bezugnahme auf konkrete Finanzierungs- und Anlagemöglichkeiten lassen sich somit realistische Zinssätze ansetzen. Um dies zu erreichen, erfolgt bei den modernen dynamischen Verfahren eine Abkehr von der Formelorientierung zu Gunsten von Tabellenkalkulationen. In einem so genannten Vollständigen Finanzplan (VOFI) werden alle Eingangs- und zu berücksichtigen Einflussgrößen einer Investition eingetragen und in die Berechnung einbezogen. Verfahren, die auf diesem Ansatz beruhen sind:

- Vermögensendwert
- VOFI-Entnahme
- VOFI-Rentabilität
- VOFI-Amortisationsdauer

Durch die modernen dynamischen Verfahren wird eine noch realitätsnähere Beurteilung von Investitionen als bei den klassischen dynamischen Verfahren ermöglicht. Als bestehende Einschränkung ist zu erwähnen, dass auch die nun getrennten Zinssätze für Geld- und Kapitalmarkt zu schätzen sind. Für die Anwendung der Verfahren sind zudem auch weiterhin Prognosen für Zahlungshöhen und -zeitpunkte Voraussetzung.[70]

Die modernen dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung bieten beste Bedingungen, die Rahmenbedingungen einer Investition möglichst realitätsnah abzubilden. Zur Beurteilung von Investitionsmaßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Bestandsgebäuden werden die modernen Verfahren bisher kaum eingesetzt. Sie sind noch relativ unbekannt

[70] Vgl. Jung (2001), S. 822.

und haben sich bisher noch nicht in der Praxis durchgesetzt. Ihre Anwendung ist insbesondere bei komplexen und großen Investitionsvorhaben zu empfehlen, da der notwendige Berechnungsaufwand dabei in besonderem Maße gerechtfertigt ist.

4.6.1.4 Verfahren zur Berücksichtigung der Unsicherheit

Da viele Eingangsgrößen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unsicherheitsbehaftet sind, sollte stets die Belastbarkeit des Ergebnisses geprüft werden. Hierfür bietet sich die Durchführung von Sensitivitäts- und Szenarioanalysen an, die idealerweise aufeinander aufbauend verwendet werden.[71] Während die Sensitivitätsanalyse den Einfluss einer einzelnen Eingangsgröße auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung untersucht, werden in einer Szenarioanalyse mehrere oder alle Größen gleichzeitig variiert und zu beispielhaften Umweltzuständen zusammengefügt.

4.6.1.4.1 Sensitivitätsanalyse

Durch Sensitivitätsanalysen lässt sich der Einfluss von Parameteränderungen (z.B. einzelne Zahlungen, Zinssätze, Nutzungsdauern) auf das Ergebnis einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung darstellen. Dabei wird nur eine Eingangsgröße variiert, während die anderen Variablen konstant gehalten werden. Die Variation kann z.B. durch prozentuale Erhöhung bzw. Reduzierung der Eingangsgrößen vorgenommen werden.

Das Ergebnis einer Sensitivitätsanalyse lässt sich z.B. in einem Tornado-Diagramm übersichtlich darstellen (Abbildung 62). Um geeignete Rückschlüsse ziehen zu können, bietet es sich im Vorfeld an, für die einzelnen Parameter Schwellenwerte zu definieren, deren Überschreitung vermieden werden soll.

[71] Vgl. Alfen/Daube (2006), S. 235f.

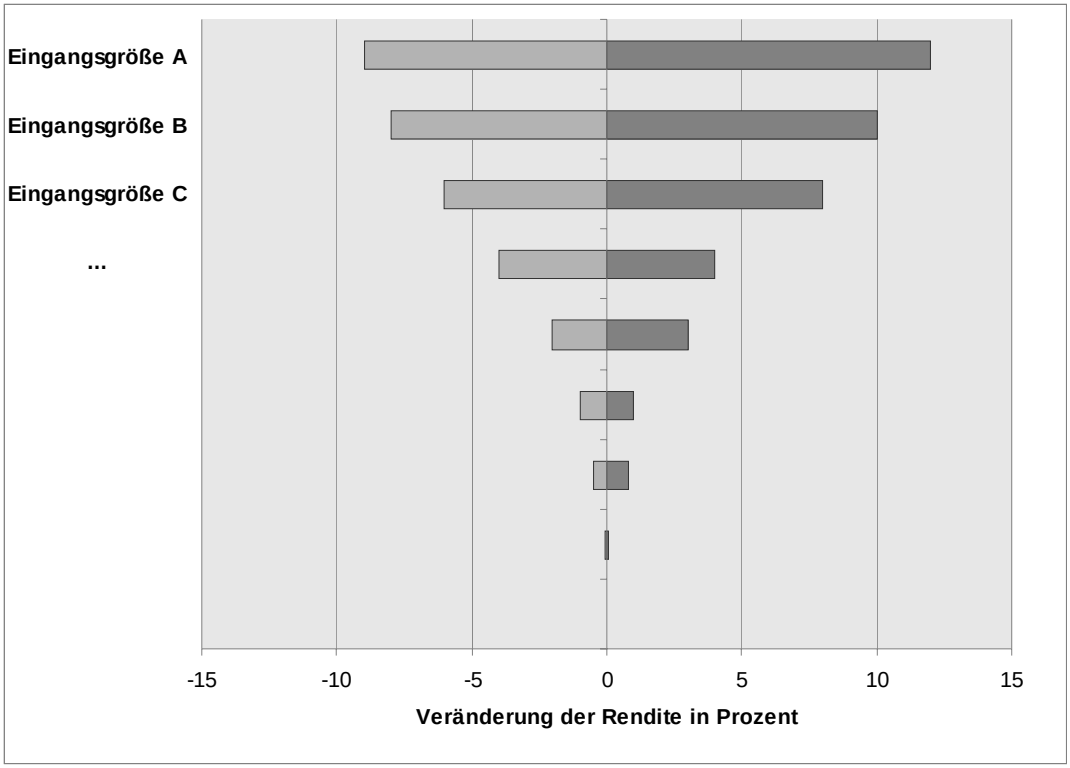


Abbildung 82: Beispiel für ein Tornadodiagramm.
Quelle: Eigene Darstellung.

Um den Einfluss mehrerer Eingangsgrößen auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu vergleichen, eignet sich die Darstellung in einem „Spider-Diagramm“. Darin kann die Abhängigkeit der Zielgröße von unterschiedlichen Parametern abgelesen werden. Jeder Graph steht dabei für den Einfluss einer einzelnen Eingangsgröße auf die Zielgröße. Gekrümmte Funktionen weisen auf indirekte Proportionalitäten, lineare Funktionen auf direkte Proportionalitäten hin.[72]

[72] Vgl. Mun (2006), S. 147 ff.

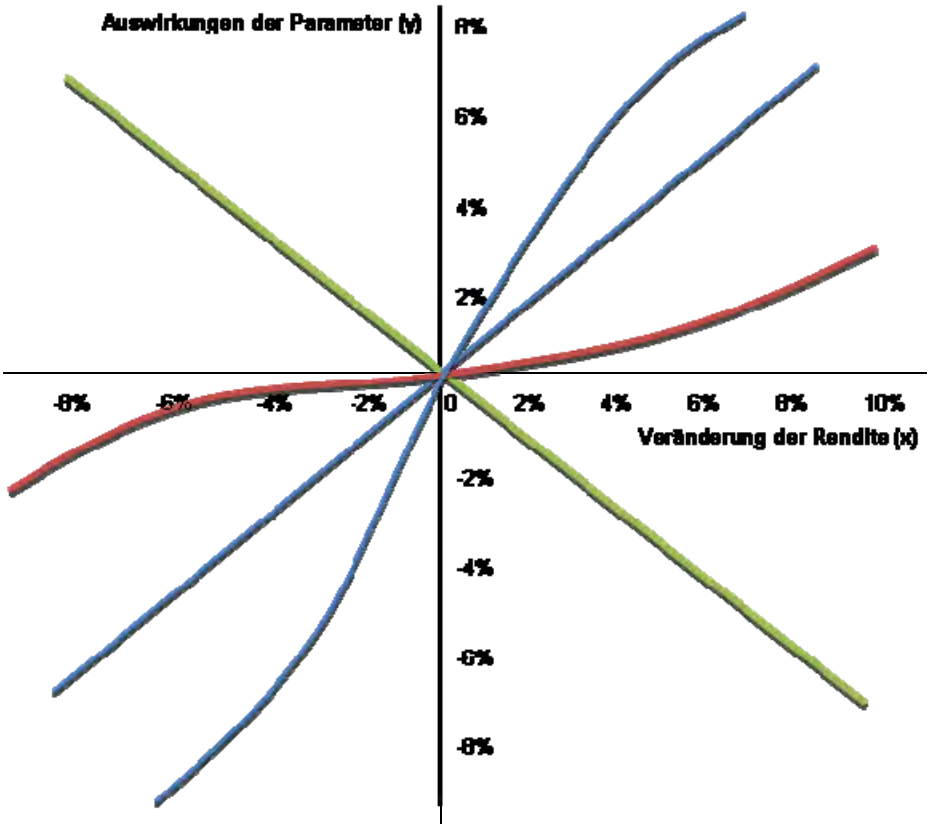


Abbildung 83: Beispiel für ein Spider-Chart.
Quelle: Rosner (2009), S. 13.

Mit Hilfe der Sensitivitätsanalyse lassen sich die Eingangsgrößen identifizieren, die als kritische Faktoren den größten Einfluss auf das Ergebnis einer Investitionsrechnung aufweisen. Diese können daraufhin einer weiteren detaillierten Analyse unterzogen werden, um die Prognosegenauigkeit dieser entscheidenden Werte abzusichern.

4.6.1.4.2 Szenarioanalyse

Bei der Szenarioanalyse werden mehrere Eingangsgrößen variiert, um deren gemeinsame Auswirkungen auf das Ergebnis und damit dessen Veränderlichkeit bzw. Belastbarkeit zu ermitteln. Durch die Szenarioanalyse wird es möglich eine Spanne aufzuzeigen, innerhalb der das tatsächliche Ergebnis mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist.[73]

Um den Aufwand zu begrenzen, kann die Variation auf die Eingangsgrößen beschränkt werden, die den größten Einfluss auf das Ergebnis haben. Hierfür kann auf die Ergebnisse einer vorgelagerten Sensitivitätsanalyse aufgebaut werden. Die ausgewählten Eingangsparameter werden dabei alle gleichermaßen entsprechend einer angenommenen Umweltsituation vari-

[73] Vgl. Alfen/Daube (2006), S. 237.

iert. Oft werden die Auswirkungen von drei fiktiven Umweltzuständen auf diese Weise untersucht: Auf der Basis eines Ausgangsszenarios (Most Likely Case) werden das beste (best case) und das schlechteste (worst case) zu erwartende Ergebnis abgeleitet.

4.6.2 Verfahren im Kontext von Energieeinsparinvestitionen

Die nachfolgend vorgestellten Methoden der Investitionsrechnung und die ihnen zugrunde liegenden Beurteilungskriterien stellen eine Auswahl dar, die von Wissenschaft und Praxis zum Einsatz bei Energieeinsparinvestitionen prioritär vorgeschlagen werden. Nach der Darstellung des grundsätzlichen methodischen Ansatzes wird deren Anwendung im Kontext von energetischen Investitionen diskutiert.

4.6.2.1 Kapitalwert

Der Kapitalwert ist das Ergebnis der Kapitalwertmethode, die ein klassisches dynamisches Verfahren der Investitionsrechnung darstellt. Dabei werden alle Zahlungen, die nach dem Zeitpunkt der Investition anfallen, mit einem Kalkulationszinssatz abdiskontiert, d.h. auf den Investitionszeitpunkt umgerechnet. Dadurch haben Zahlungen ein umso höheres Gewicht, je näher sie an der Gegenwart liegen. Der auf dieser Weise gebildete Wert der Ein- und Auszahlungsreihen ist der Barwert einer Investition. Um den Kapitalwert zu erhalten ist davon die Anfangsinvestition zu subtrahieren. Ist der auf diese Weise berechnete Kapitalwert positiv, handelt es sich um eine vorteilhafte Investition. Werden mehrere Investitionen verglichen, ist die Alternative mit dem höchsten Kapitalwert vorzuziehen.[74]

$$C_0 = \sum_{t=0}^{n} \frac{(EZ_t - AZ_t)}{(1+i)^t}$$

mit C_o = Kapitalwert (Net Present Value)
n = Nutzungsdauer
t = Periode / laufendes Jahr
EZ = Einzahlung
AZ = Auszahlung
i = Kalkulationszinssatz

Formel 1: Ermittlung des Kapitalwertes.
Quelle: Vgl. IWU (2003a), S. 7.

Energieeinsparinvestitionen können damit insbesondere im Bereich des Mietwohnungsbaus auf geeignete Weise kalkuliert werden. Denn mit Hilfe der Kapitalwertmethode ist durch die Einbeziehung verschiedener Finanzierungsvarianten, öffentlicher Förderungen, Mieterhöhungsvarianten und steuerlicher Aspekte eine differenzierte Rentabilitätsbetrachtung mög-

[74] Vgl. IWU (2003a), S. 7, Rohde (2008), S. 89.

lich. Dies macht deutlich, dass die Einsatzmöglichkeiten weit über den Fokus der Energiekosteneinsparung hinaus reichen.

4.6.2.2 Kosten der eingesparten kWh Endenergie

Die Methode zur Ermittlung der „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“ basiert auf dem dynamischen Ansatz der Investitionsrechnung. Sie ist besonders für solche Investitionen geeignet, bei denen der Investor sein Eigentum selbst nutzt und von den generierten Einsparungen direkt profitiert. Es wird davon ausgegangen, dass sich Energiesparinvestitionen zunächst an den Energiekosten messen lassen müssen, die bei Unterlassung der Investition angefallen wären.[75]

Die Methode zielt darauf ab, die Kosten einer eingesparten Energieeinheit (hier kWh) mit dem erwarteten Energiepreis zu vergleichen. Demnach ist eine Investitionsmaßnahme wirtschaftlich, wenn die Kosten einer eingesparten kWh Endenergie geringer sind als der erwartete zukünftige Energiepreis für eine kWh.[76]

$$P_{ein} < P \quad mit \quad P_{ein} = \frac{K}{E_o - E_s}$$

mit P_{ein} = Kosten der eingesparten kWh Energie
P = zukünftiger Energiepreis
K = annuitätische Kosten nach der energieeinsparenden Maßnahme
E_o = jährlicher Energieverbrauch ohne Maßnahme
E_s = jährlicher Energieverbrauch nach Durchführung der Maßnahme

Formel 2: Ermittlung der Kosten der eingesparten kWh Energie.
Quelle**:** Vgl. z.B. IWU (2003a), S. 4 f.

Entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis der Berechnung hat der über den Betrachtungszeitraum erwartete Energiepreis, der durch den Anwender des Verfahrens festzulegen ist. Bei der Prognose des erwarteten Energiepreises ist zu beachten, dass:

- durch die zunehmende Knappheit fossiler Brennstoffe mit weiterhin steigenden Energiepreisen zu rechnen ist,
- durch politische Entscheidungen beeinflusste Rahmenbedingungen auch sehr wahrscheinlich weiterhin zu steigenden Energiepreisen führen werden und
- steigende Energiepreise die Wirtschaftlichkeit von langfristigen Investitionen verbessern.

[75] Vgl. Rohde (2008), S. 89.
[76] Vgl. IWU (2006).

Dass die angenommene Höhe des zukünftigen Energiepreises erst am Ende der Berechnung als Benchmark einfließt, sorgt für große Transparenz. Sie ist insbesondere dann geeignet, wenn die Energieeinsparung im Fokus steht. Die Methode ist dazu geeignet verschiedene Varianten einer Energieeinsparmaßnahme zu vergleichen. Dies bezieht sowohl den Bereich der Energieversorgung (z.B. neue Heizungsanlage), als auch den Bereich der Gebäude-Energieeffizienz (z.B. Aufbringen von Wärmedämmung) ein.[77]

4.6.2.3 Annuitätischer Gewinn

Der annuitätische Gewinn stellt ein Beurteilungskriterium dar, das auf der Basis der Annuitätenmethode ermittelt wird. Die Annuitätenmethode ist ein klassisches Verfahren der Investitionsrechnung, dass auf der Kapitalwertmethode aufbaut. Bei diesem Ansatz wird der gebildete Kapitalwert einer Investition in eine jährliche Annuität umgerechnet.

Der annuitätische Gewinn stellt die Differenz zwischen annuitätischen Erlösen (bzw. Einsparungen) und annuitätischen Kosten dar. Die Ermittlung der Kosten erfolgt dabei wie zur Ermittlung der Kosten der eingesparten kWh Endenergie. Hinzu kommt die Einbeziehung der zu erwartenden Erlöse in Form von Energiekosteneinsparungen. Diese werden ermittelt, indem die jährlichen Energiekosten nach Durchführung der Maßnahme von den jährlichen Energiekosten ohne die Maßnahme abgezogen werden.[78]

Eine Investitionsmaßnahme ist demnach wirtschaftlich, wenn die periodisierten Erlöse bzw. Einsparungen die periodisierten Kosten übersteigen und der annuitätische Gewinn G größer als Null ist:

$$G = E - K \qquad mit \qquad E = p * (E_o - E_s)\ und$$
$$K = a * I_e + Z$$

mit
- G = annuitätischer Gewinn
- E = annuitätische Erlöse (Energieeinsparkosten durch die Maßnahme)
- K = annuitätische Kosten nach der energieeinsparenden Maßnahme
- p = mittlerer zukünftiger Preis der Energieeinheit
- E_o = jährlicher Energieverbrauch ohne Maßnahme
- E_s = jährlicher Energieverbrauch nach Durchführung der Maßnahme
- a = Annuitätenfaktor
- I_e = Mehrkosten für die energiesparende Maßnahme
- Z = evtl. anfallende jährliche Zusatzkosten für z.B. Wartung oder Hilfsenergie

Formel 3: Ermittlung des annuitätischen Gewinns.
Quelle: Vgl. IWU (2003a), S. 4 f.

[77] Vgl. IWU (2003a), S. 6.
[78] Vgl. IWU (2006), S.22.

Die CDI 2067 schlägt für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen gebäudetechnischer Anlagen vor, die Kosten in einmalige (kapitalgebundene) und laufende (bedarfsgebundene, betriebsgebundene und sonstige) Kosten zu unterteilen. Die nachstehende Übersicht zeigt die einzelnen Kostenarten auf, die in diesen Kategorien zusammengefasst werden.

Kapitalgebundene Kosten	**Bedarfsgebundene Kosten**	**Betriebsgebundene Kosten**	**Sonstige Kosten**
Anlagekomponenten, z.B. Wärmeerzeuger, Heizkörper, Ventilatoren, Antriebsmotoren usw. Bauliche Anlagen, z.B. Technikzentralen und Schornsteine Maßnahmen zum Schall- und Wärmeschutz Anschlusskosten	Energiekosten (Grund- und Arbeitspreis) Kosten für Hilfsenergie Kosten für Betriebsstoffe (Schmierstoffe, Additive, Chemikalien usw.)	Bedienen Reinigen Warten Inspizieren Instandsetzung	Versicherungen Steuern allgemeine Abgaben anteilige Verwaltungskosten Gewinn und Verlust

Tabelle 23: Beispiele für Kostengruppen und Kostenarten nach VDI 2067 (2010).
Quelle: VDI 2067 (2010), S. 8 f.

Mit Fokus auf eine Energieeinsparinvestition werden bei den kapitalgebundenen Kosten nur die Mehrkosten berücksichtigt, die durch Energieeinsparinvestitionen entstehen. Entsprechend wird auf der Erlösseite auch nur die Differenz aus den Energiekosten nach Durchführung der Investition gegenüber den bisherigen Energiekosten erfasst.[79] Der annuitätische Gewinn ergibt sich dann, durch den Abzug der annuitätischen Kosten von den annuitätischen Erlösen.

Die dynamische Annuitätenmethode ist gemäß der VDI 2067 das standardmäßige Verfahren zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen.[80] Diese Empfehlung gilt unabhängig von der Gebäudeart. In der Praxis ist die Anwendung dieser Methode weit verbreitet.

Entsprechend verhält es sich bei Investitionen in Anlagen, die durch den Verkauf von Wärme, Kälte oder Strom Erlöse erwirtschaften (z.B. ein Nahwärmenetz mit Blockheizkraftwerk).

[79] Vgl. IWU (2003a), S. 4.
[80] Vgl. VDI 2067 (2010).

Diese gelten dann als wirtschaftlich, wenn die Annuität der Erlöse die der Kosten übersteigt. Beim Vergleich mehrerer Anlagen ist diejenige mit der größten Annuität vorzuziehen. Bei Anlagen ohne monetäre Erlöse ist die Alternative am wirtschaftlichsten, die die geringsten Kosten verursacht.[81]

4.6.3 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung der Erweiterung des Nahwärmenetzes Weimars an Hand von vier Beispielen

Nachdem die Verfahren der Investitionsrechnung vorgestellt wurden, soll im Anschluss an vier Beispielen deren Anwendung aufgezeigt werden. Daran wird gezeigt, wie Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu spezifischen Fragestellungen durchgeführt werden können. In jedem Beispiel wird zunächst das untersuchte Quartier kurz vorgestellt. Daraufhin wird auf die technische Planung eingegangen, welche danach mit einer wirtschaftlichen Betrachtung bewertet wird. Am Ende jedes Beispiels werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst.

Die vier Beispiele stammen aus studentischen Arbeiten, welche verschiedenen Schwerpunkten des Themas Nahwärmeausbau in Weimar gewidmet waren. Für die folgende Zusammenstellung wurden zur besseren Verständlichkeit bestimmte Annahmen und Berechnungen vereinfacht. Die wichtigsten Parameter welche die Ausgestaltung der Nahwärmenetze bestimmen, wurden aus den Arbeiten übernommen. Dazu gehören die ermittelten Jahreswärmebedarfe, die nach den spezifischen Leistungsverläufen ausgewählten BHKW- und Spitzenkesselwerte, sowie die Dimensionierung und Verlegung des Leitungsnetzes, welches von der jeweiligen Bebauung und dessen Leistungsbedarfen abhängig ist. Andere Parameter wie spezifische Investitions- und Betriebskosten, sowie Erlöse aus Wärme und Strom wurden vereinheitlicht. In Einzelbetrachtungen werden diese Werte aufgrund spezifischer Rahmenbedingungen voneinander abweichen, wie zum Beispiel durch sich ändernde Marktpreise, Anpassungen bei spezifischen Fördermaßnahmen und standortabhängigen Baukosten.

Da alle Beispiele sich mit der gleichen Thematik beschäftigen, wird in den folgenden zwei Abschnitten kurz auf grundlegende Aspekte eingegangen, welche auch die Motivation für die durchgeführten Untersuchungen liefern. In den einzelnen Beispielen wird danach auf spezifische Punkte eingegangen.

Nahwärmenetze bieten den Vorteil eingesparter Heizkessel auf Hausebene und sie können mit einer zentralen Wärmequelle betrieben werden. Diese kann je nach technologischer und wirtschaftlicher Entwicklung leicht durch eine andere Quelle ersetzt werden, wodurch das Netz eine gewisse Zukunftssicherheit gewährleistet. Der Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mittels Blockheizkraftwerken (BHKW) erlaubt eine mit der Wärmebereitstellung gekoppelte Stromproduktion. Dies hat zum einen den Vorteil, dass elektrische Energie nahe der Verbrauchsorte bereitgestellt wird, was gegenüber Großkraftwerken Durchleitungsverluste vermindert. Zum anderen liegen thermische Großkraftwerke meist weit entfernt von mögli-

[81] Vgl. VDI 2067 (2010), S. 11.

chen Wärmeabnehmern, so dass die produzierte Wärme über wassergespeiste Kühltürme an die Umwelt verloren geht.

Durch die KWK in BHKW's wird ein Gesamtwirkungsgrad von etwa 85-90% erreicht, was eine effiziente Nutzung von knappen Energieträgern darstellt. Zentrale thermische Kraftwerke ohne Nutzung der Abwärme erreichen lediglich einen Wirkungsgrad von etwa 35-45%. Daher ist es sinnvoll KWK auszubauen und dadurch zentrale Kraftwerks- und Durchleitungskapazität einzusparen. Mittlerweile gibt es auch schon Mini-BHKW für Einfamilienwohnhäuser, allerdings können große, in Nahwärmenetze integrierte BHKW effizienter betrieben werden. Ermöglicht wird dies durch eine gleichbleibende Auslastung, da die Abdeckung der Spitzenbedarfe durch Spitzenlastheizkessel gewährleistet wird, während die BHKW die Grundlast abdecken. Dies begünstigt sowohl die Lebensdauer, als auch den Wirkungsgrad der BHKW.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der folgenden Beispiele wurden mit Hilfe des der Methode zur Ermittlung des Annuitätischer Gewinns durchgeführt. Die Betrachtungen umfassen einen Zeitraum von zehn Jahren bei einem Zinssatz von fünf Prozent. Für die Brennstoffkosten wurde ein Wert von vier Cent pro kWh (Erdgas) angesetzt. Erlöse aus der Wärmelieferung wurden mit sechs Cent pro kWh_{th} und aus der Stromeinspeisung mit zwölf Cent pro kWh_{el} angesetzt.

Letzterer Wert kommt der geförderten Einspeisung durch das KWK-Gesetz von vor wenigen Jahren nahe. Inzwischen ist die Förderung so weit verringert worden, dass alle betrachteten Beispiele bei der jetzt regulären Stromeinspeisevergütung wirtschaftlich unrentabel wären. Würde jedoch der Strom direkt an Endabnehmer verkauft, wie dies durch Stadtwerke möglich wäre, so ließen sich wesentlich bessere wirtschaftliche Ergebnisse erzielen. Aus diesem Grund und den schon dargestellten Vorteilen der KWK wird mit einer Vergütung von 12 Cent pro kWh_{el} gerechnet.

Weitere mögliche Förderungen außerhalb der Einspeisevergütung wurden nicht betrachtet, da diese sehr spezifisch für die jeweiligen Rahmenbedingungen zugeschnitten sind. Im Einzelfall wäre die Integration einer Förderung in die Kapitalwertmethode jedoch ohne große Aufwände möglich. Nach der Betrachtung der folgenden Beispiele sind alle verwendeten Parameter in einer zusammenfassenden Tabelle dargestellt, mit der die Berechnung in Grundzügen nachvollzogen werden kann.

4.6.3.1 WU Nahwärmenetz Weimar, Humboldtstraße

Bei dem Wohngebiet in der Humboldtstraße bestand die Aufgabe die Möglichkeiten zum Rückbau eines 4-Leitersystems auf ein 2-Leitersystem zu untersuchen.[82] Außerdem galt es den Anschluss eines angrenzenden Wohngebietes an die Nahwärmeversorgung bezüglich

[82] Vgl. für ausführliche Informationen Eschrich (2009), Studienarbeit „Studie zur Nahwärmeversorgung Weimar Humboldtstraße", Bauhaus-Universität Weimar, Professur Abfallwirtschaft.

der technischen Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit zu prüfen. Die im Blickpunkt der Arbeit stehenden zwei Wohngebiete 1 und 2 sind in der Abbildung 84 dargestellt.

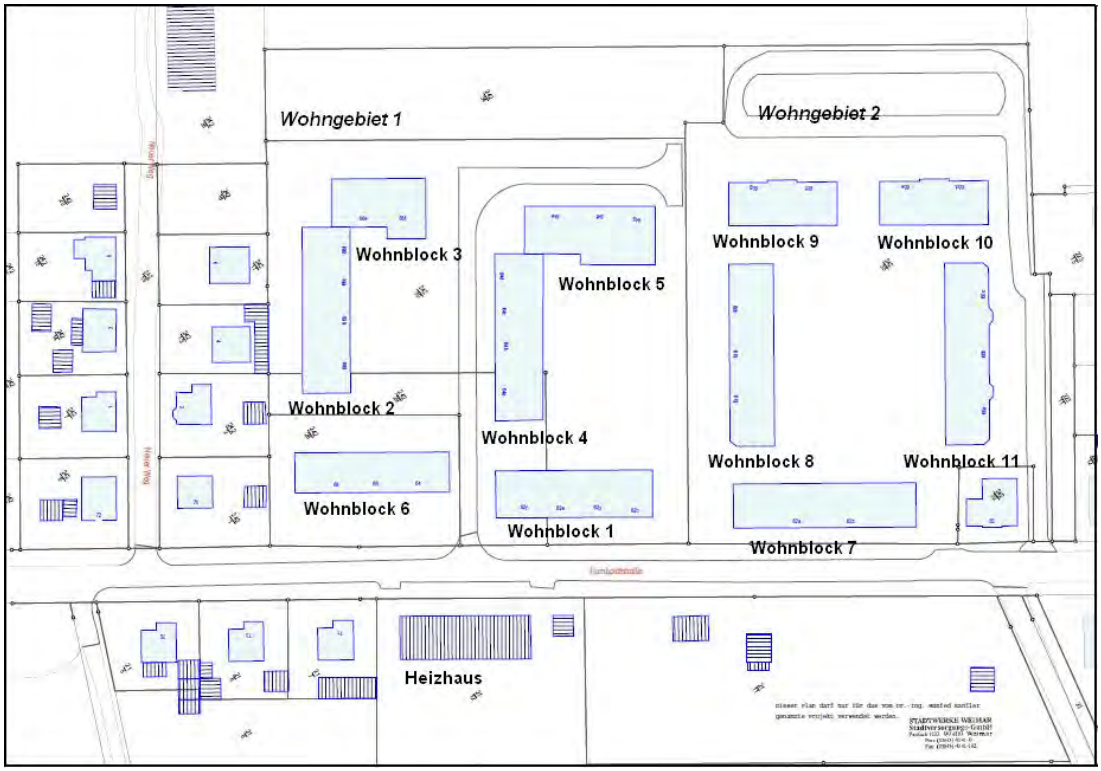


Abbildung 84: Lageplan von Wohngebiet 1 (Blöcke 1-6) und Wohngebiet 2 (Blöcke 7-11) in der Humboldtstraße.

Quelle: Stadtwerke Weimar

Ziel der Analyse war es zunächst den Energieverbrauch der kommunalen Wohngebäude abzubilden. Dieser setzt sich zusammen aus dem Verbrauch für die Raumheizung und das Warmwasser. Zur Ermittlung der Verbrauchsdaten wurden zwei Methoden eingesetzt. Die Jahreswärmemengen der Wohnblöcke 1-6 wurden anhand der Jahresabrechnungen der Fernwärme ermittelt. Für die Wohnblöcke 7-11 wurde der Jahreswärmebedarf aus der bezogenen Brennstoffmenge für die bestehenden Heizkessel berechnet.

Mit den ermittelten Werten konnten verschiedene Varianten bezüglich der Dimensionierung und des Druckverlustes des Netzes berechnet werden. Momentan wird das Wohngebiet 1 über ein 4-Leiternetz (Raumheizung und Warmwasser getrennt mit Vor- und Rücklauf) versorgt, welches für den heutigen Leistungsbedarf überdimensioniert ist. In der Neuplanung wird die Fernwärmetrasse des Wohngebietes 1 auf ein 2-Leiternetz zurückgebaut und das Wohngebiet 2 in die Fernwärmeversorgung integriert. Dafür sind unterschiedliche Varianten der Verlegung verglichen worden. Die Varianten beziehen sich entweder nur auf Wohngebiet 1 oder auf beide Wohngebiete. Dabei wird jeweils der Einsatz von nur einem Spitzenkessel mit der Kombination aus BHKW und Spitzenkessel verglichen.

4.6.3.1.1 Ist-Situation

Wohngebiet 1 umfasst sechs viergeschossige Wohnblöcke in Plattenbauweise mit 152 Wohneinheiten. Die Blöcke wurden im Zeitraum von 1996 bis 1998 vollständig saniert. Das angrenzende Wohngebiet 2 umfasst fünf viergeschossige Wohnblöcke mit insgesamt 96 Wohneinheiten.

Nachfolgend sind die Energiekenndaten der beiden Wohngebiete zusammengefasst dargestellt.

Energiekenndaten	Wert
Gesamtwärmebedarf der Wohnblöcke 1 – 11	1.528,593 MWh/a
Leistungs- bzw. Anschlusswerte	von 60,22 kW (WB 3) bis 120,32 kW (WB 8)
Gesamtwärmeleistung der Wohnblöcke 1 – 11	955 kW
spezifischer Endenergieverbrauch (bezogen auf Wohnfläche)	von 68,64 kWh/m²a (WB 5) bis 112,29 kWh/m²a (WB 9)
durchschnittlicher Wärmeverbrauch pro Wohneinheit der Wohnblöcke 1 – 11	6,797 MWh/a

Tabelle 24: Energiekenndaten der Wohngebiete 1 und 2.

4.6.3.1.2 Konzeption des Nahwärmenetzes

Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit einer BHKW-Anlage ist eine optimale Auslastung. Wesentlich dafür ist eine große jährliche Betriebsstundenzahl im hohen Lastbereich der Kraftmaschine. Typisch sind etwa 4.000 Volllaststunden pro Jahr. Die Wärmeleistung eines wärmegeführten BHKW wird auf etwa 3.000 Stunden im Jahr festgelegt. Darauf wird die Spitzenwärmeleistung des BHKW festgelegt, welche in der Regel 25-30 % des Spitzenwärmebedarfes entspricht. Um die Leistung in Stufen erbringen zu können, wird das BHKW i.d.R. modular mit mehreren Motoren ausgestattet.

Der Wärmebedarf der beiden Wohngebiete beträgt für die insgesamt 11 Wohnblöcke 1.528 MWh/a. Die Gesamtwärmeleistung der Wohngebiete 1 (448 kW) und 2 (506 kW) beträgt 954 kW. Für die weiteren Berechnungen wird eine Spitzenwärmeleistung von 1.000 kW angenommen.

	BHKW zur Abdeckung der Grundlast	Kessel zur Abdeckung der Spitzenlast
Leistung [kW]	Thermische Leistung: 250 kW Elektrische Leistung: 250 kW	Thermische Leistung: 750 kW
Anteil am Gesamtwärmebedarf (1.529 MWh/a) [%]	70 % (1.070 MWh/a)	30 % (458 MWh/a)

Jahresvollbenutzungsstunden [h/a]	4.280 h/a	611 h/a

Tabelle 25: Vereinfachte Auslegung der Wärmeerzeugung mit BHKW und Spitzenkessel für beide Wohngebiete ohne Beachtung von Netzverlusten.[83]

4.6.3.1.3 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Nahwärmenetzes

Bei der Untersuchung der Varianten wurde unterschieden in:

- Variante 1) Versorgung von Wohngebiet 1
- Variante 2) gemeinsame Versorgung von Wohngebiet 1 und 2 (siehe auch Tabelle 25)

Beide Varianten wurden zusätzlich differenziert nach dem möglichen Einsatz von verschiedenen Wärmeerzeugern (Spitzenkessel und BHKW) betrachtet. Des Weiteren wurde für Variante 2 eine alternative Netzvariante betrachtet. In folgender Tabelle sind die untersuchten Varianten aufgeführt.

Variante	Besonderheit
1a	Betrachtung WG 1 mit Spitzenkessel
1b	Betrachtung WG 1 mit BHKW und Spitzenkessel
2a	Betrachtung WG 1+2 mit BHKW und Spitzenkessel, Netzvariante 1
2b	Betrachtung WG 1+2 mit Spitzenkessel, Netzvariante 2
2c	Betrachtung WG 1+2 mit BHKW und Spitzenkessel, Netzvariante 1
2d	Betrachtung WG 1+2 mit Spitzenkessel, Netzvariante 2

Tabelle 26: Übersicht der betrachteten Varianten Humboldstraße

Die beiden Netzvarianten, die für die Leitungsverlegung konzipiert wurden, sind Abbildung 86 und Abbildung 87 dargestellt. Abbildung 85 zeigt den ursprünglichen Verlauf.

Bei beiden Netzvarianten wird das 4-Leiternetz auf ein 2-Leiternetz rückgebaut, indem die Rohrleitungen für die Raumheizung entfernt werden. Der Verlauf der Leitungen in WG 1 bleibt bestehen, WG 2 wird ebenfalls an die Nahwärmeversorgung von WG 1 angeschlossen.

[83] Für die Varianten 2a und 2c, vgl. Tabelle 26.

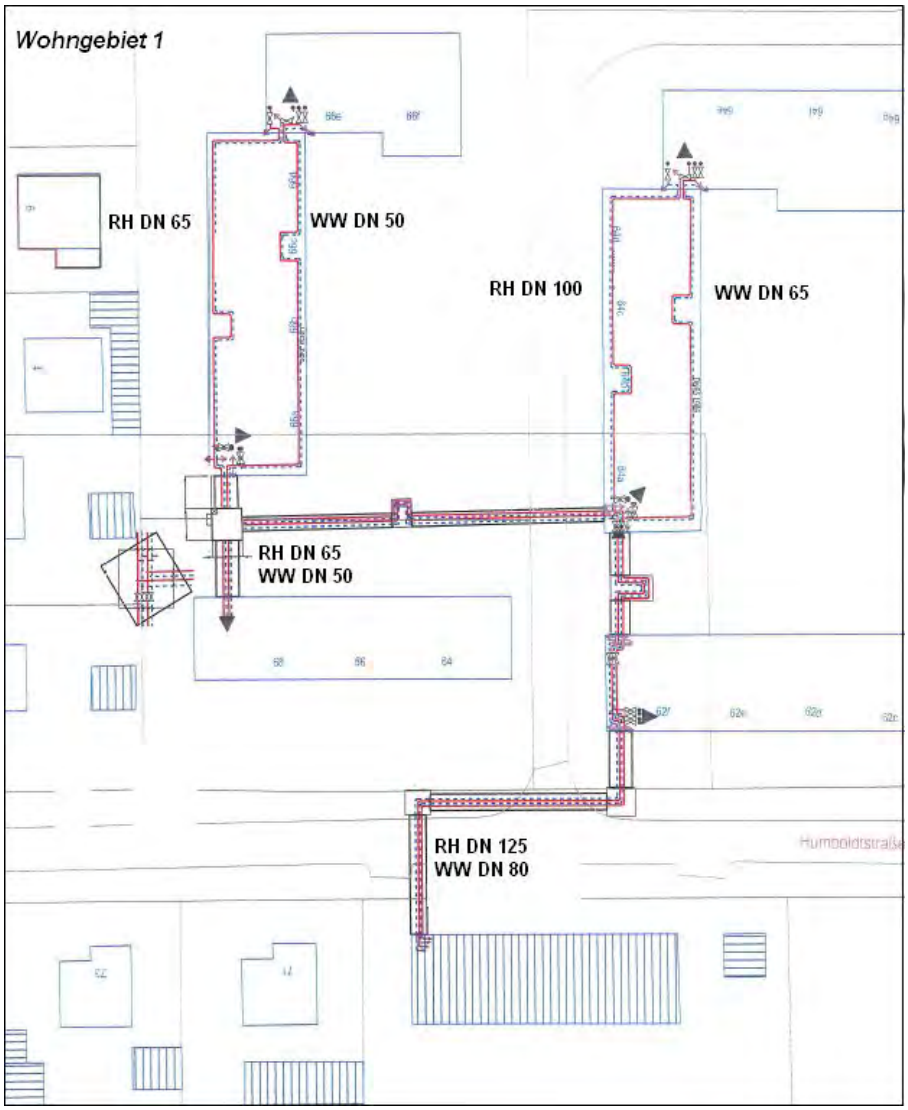


Abbildung 85: Bestehende Versorgungsleitungen WG 1.

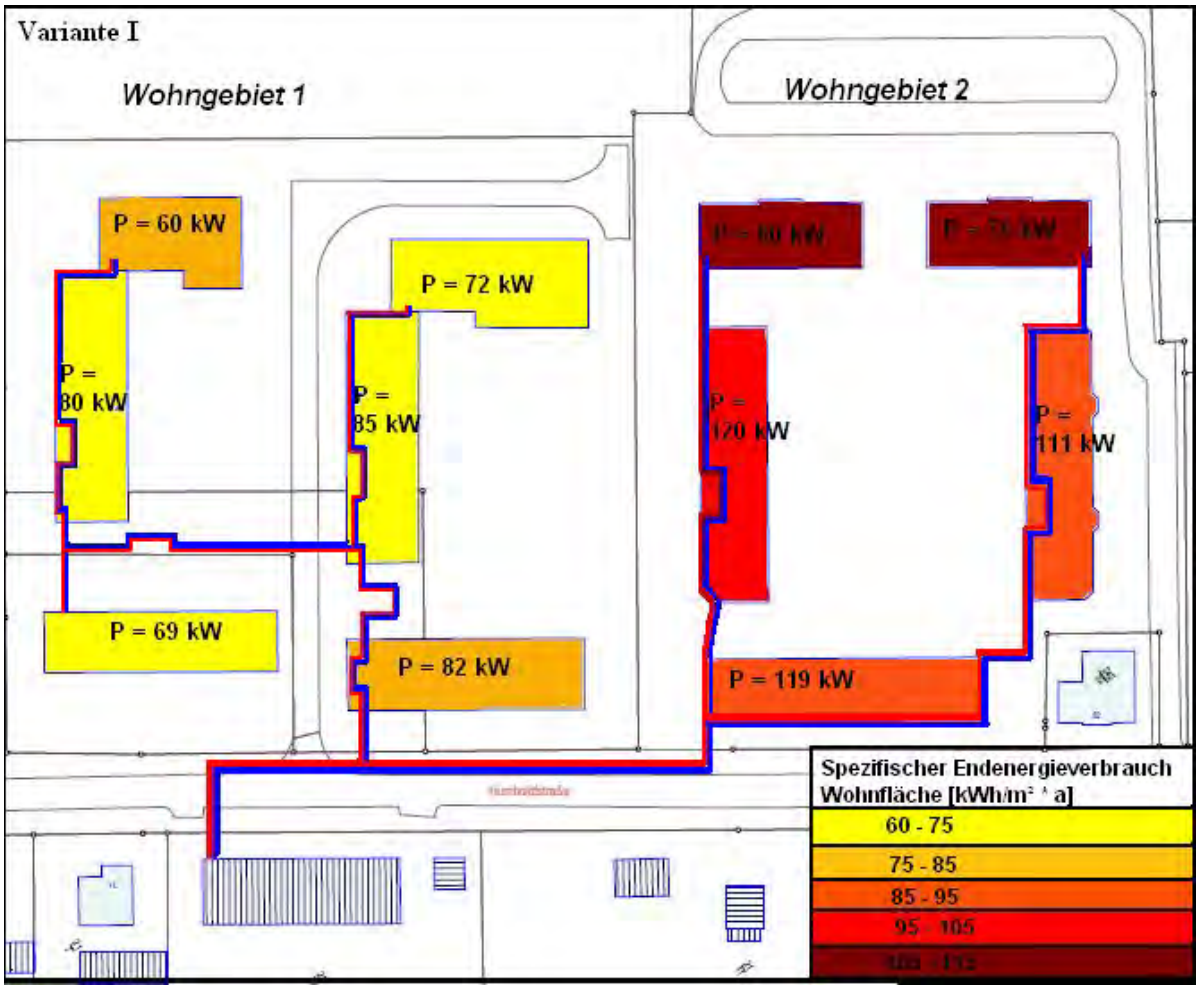


Abbildung 86: Netzvariante 1.

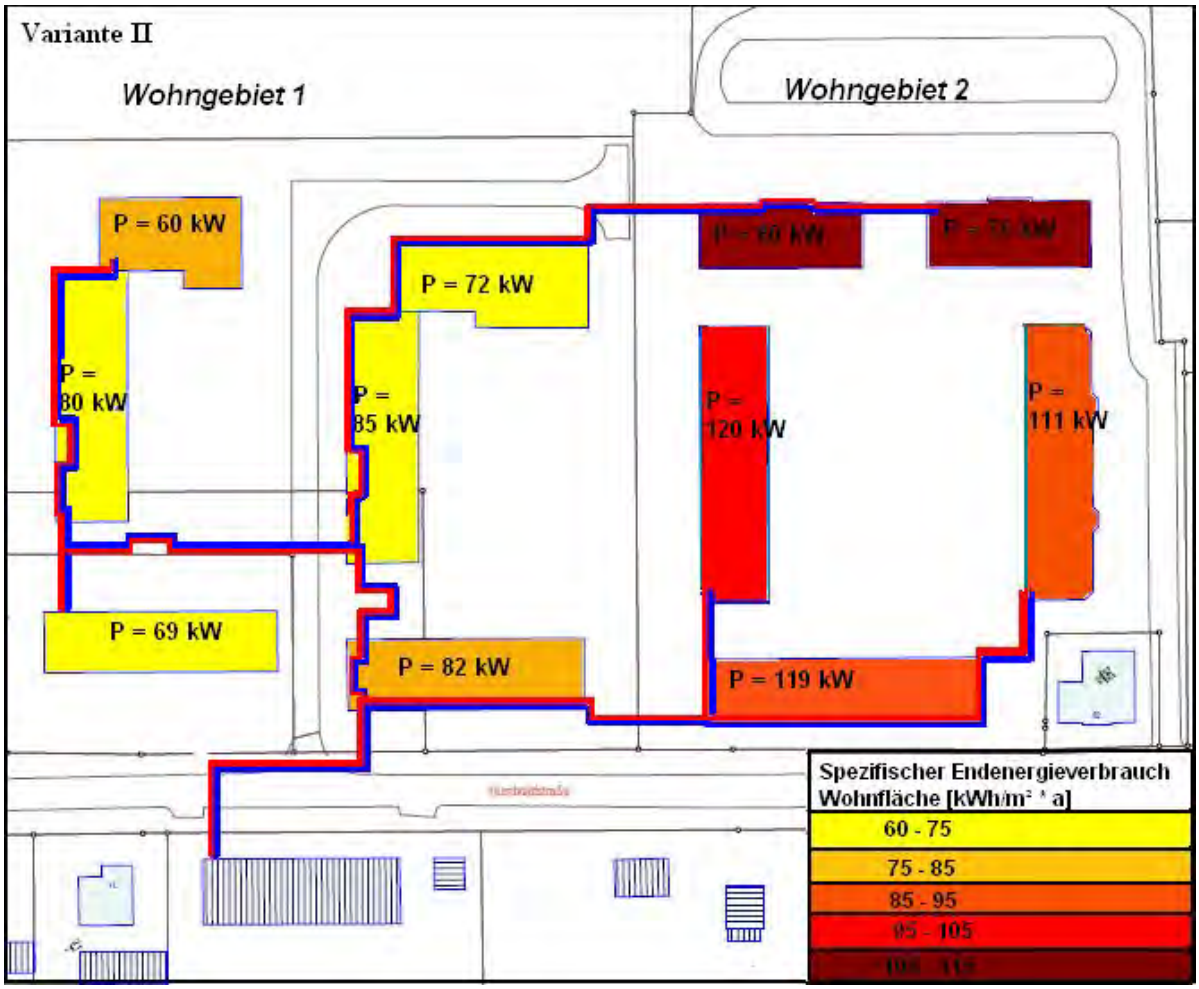


Abbildung 87: Netzvariante 2.

In der folgenden Abbildung 88 sind für alle betrachteten Varianten die Kosten und Erlöse in Tausend Euro dargestellt. Die Kosten setzen sich zusammensetzen aus den betriebsgebundenen Kosten (z.B. Personal- und Instandhaltungskosten), der Finanzierung (Annuität der Investition) und schließlich den verbrauchsgebundenen Kosten (Brennstoffkosten), welche mit Abstand den größten Kostenfaktor darstellen. Dem sind die Erlöse gegenübergestellt, welche sich zusammensetzen aus der gelieferten Wärme, der Stromeinspeisevergütung und gegebenenfalls aus der Steuerrückerstattung für das im BHKW eingesetzte Erdgas (EnergieStG § 53). Die Differenz aus den Erlösen und den Kosten ergibt den jährlichen Gewinn bzw. Verlust, der ebenfalls in Tausend Euro über den einzelnen Varianten angegeben ist.

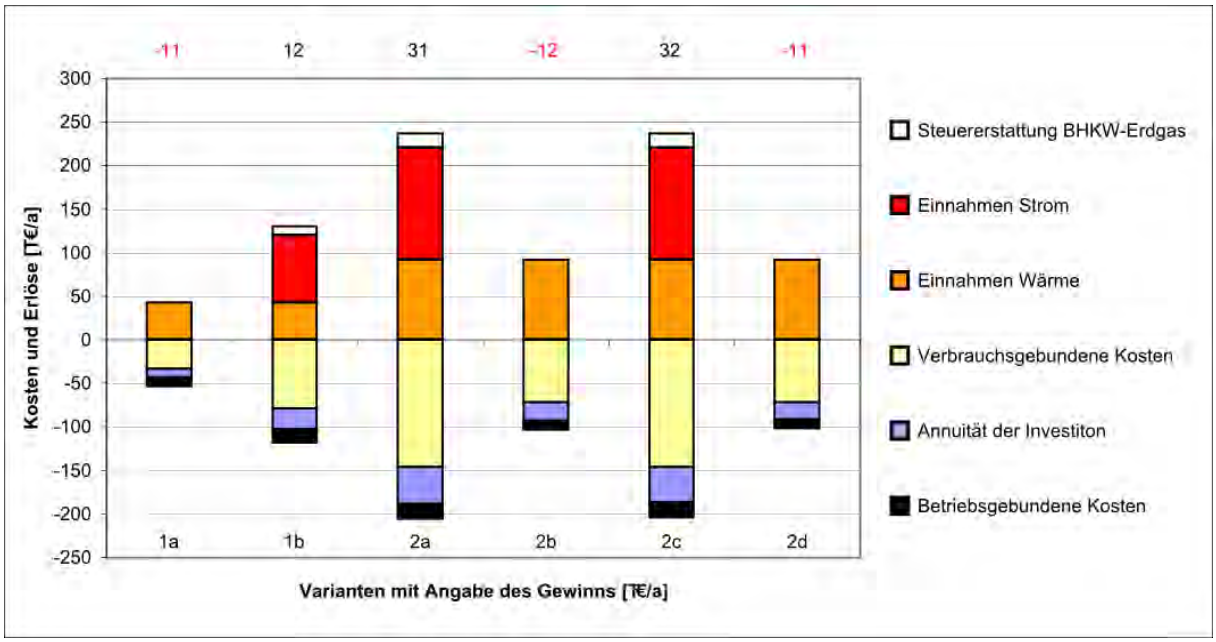


Abbildung 88: Variantenvergleich Humboldstraße.

4.6.3.1.4 Ergebnisse

Die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung hat ergeben, dass eine Kombination von BHKW und Spitzenkessel am wirtschaftlichsten ist. Dies ist durch die Einnahmen aus dem Stromverkauf begründet. Damit kamen die Varianten 1b, 2a und 2c in die nähere Auswahl. Beim Vergleich dieser drei Varianten erweist sich Variante 2c am vorteilhaftesten, weil hier etwas geringere Investitionskosten für das kürzere Wärmenetz anfallen und ein Großteil des Wärmebedarfs über das BHKW abgedeckt wird. Letzteres trägt gleichzeitig zu einer hohen Stromerzeugung bei, welche zum Gesamtgewinn von 32 T€/a erheblich beiträgt (Anhang 1).

4.6.3.2 WU Nahwärmenetz Weimar, Asbachviertel

Für ein mögliches Nahwärmenetz im Weimarer Asbachviertel wurden konventionelle Varianten der Wärmeversorgung (Nah- bzw. Fernwärmeversorgung) mit Optionen der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (Mini-BHKW) und den sich ergebenden Untervarianten bei einer Einbeziehung von Wärmesenken („Großverbraucher“) verglichen. Zusätzlich wurden potentielle Wärmeversorgungsgebiete auf technische, ökonomische und ökologische Machbarkeit hin untersucht.[84]

Grundlage der Untersuchung war wie im vorigen Beispiel eine Wärmebedarfsermittlung für den Gebäudebestand aus der sich die notwendige Dimensionierung des Wärmenetzes und

[84] Vgl. für ausführliche Informationen Eschrich (2010), Diplomarbeit „Effizienzbewertung von Wärmeversorgungslösungen am Beispiel ausgewählter Stadtquartiere in Weimar“, Bauhaus-Universität Weimar, Professur Abfallwirtschaft,

der Wärmeerzeuger ableiten lässt. Für das untersuchte Stadtquartier ist zunächst eine Gebietsbegrenzung und deren mögliche Erweiterung sowie die Bestandsanalyse der Gebäude durchgeführt worden.

4.6.3.2.1 Ist-Situation

Das Asbachviertel besteht aus:

- Einfamilienhäusern (EFH), Baujahr 70-80er Jahre,
- kleinen Mehrfamilien- und Reihenhäusern (KMH, RH), Baujahr 50-60er Jahre und
- großen Mehrfamilienhäusern (GMH), Baujahr Anfang des 20. JH.

Außerdem gibt es in dem Viertel die beiden Großabnehmer Tennis- und Sporthalle sowie das „Schwanseebad“ Weimar (Schwimmhalle mit Freibad). Das Wohngebiet ist fast vollständig saniert. Weil die Großabnehmer selbst größere Wärmeerzeugungsanlagen vorhalten müssen, bietet es sich besonders an die umliegenden Wohngebiete daran anzuschließen und ein gemeinsames Wärmenetz aufzubauen.

4.6.3.2.2 Konzeption des Nahwärmenetzes

Um das Einzugsgebiet für die zu planende Versorgung festzulegen, wurden verschiedene Gebietseingrenzungen vorgenommen. Dabei handelt es sich um das bisherige Versorgungsgebiet („Grundversorgung“). Das eingegrenzte Quartier beinhaltet 145 Wohneinheiten mit 435 Bewohnern und ist in Abbildung 89 dargestellt. Für die Gebäude dieses Versorgungsgebietes liegen Energieausweise und damit eine gute Datenbasis für den Gesamtwärmebedarf vor.

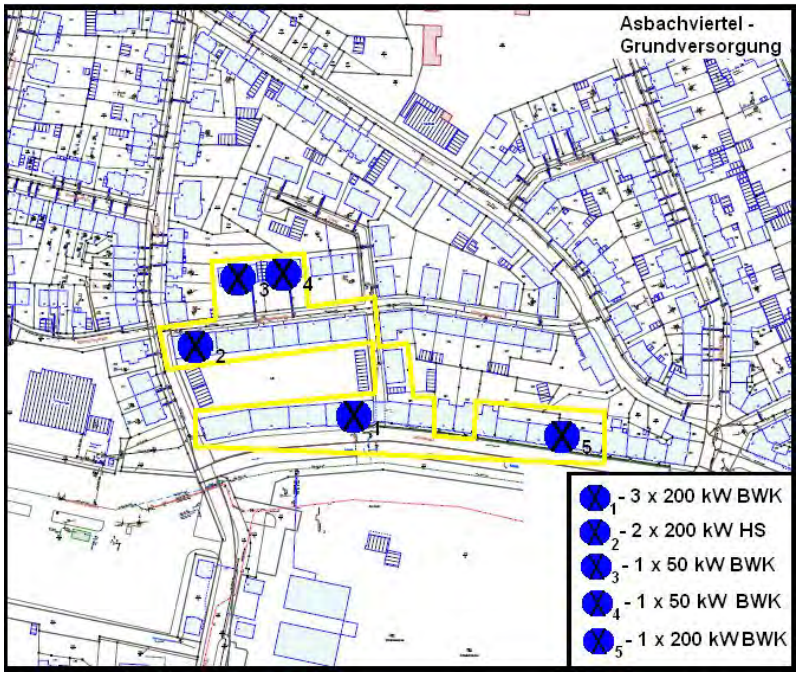


Abbildung 89: Bestehende Wärmeversorgung im Asbachviertel.

Um das optimale Einzugsgebiet für die zu planende Versorgung zu finden, wurden verschiedene Gebietseingrenzungen untersucht. Neben der bisherigen Versorgungsvariante („Grundversorgung“), wurde eine etwas erweiterte „Minimalversorgung“ sowie zwei weitere Varianten untersucht. Die unterschiedlichen Gebietseingrenzungen sind in Abbildung 90aufgezeigt.

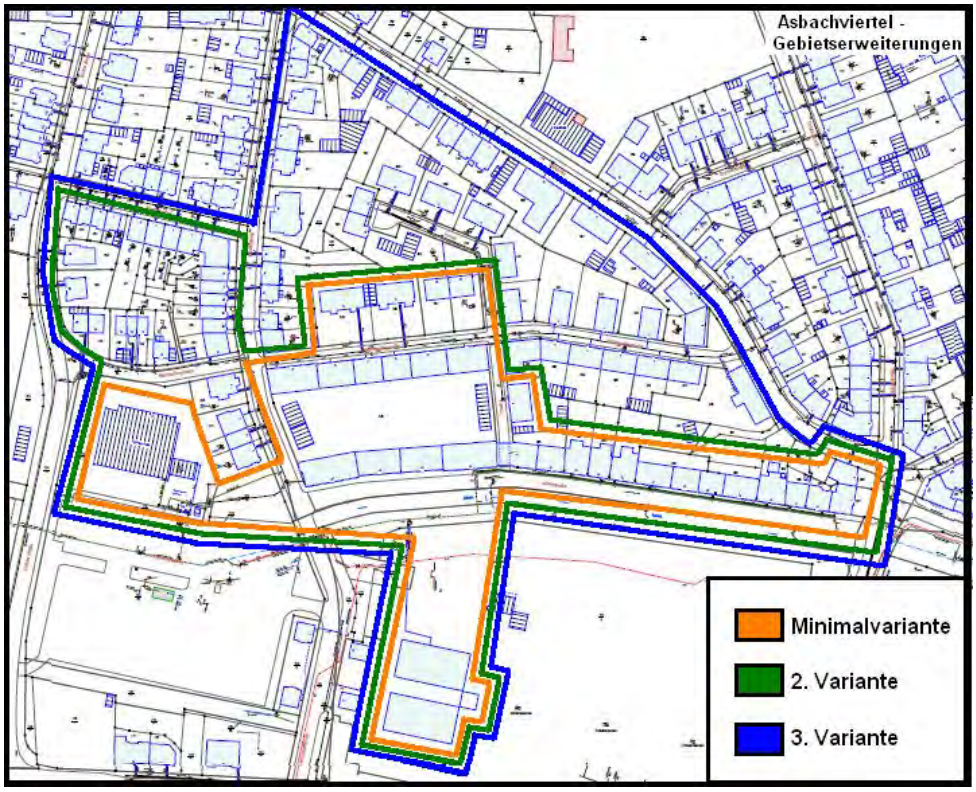


Abbildung 90: Gebietseingrenzung der verschiedenen Versorgungsvarianten.

Da für die Gebäude außerhalb des bisherigen Versorgungsgebiets keine Energieausweise vorlagen, wurden hierfür die Energiekennwerte [$kWh_{th}/(m^2 \bullet a)$] über die Baubestandserfassung mit anschließender Gebäudetypologie-Bestimmung ermittelt.

4.6.3.2.3 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Nahwärmenetzes

Für das Asbachviertel wurden vier Varianten der Energieversorgung verglichen, die sich auf die verschiedenen Netzvarianten und die Kombination von BHKW und Spitzenkessel beziehen. In Abbildung 91 bis Abbildung 94 sind die vier Varianten dargestellt.

Versorungsvariante	Netzvariante	Energieversorgung
I	„Grundversorgung“	1 BHKW + Spitzenkessel
II	„2. Variante“	1 BHKW + Spitzenkessel
III	„3. Variante“	1 BHKW + Spitzenkessel
IV	„3. Variante“ aber Versorgung eines Teilgebietes über Mini-BHKWs	1 BHKW + Spitzenkessel

Tabelle 27: Varianten I – IV für die Versorgung des Asbachviertels.

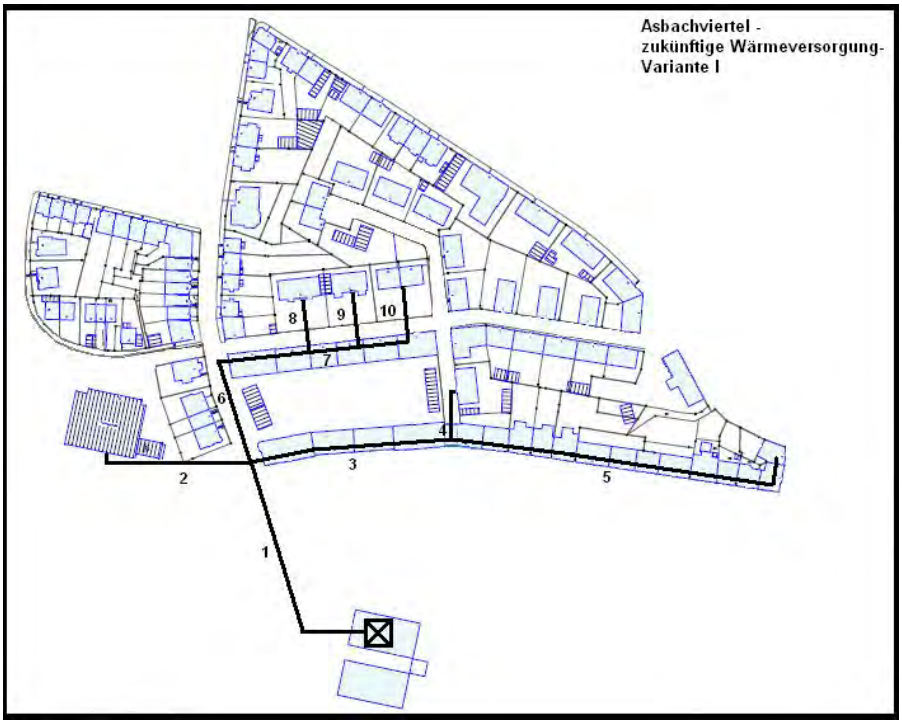


Abbildung 91: Versorgungsvariante I.

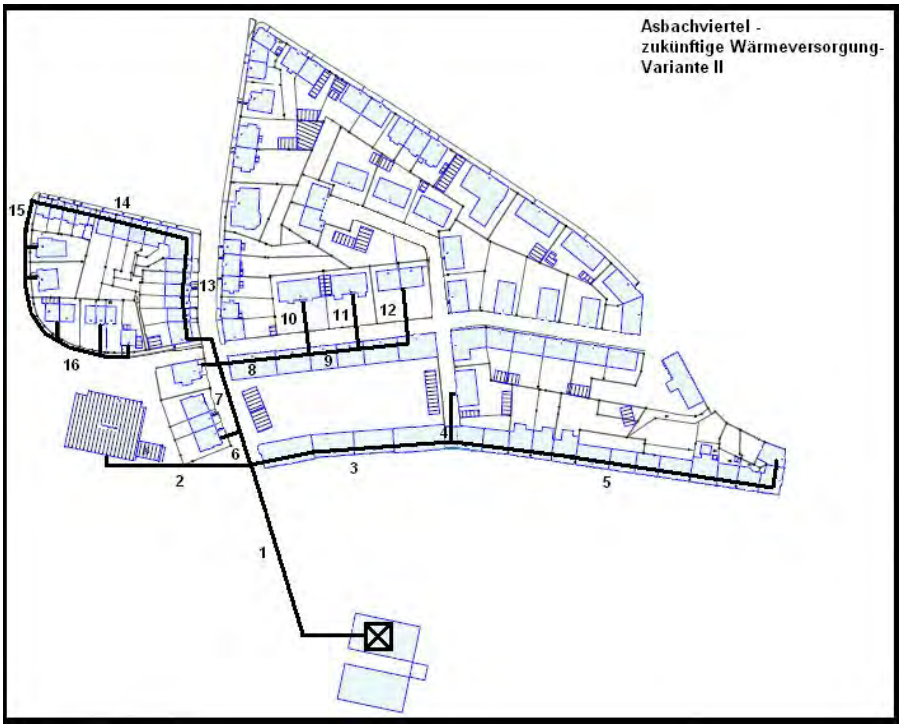


Abbildung 92: Versorgungsvariante II.

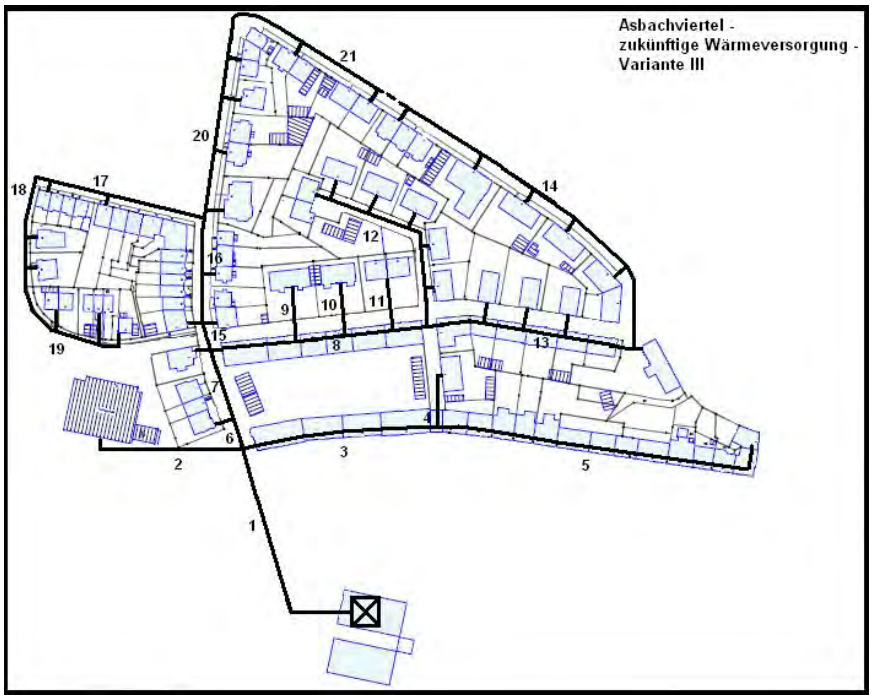


Abbildung 93: Versorgungsvariante III.

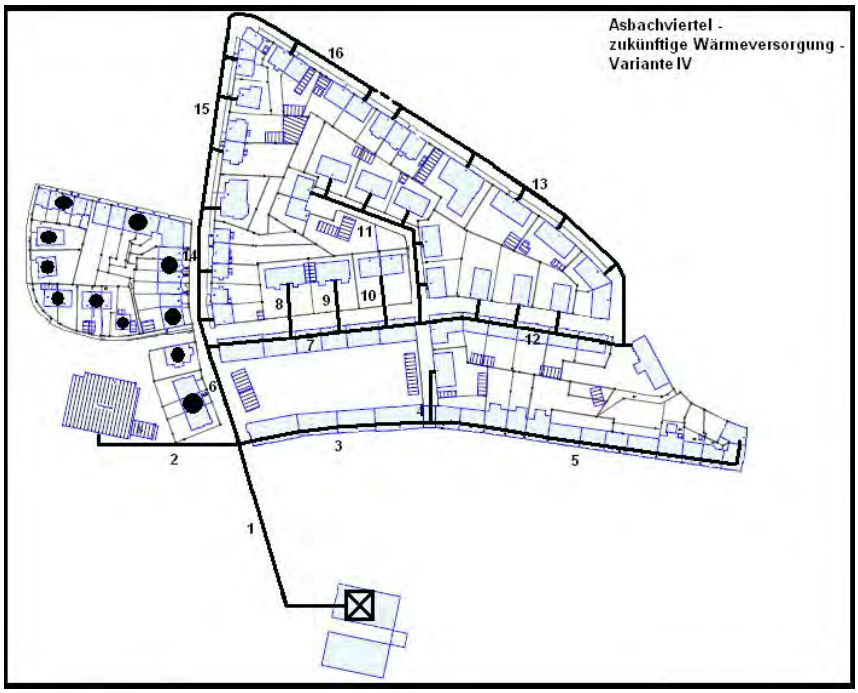


Abbildung 94: Versorgungsvariante IV.

Die Auslegung der Anlagen ist in folgender Tabelle dargestellt.

Netzvariante	**Wärmemengenbedarf [MWh/a]**	**Gewählte Module zur Wärmeversorgung: Lesitungswerte [kW_{th}] / Jahresvollbenutzungs-stunden [h/a]**
„Variante I“	3.146	BHKW (400 / 5.506)

		Kessel (900 / 1.232)
„Variante II“	3.921	BHKW (500 / 5.489) Kessel (1.200 / 1.152)
„Variante III“	5.705	BHKW (800 / 4.992) Kessel (1.800 / 1.118)
„Variante IV“	Fernwärme: 4931 Mini-BHKW: 775	BHKW (650 / 5.310) Kessel (1.500 / 1.159)

Tabelle 28: Anlagenauslegung für das Asbachviertel, Varianten I – IV.

In Abbildung 95 sind für die vier betrachteten Varianten die Kosten und Erlöse in Tausend Euro dargestellt. Die Kosten setzen sich wie im vorhergehenden Beispiel aus den betriebsgebundenen Kosten, der Finanzierung und den verbrauchsgebundenen Kosten zusammen. Diesen sind die Erlöse aus der gelieferten Wärme, der Stromeinspeisevergütung und der Steuerrückerstattung für das BHKW-Erdgas gegenübergestellt. Der jährliche Gewinn ist, ebenfalls in Tausend Euro, über den einzelnen Varianten angegeben.

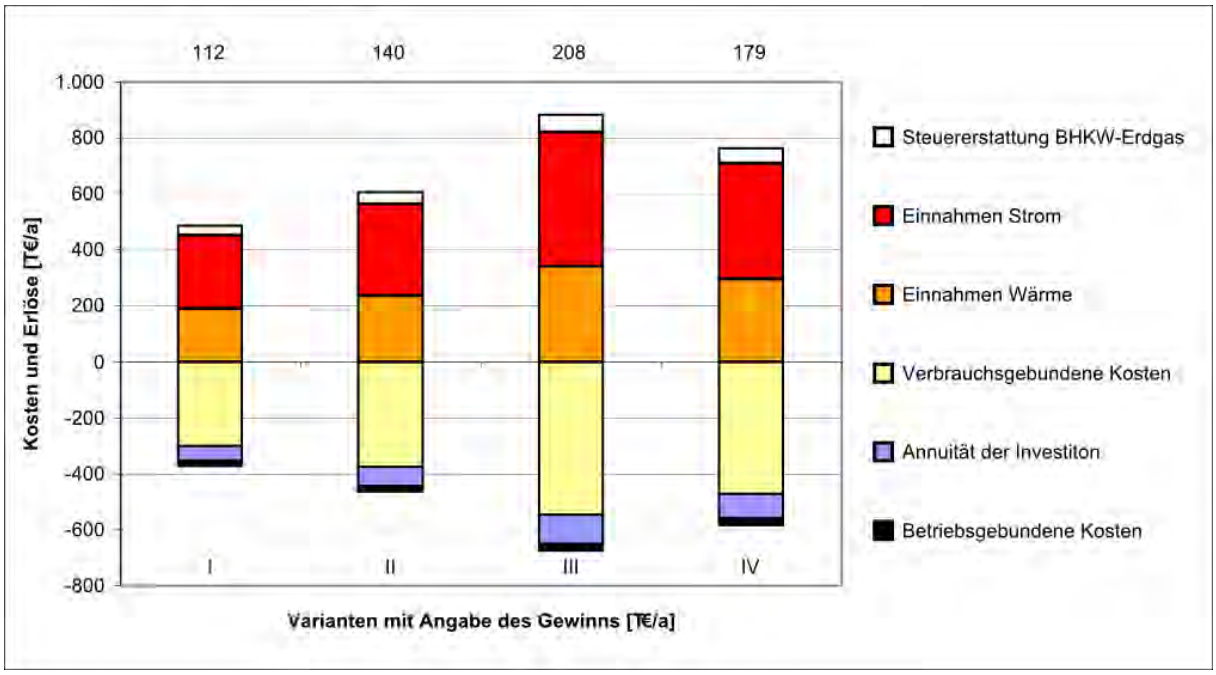


Abbildung 95: Variantenvergleich Asbachviertel.

4.6.3.2.4 Ergebnisse

Der Gewinn der einzelnen Varianten korreliert wie im vorhergehenden Beispiel sichtbar mit den verbrauchsgebundenen Treibstoffkosten. Dies liegt an der angesetzten Stromeinspeisevergütung, welche pro eingesetzte Menge Erdgas höhere Erlöse erzielt, als dies mit der Wärmelieferung möglich wäre. Je mehr Erdgas verbraucht, also auch zu Strom umgesetzt wird, umso stärker wird dieser Einfluss und dementsprechend steigen die Gewinne (Anhang 2).

4.6.3.3 WU Nahwärmenetz Weimar, Kirschbachtal - Schönblick - Zöllnerviertel

Bei der Betrachtung eines Gebietes um das Kirschbachtal wurden konventionelle Varianten der Wärmeversorgung (Nah- bzw. Fernwärmeversorgung) mit Optionen der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung (BHKW Mini-BHKW) und den sich ergebenden Untervarianten bei einer Einbeziehung von Wärmesenken („Großverbraucher“) verglichen und potentielle Wärmeversorgungsgebiete auf technische, ökonomische und ökologische Vor- und Nachteile hin untersucht.[85] Grundlage der Untersuchung war die Datenerfassung zur Wärmebedarfsermittlung für den Gebäudebestand und der bestehenden Wärmeversorgung. Dabei setzt sich der Wärmebedarf aus der Summe von Raumwärme und Warmwasser zusammen. Für das untersuchte Stadtquartier ist zunächst eine Gebietsbegrenzung und deren mögliche Erweiterung sowie die Bestandsanalyse der Gebäude durchgeführt worden.

4.6.3.3.1 Ist-Situation

Das Wohngebiet Kirschbachtal – Schönblick – Zöllnerviertel ist im Süden der Stadt Weimar gelegen und entstand von Anfang der 60er bis Ende der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts. Im Jahr 2007 war eine Einwohnerzahl des Gebietes von 3.792 zu verzeichnen. Das Kirschbachtal besitzt 410 Wohnungen mit zumeist ein bis vier Zimmern. Alle Wohngebäude befinden sich im sanierten Zustand. Die bestehende einzubehaltende Gebietsabgrenzung ist in Abbildung 96 dargestellt, nachstehend sind die Großverbraucher aufgeführt. Die Energiekenngrößen des Wohngebietes lagen für Wohn- und Nichtwohngebäude über die Energieausweise der Wohnungsunternehmen vor.

Zu den Großverbrauchern zählen:

- „Nahkauf Kirschbachtal“
- „Pestalozzi Grundschule“
- „Pestalozzi Regelschule“
- „Pestalozzi Hort“
- „Kindertagesstätte Kirschbachtal“
- „Kindergarten Böhlaustraße“
- „Schule für Sehbehinderte Schwabestraße“

[85] Vgl. für ausführliche Informationen Eschrich (2010), Diplomarbeit „Effizienzbewertung von Wärmeversorgungslösungen am Beispiel ausgewählter Stadtquartiere in Weimar“, Bauhaus-Universität Weimar, Professur Abfallwirtschaft.

Mit Ausnahme des „Nahkauf Kirschbachtal“ befinden sich alle Großabnehmer im Zöllnerviertel. Zur Ermittlung der Verbrauchsdaten der Großverbraucher standen definierte Zielwerte für öffentlich genutzte Gebäude zur Verfügung, die als Benchmark angesetzt wurden.

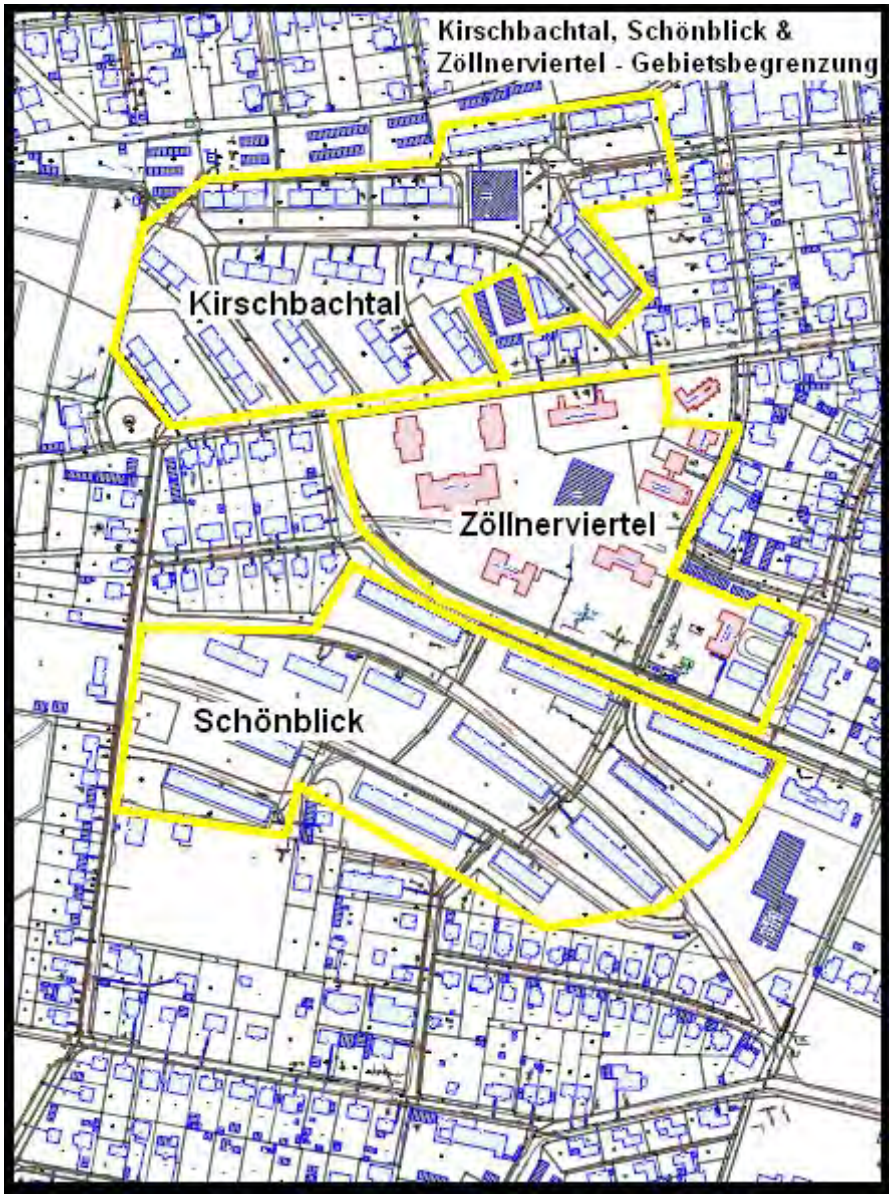


Abbildung 96: Gebietseingrenzung Kirschbachtal - Schönblick – Zöllnerviertel.

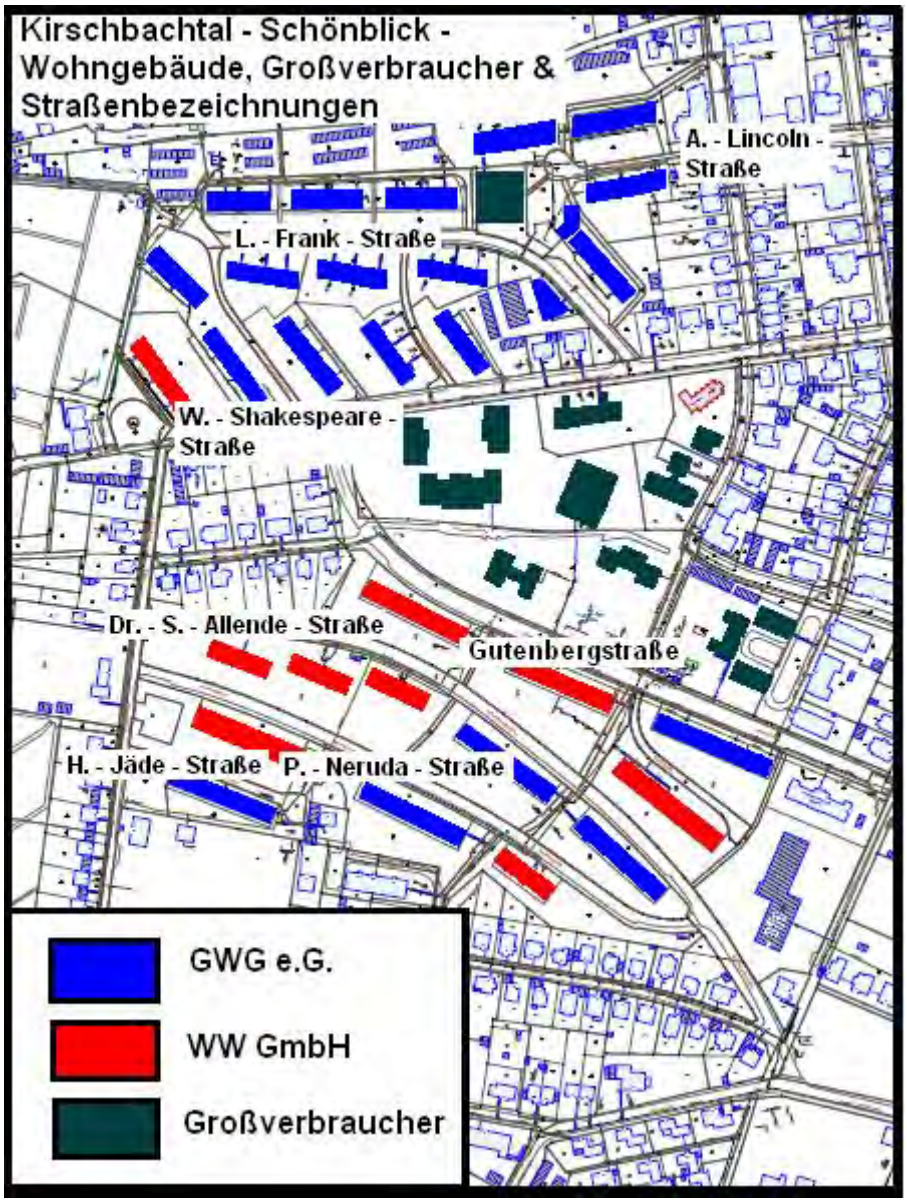


Abbildung 97: Großverbraucher im Wohngebiet Kirschbachtal - Schönblick – Zöllnerviertel.

4.6.3.3.2 Konzeption des Nahwärmenetzes

Für das Wohngebiet mit der in Abbildung 96 dargestellten Gebietsbegrenzung wurden 2 Netzvarianten untersucht. Diese Netzvarianten I und II sind in Abbildung 98 und Abbildung 99 dargestellt. Bezüglich der Versorgung wurde bei beiden Varianten folgendes grundlegend vorgesehen:

Variante I: Versorgung des gesamten Wohngebietes mittels eines BHKW + Spitzenkessel (→ eine größere Anlage).

Variante II: Versorgung der drei einzelnen Teilgebiete mit jeweils einem BHKW + Spitzenkessel (→ drei kleinere Anlagen).

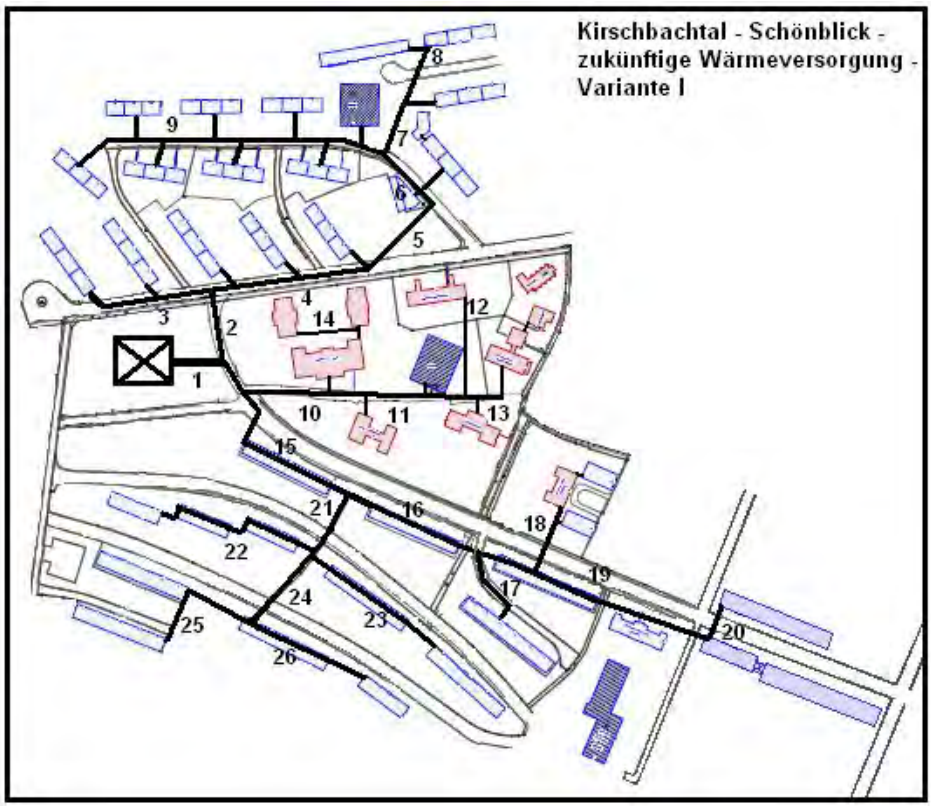


Abbildung 98: Variante I.

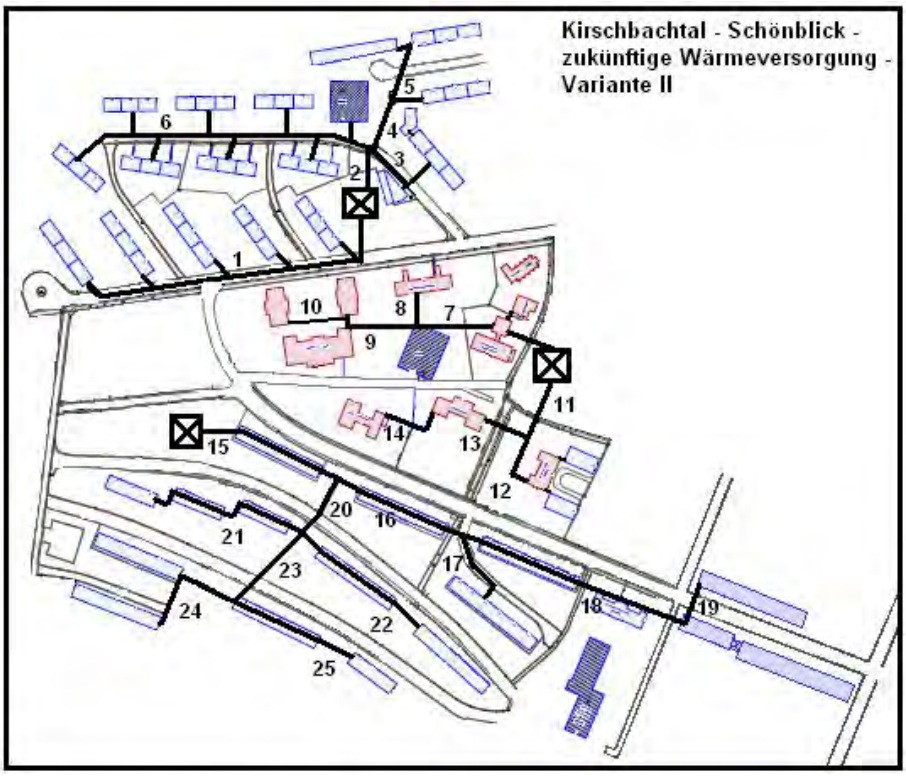


Abbildung 99: Variante II.

Die Auslegung der Anlagen nach den jeweiligen Netzvarianten ist in folgender Tabelle dargestellt.

Netzvariante	Wärmemengenbedarf [MWh/a]	Gewählte Module zur Wärmeversorgung: Lesitungswerte [kW_{th}] / Jahresvollbenutzungs-stunden [h/a]
„Variante I“	9.989	BHKW (1.500 / 4.662) Kessel (3.200 / 1.101)
„Variante II“	Kirschbachtal: 3.083	BHKW (500 / 4.316) Kessel (1.000 / 1.100)
	Schönblick: 4.587	BHKW (650 / 4.941) Kessel (1.500 / 1.100)
	Zöllnerviertel: 2.319	BHKW (300 / 5.410) Kessel (700 / 1.100)

Tabelle 29: Anlagenauslegung „Kirschbachtal - Schönblick - Zöllnerviertel“, Variante I und II.

4.6.3.3.3 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Nahwärmenetzes

In Abbildung 100 sind für beide Varianten die Kosten und Erlöse in Tausend Euro dargestellt. Die Kosten setzen sich wie in den zwei vorhergehenden Beispielen aus den betriebsgebundenen Kosten, der Finanzierung und den verbrauchsgebundenen Kosten zusammen. Diesen sind die Erlöse aus der gelieferten Wärme, der Stromeinspeisevergütung und der Steuerrückerstattung für das BHKW-Erdgas gegenübergestellt. Der jährliche Gewinn ist, ebenfalls in Tausend Euro, über den Varianten angegeben.

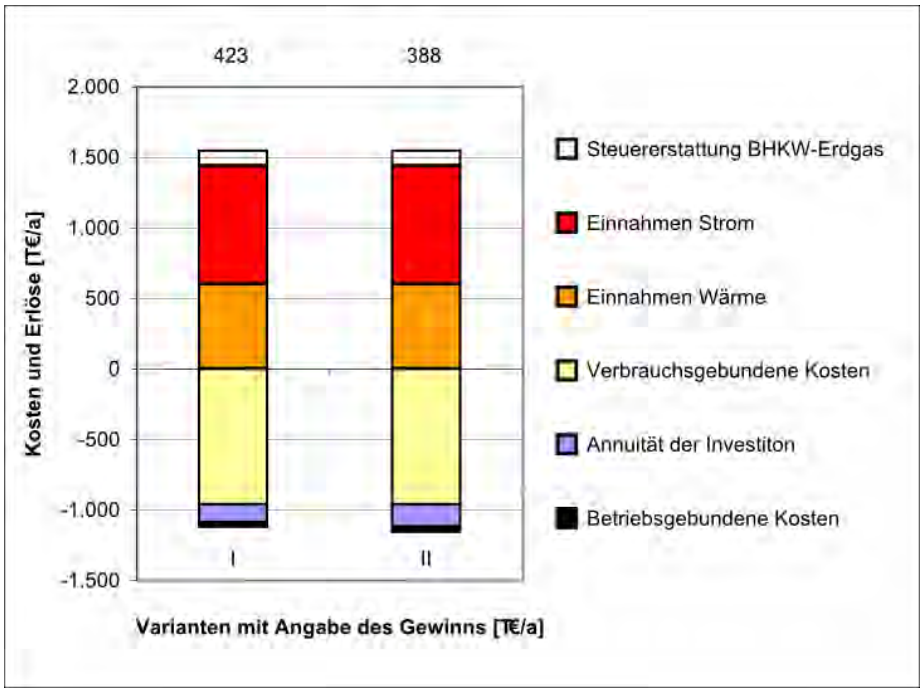


Abbildung 100: Variantenvergleich Kirschbachtal-Schönblick-Zöllnerviertel.

4.6.3.3.4 Ergebnisse

Als Vorzugsvariante hat sich Variante I mit einem Gewinn von 423 T€/a erwiesen. Der Grund hierfür liegt in der Verteilung der Wärme- und Stromerzeugung auf drei Standorte in Variante II. Die Berechnung der Investitionskosten für BHKW basierte auf einer Kennwertkurve, nach der die kW-spezifischen Investitionskosten mit der Größe der Anlage abnehmen. Daher generieren drei kleine BHKW höhere Investitionskosten als ein großes BHKW, welches summarisch die gleiche Leistung aufweist. Bei der Investitionskostenberechnung der Spitzenkessel wurde im Übrigen ein statisch spezifischer Preis von 50 €/kW angesetzt, so dass die Aufteilung der Kessel auf drei kleine Anlagen rechnerisch keine höheren Kosten generierte (Anhang 3).

4.6.3.4 WU Nahwärmenetz Weimar, Tiefurt

Im Ortsteil Tiefurt befindet sich die Kläranlage Weimar. Aus dem anfallenden Klärschlamm wird Klärgas für den Betrieb zweier BHKW gewonnen, die die Kläranlage mit Wärme und Strom versorgen. Aufgabe war es hier die Möglichkeiten zu untersuchen, mit der aus dem Klärgas gewonnenen Energie zusätzlich ein Nahwärmenetz zu betreiben. Damit ließen sich teilweise die mit Erdgas oder Heizöl betriebenen Hausheizungsanlagen in Tiefurt ersetzen.[86]

4.6.3.4.1 Ist-Situation

Tiefurt hat 632 Einwohner, umfasst eine Fläche von 2,31 km² und ist ein langgestrecktes Straßendorf. Die Ortsdurchgangsstraße wurde erst vor wenigen Jahren saniert, was bei der Planung der Netzverlegung zu berücksichtigen war. Die ansässige Kläranlage wurde 1995-2001 umgebaut, modernisiert und erweitert.

[86] Vgl. Meyer (2007), Bachelorarbeit „Potentialanalyse zur Wärmeversorgung von Tiefurt über ein klärgasbetriebenes BHKW“, Bauhaus-Universität Weimar, Professur Abfallwirtschaft.

Abbildung 101: Grafische Darstellung der Leistungsbedarfswerte der aufgenommenen Gebäude in Tiefurt.

Der Leistungsbedarf der insgesamt 104 Gebäude wurde mittels Typologieverfahren geschätzt. Bei einem Richtwert von 1.600 Vollbenutzungsstunden ergab sich ein Gesamtjahreswärmebedarf von 2.692 MWh. Der größte Teil der Gesamtleistung von 1.683 kW verteilt sich auf viele Häuser mit geringerem Bedarf, wie aus Abbildung 101 zu entnehmen ist.

4.6.3.4.2 Konzeption des Nahwärmenetzes

In Tiefurt wurde im Gegensatz zu den vorhergehenden Beispielen eine dynamische Betrachtung durchgeführt, welche einen allmählichen Anschluß der meisten Einzelhäuser über zwanzig Jahre vorsah. Grund hierfür war die Ausgangslage ein ganzes Dorf an ein Nahwärmenetz anzuschließen. Es wäre rechtlich problematisch einen Anschlußzwang bei bestehender individueller Wärmeversorgung durchzusetzen. Zudem wäre es auch unwirtschaftlich teilweise erst vor wenigen Jahren erneuerte Heizkessel stillzulegen.

Mit der Kapitalwertmethode kann solch eine dynamische Planung nicht abgebildet werden. Vereinfachend wurde wie in den vorhergehenden Beispielen ein Aufbau des Nahwärmenetzes mit einem Mal berechnet. Dennoch soll im Folgenden kurz auf die durchgeführte dynamische Planung eingegangen werden um den dafür notwendigen Detailgrad zu verdeutlichen.

Aus der Wärmebedarfsermittlung wurde eine qualitative Auswahl von Vorranggebieten für den Nahwärmeanschluss abgeleitet. Je näher die Gebiete an der geplanten Heizzentrale auf

der Kläranlage lagen, umso größer war der Vorrang bei der Trassenverlegung. Für die Auslegung der Trassen wurde das Planungsgebiet in die drei Teile West, Mitte und Ost aufgeteilt, wie die folgende Abbildung zeigt.

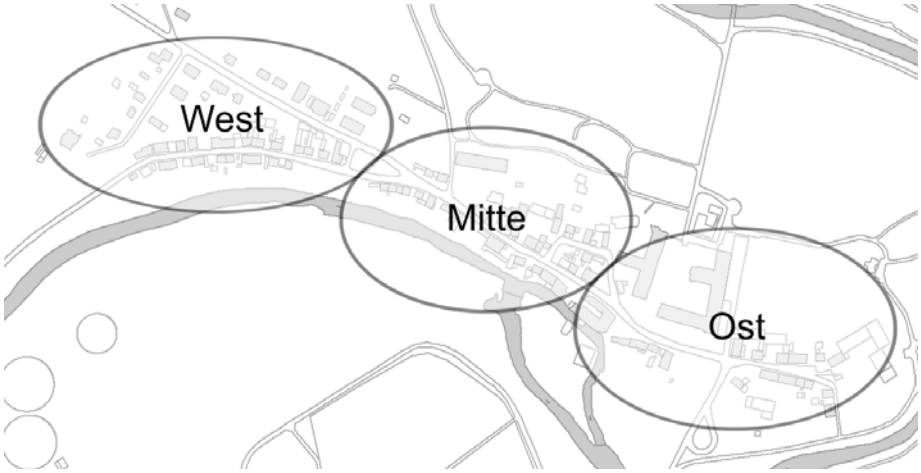


Abbildung 102: Aufteilung des Planungsgebietes Tiefurt.

Abbildung 103 zeigt das Gebiet Tiefurt-West mit den geplanten Trassen, den maximalen Leistungen und dem Leistungsbedarf in kW. Grundsätzlich war für jedes Haus eine Hausanschlussleitung (HAL) vorgesehen. Teilweise wurden aber mehrere Gebäude mit einer HAL angeschlossen. Dies ist besonders im Gebiet Tiefurt-Mitte der Fall, welches in Abbildung 104 dargestellt ist. Der östliche Teil von Tiefurt ist in Abbildung 105 zu sehen. Die beiden kleineren Abschnitte sind am weitesten vom Wärmeerzeuger entfernt und erhielten wegen ihrer geringen Leistung eine geringe Priorität, was den Anschlusszeitpunkt betrifft.

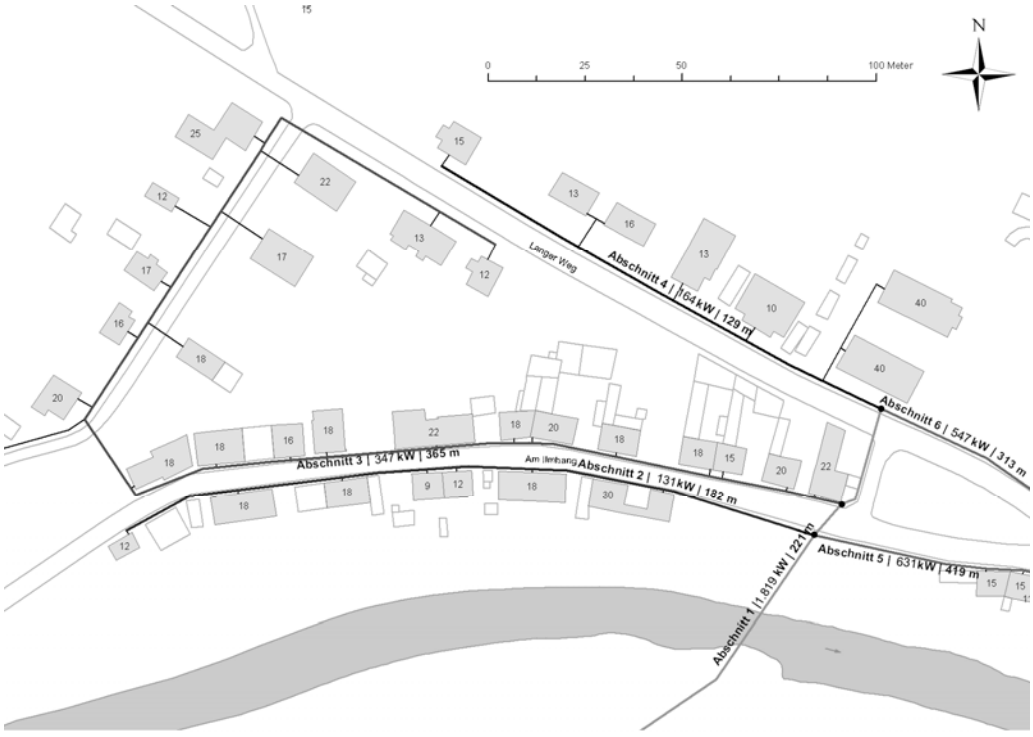


Abbildung 103: Auslegung des Nahwärmenetzes in Tiefurt-West.

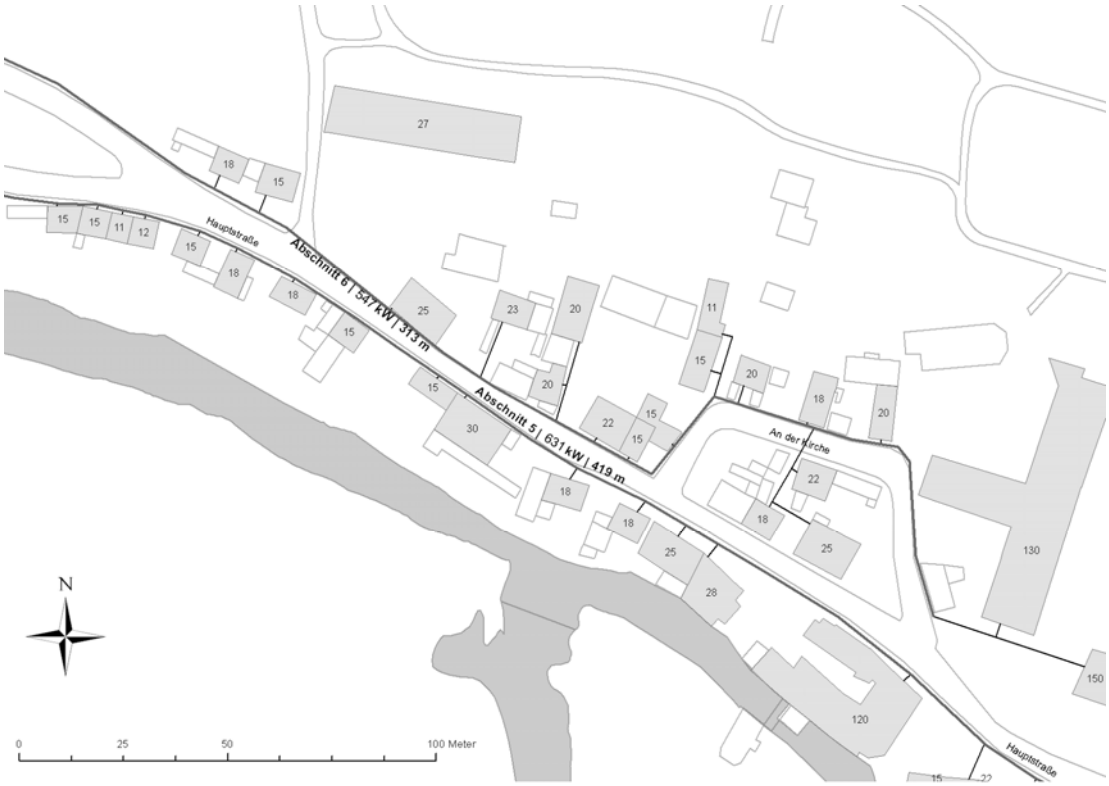


Abbildung 104: Auslegung des Nahwärmenetzes in Tiefurt-Mitte.

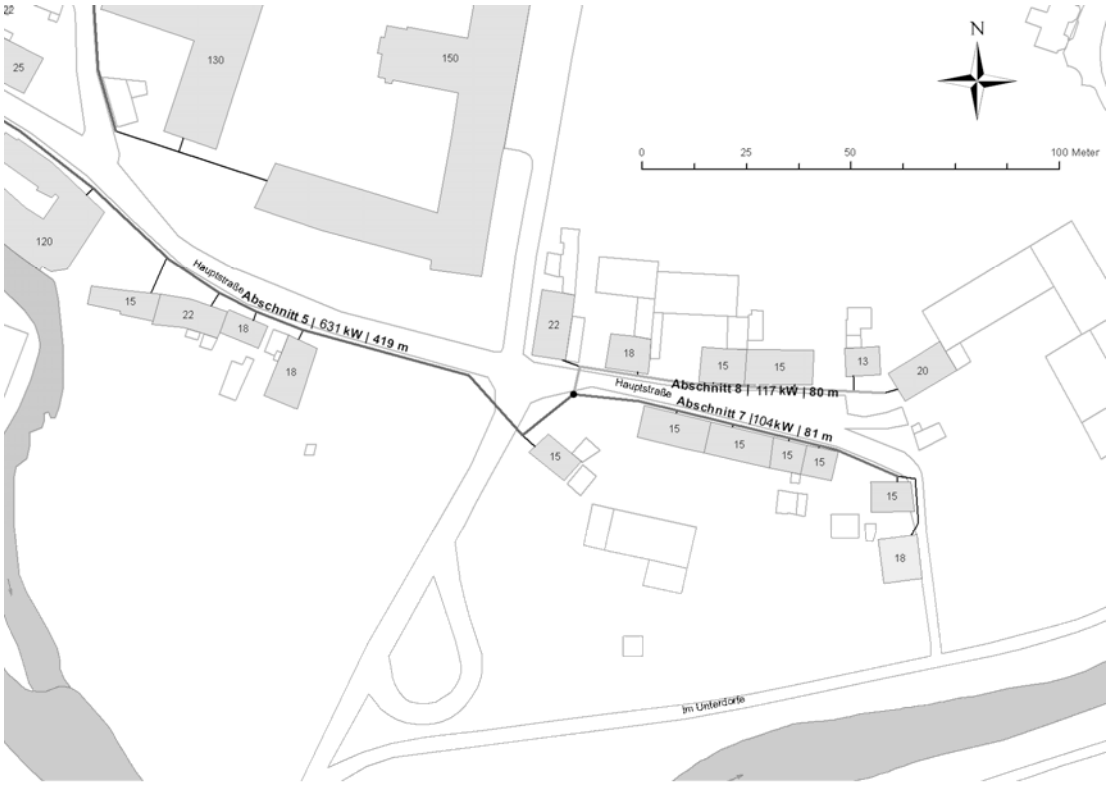


Abbildung 105: Auslegung des Nahwärmenetzes in Tiefurt-Ost.

Die von einem aus zwei Modulen bestehenden BHKW erzeugte Grundlast sollte mit 20 % der notwendigen Maximalleistung angesetzt werden. Damit ergab sich ein Arbeitsanteil des

BHKW von etwa 56 % an der zu leistenden Gesamtarbeit. Die erforderliche Gesamtjahreswärmearbeit betrug 3.291 MWh bei durchschnittlich 1.700 Vollnutzungsstunden. Die geplanten zwei BHKW hätten davon 56,1 %, also 1.846 MWh bei zusammen 10.150 Betriebsstunden pro Jahr geliefert. Dafür notwendig wären 84 % des 2004 erzeugten Klärgases.

Die Spitzenlast sollte über einen Heizkessel abgedeckt werden, dessen Wirkungsgrad bei etwa 90 % liegt. Daraus resultierte eine Leistung für den Kessel von 1.455 kW mit 993 Volllaststunden im Jahr. Dafür notwendig wären 38 % des 2004 erzeugten Klärgases. Zusammengenommen wäre also mehr Klärgas für den Betrieb des Nahwärmenetzes notwendig, als zum Untersuchungszeitpunkt überhaupt produziert wurde. Nicht zu vergessen ist, dass mit dem anfallenden Klärgas auch die Beheizung des Fermenters sowie der Betriebsgebäude sichergestellt wird.

Weil der bestehende Fermenter für eine Vollauslastung der Kläranlage gebaut wurde, die Kläranlage aber weniger ausgelastet ist als damals geplant, gäbe es die Möglichkeit den Fermenter über eine Co-Vergärung auszulasten und somit mehr Gas zu produzieren. Das Substrat für die Co-Vergärung müsste allerdings aus dem Umland eingekauft werden.

4.6.3.4.3 Untersuchung der Wirtschaftlichkeit des Nahwärmenetzes

In Abbildung 106 sind für das geplante Nahwärmenetz die Kosten und Erlöse in Tausend Euro dargestellt. Die Kosten setzen sich wie in den drei vorhergehenden Beispielen aus den betriebsgebundenen Kosten, der Finanzierung und den verbrauchsgebundenen Kosten zusammen. Diesen sind die Erlöse aus der gelieferten Wärme und der Stromeinspeisevergütung gegenübergestellt. Eine Steuerrückerstattung für BHKW-Erdgas fällt nicht an, da sowohl für den Spitzenkessel als auch für das BHKW Klärgas eingesetzt würde. Der jährliche Gewinn ist, ebenfalls in Tausend Euro, über der Zusammenstellung angegeben.

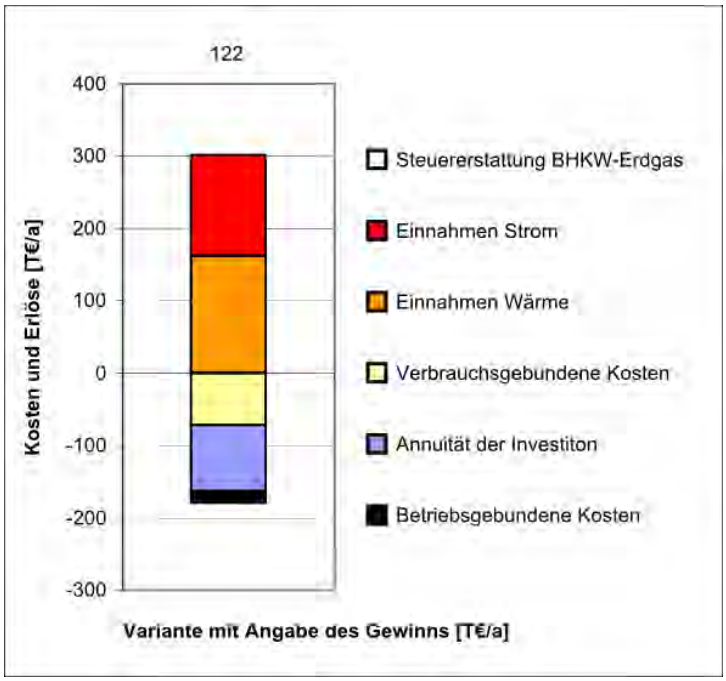


Abbildung 106: Kosten-Erlöse-Verteilung für das geplante NahwärmenetzTiefurt.

Die vergleichsweise geringen verbrauchsgebundenen Kosten basieren auf einem günstigen Preis für das vom Betreiber (Kläranlage) selbstgenerierte Klärgas. Der Preis des Klärgases bildet dabei die Kosten für die Substrate und den energetischen Aufwand der zusätzlich notwendigen Co-Vergärung ab.

4.6.3.4.4 Ergebnisse

Aus der Untersuchung lässt sich die technische Machbarkeit eines klärgasbetriebenen Nahwärmenetzes ableiten. Die wirtschaftliche Betrachtung ergab unter den gegebenen und teilweise angenommenen Randbedingungen ein positives Ergebnis. Rechtlich problematisch erschiene jedoch das Auftreten eines Abwasserentsorgungsbetriebes als Energieversorger. So wären vor einer Realisierung dieses Beispiels, trotz wirtschaftlicher und technischer Machbarkeit, spezielle ordnungsrechtliche Probleme zu lösen (Anhang 4).

4.6.4 Wirtschaftlichkeitsuntersuchung energetischer Gebäudesanierungen am Bespiel eines großen Mehrfamilienhauses der 50er Jahre

Zuvor wurden Beispiele zum Ausbau von Nahwärmenetzen zur Energieversorgung vorgestellt. Nun wird der Bereich der Energieeinsparung durch reduzierten Energiebedarf untersucht. Denn vor der Ausführung einer energetischen Gebäudesanierung sollte dessen Wirtschaftlichkeit untersucht werden. Wie dieser Abschnitt zeigt, ist nicht jede Energieeinsparmaßnahme auch wirtschaftlich tragfähig.

Es besteht die Aufgabe den energetischen Zustand der Gebäude eines städtischen Quartiers einzuschätzen. Erfolgt eine separate Untersuchung aller Gebäude, wäre dies mit einem erheblichen zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden. Um den damit verbundenen Erhebungsaufwand zu verringern, bietet sich die Einteilung des Gebäudebestandes in möglichst homogene Gruppen, sog. Cluster, an, um daraus Stichproben zu ziehen. Ziel ist es dabei, von Untersuchungsergebnissen einzelner Gebäude auf die gesamte Gruppe zu schließen. Grundsätzlich sind bei diesem Ansatz des energetischen Portfoliomanagements weitere Punkte zu beachten, auf die hier nicht weiter eingegangen wird.[87]

Voraussetzung dieser Herangehensweise ist es, dass möglichst homogene Gebiete zu einer überschaubaren Gruppe zusammengefasst werden. Bei größeren oder stark inhomogenen Quartieren ist die Anzahl der als Stichprobe untersuchten Gebäude entsprechend zu erhöhen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, das Untersuchungsgebiet in homogene Teilgebiete zu untergliedern.

Im Weiteren wird die grundsätzliche Vorgehensweise zur Untersuchung eines einzelnen Gebäudes aufgezeigt. Sind zu einem späteren Zeitpunkt Primärdaten für den Freistaat Thüringen verfügbar, kann das aufgezeigte Verfahren für diese entsprechend angewendet werden.

[87] Vgl. dena (2010), S. 52.

Um die Bearbeitungsschritte einer Wirtschaftlichkeitsuntersuchung aufzeigen zu können, werden im Folgenden Annahmen getroffen. Auf diesen basierend wird eine beispielhafte Analyse der Wirtschaftlichkeit durchgeführt.

4.6.4.1 Eingangsgrößen für die Berechnungen

Zunächst werden die Eingangsgrößen vorgestellt, die für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung einer energetischen Sanierungsmaßnahme benötigt werden. Als weiteren wichtigen Punkt wird darauf eingegangen, welche Quellen geeignete Hilfestellungen bieten, die zur Abschätzung der Eingangsgrößen herangezogen werden können.

4.6.4.1.1 Gebäudetypologie

Grundlage der Kosten- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer energetischen Modernisierung ist das spezifische Baualter des betrachteten Gebäudes. In Verbindung mit der Gebäudeart kann die Gebäudetypologie abgeleitet werden, die z.B. Rückschlüsse auf zur Erstellungszeit typischerweise verwendete Baumaterialien und damit verbundene (Sanierungs-) Kosten zulassen.

Eine Gebäudetypologie für ganz Deutschland wurde durch das Institut für Wohnen und Umwelt (IWU) erarbeitet. Baualter und Gebäudeart werden darin zu 43 Gebäudetypen zusammengefasst. Die nachstehende Abbildung zeigt eine Übersicht der abgegrenzten Gebäudetypen und macht Angaben zur Häufigkeit ihres Vorkommens.

Gebäudetypen*		Baualtersklassen										Summe	Anteil
		vor 1918	vor 1918	1919 - 1948	1949 - 1957	1958 - 1968	1969 - 1978	1979 - 1983	1984 - 1994	1995 - 2001	2002 - 2006		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
	EFH												
	Wohnfläche in Tsd. m²	81.503	148.776	168.937	174.251	235.409	223.135	112.631	236.441	255.280	103.208	**1.739.571**	*52%*
	Anz. Wohneinh. in Tsd.	916	1.707	2.010	1.915	2.274	1.867	936	2.055	1.994	671	**16.345**	*42%*
	RH												
	Wohnfläche in Tsd. m²		14.543	31.450	21.993	35.996	61.478	24.503	32.951	33.366	11.675	**267.955**	*8%*
	Anz. Wohneinh. in Tsd.		145	326	231	348	517	202	281	285	83	**2.418**	*6%*
	MFH												
	Wohnfläche in Tsd. m²	31.974	109.337	135.827	117.051	149.881	122.930	61.044	118.019	154.740	24.267	**1.025.070**	*31%*
	Anz. Wohneinh. in Tsd.	462	1.501	2.034	1.912	2.210	1.677	821	1.712	2.240	296	**14.865**	*38%*
	GMH												
	Wohnfläche in Tsd. m²		31.549	10.160	38.936	47.501	46.124					**174.270**	*5%*
	Anz. Wohneinh. in Tsd.		448	169	703	784	697					**2.801**	*7%*
	HH												
	Wohnfläche in Tsd. m²					12.617	12.988					**25.605**	*1%*
	Anz. Wohneinh. in Tsd.					198	198					**396**	*1%*
	MFH NBL												
	Wohnfläche in Tsd. m²				14.324	24.418						**38.742**	*1%*
	Anz. Wohneinh. in Tsd.				329	408						**737**	*2%*
	GMH NBL												
	Wohnfläche in Tsd. m²						22.976	19.899	17.977			**60.852**	*2%*
	Anz. Wohneinh. in Tsd.						390	336	305			**1.031**	*3%*
	HH NBL												
	Wohnfläche in Tsd. m²						16.823	4.230				**21.053**	*1%*
	Anz. Wohneinh. in Tsd.						310	67				**377**	*1%*
Wohnfläche in Tsd. m²		**113.477**	**304.205**	**346.374**	**366.555**	**505.822**	**506.454**	**222.307**	**405.388**	**443.386**	**139.150**	**3.353.118**	
Anteil		*3%*	*9%*	*10%*	*11%*	*15%*	*15%*	*7%*	*12%*	*13%*	*4%*		
Anz. Wohneinh. in Tsd.		**1.378**	**3.801**	**4.539**	**5.090**	**6.222**	**5.656**	**2.362**	**4.353**	**4.519**	**1.050**	**38.970**	
Anteil		*4%*	*10%*	*12%*	*13%*	*16%*	*15%*	*6%*	*11%*	*12%*	*3%*		

*) EFH = Einfamilienhaus, RH = Reihenhaus, MFH = Mehrfamilienhaus, GMH = großes Mehrfamilienhaus, HH = Hochhaus, NBL = neue Bundesländer

Tabelle 30: Gebäudetypologien nach IWU.
Quelle: IWU (2003b), S. 1 f.

Für die Kategorisierung von Gebäuden werden **Baualtersklassen** von A bis H gebildet und darin Gebäude zusammengefasst, die in der gleichen Zeitperiode errichtet wurden. Bei der **Gebäudeart** werden acht Varianten unterschieden, bei denen auch die Besonderheiten ostdeutscher Baugeschichte berücksichtigt werden. Durch die Kombination von Baualtersklasse und Gebäudeart erhält man eine differenzierte Gebäudetypologie. Mögliche Kombinationen sind in Tabelle 30 dargestellt.[88]

[88] Vgl. IWU (2003b), S. 1 f. Auf die in der Darstellung enthaltenen Flächenwerte soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Baualtersklasse	Betrachtungszeitraum
A	vor 1918 (Fachwerkhaus)
B	vor 1918 (kein Fachwerk)
C	1919 - 1948
D	1949 - 1957
E	1958 - 1968
F	1969 - 1978
G	1979 - 1983
H	1984 - 1994

Gebäudetyp	Kürzel
Einfamilienhäuser	EFH
Reihenhäuser	RH
Kleine Mehrfamilienhäuser	MFH
Große Mehrfamilienhäuser	GMH
Hochhäuser	HH
Mehrfamilienhäuser neue Bundesländer	MFH NBL
Große Mehrfamilienhäuser, neue Bundesländer.	GMH NBL
Hochhäuser, neue Bundesländer	HH NBL

Tabelle 31: Baualtersklassen und Gebäudearten nach IWU.
Quelle: IWU (2003b), S. 1 f.

Ein einheitlicher **Standard für die Gebäudetypologie** hat sich bislang in Deutschland noch nicht herausgebildet. Dies spiegelt sich u.a. auch in einer uneinheitlichen Begriffswahl wieder.[89] Insbesondere in Abhängigkeit der Region und des Betrachtungsschwerpunkts bestehen auch alternative Vorschläge zur Abgrenzung von Gebäudegruppen. So haben einige Bundesländer,[90] aber auch einzelne Städte[91] eigene Gebäudetypologien entwickelt, die zur Einteilung ihres Gebäudebestand besonders geeignet sind. Für Thüringen existiert eine Typisierung bislang nur für den Gebäudebestand der Landeshauptstadt Erfurt,[92] die zum Zeitpunkt der Untersuchungen allerdings nicht zugänglich war.

[89] Begriffe, wie Nutzungsklasse, Gebäudetyp, Stadtraum- bzw. Siedlungstyp werden sehr unterschiedlich interpretiert. Vgl. beispielsweise Everding (2007), IWU (2003b), König/Mandl (2007), Simons (2010)

[90] Vgl. z.B. für Bremen: UTEC/ARENHA (1988), für Nordrhein-Westfalen: ARENHA (1993), für Hessen: Eicke-Hennig/Siepe (1997), für Schleswig-Holstein: UTEC/GERTEC (1998) und für Sachsen: ebök (2001).

[91] Vgl. z.B. für Heidelberg: ebök/ifeu (1996), für Mannheim: ebök/ifeu (1997) und für Landkreis Nienburg/Weser, Schwalm-Eder-Kreis, Hannover, Bielefeld, Lübeck, Rostock, Erfurt, Duisburg, Solingen, Remscheid, Essen, Wiesbaden: GERTEC/ARENHA (derzeit in Arbeit).

[92] Genannte Gebäudetypologie erstellt von Gertec, ehemals Arenha.

Der hier durchgeführten beispielhaften Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird im Folgenden der Gebäudetyp **GMH_E** zugrunde gelegt. Dabei handelt es sich um ein großes Mehrfamilienhaus der Baualtersklasse E (Baujahr 1958 - 1968). Es wird auf Objektdaten der Deutschen Energie-Agentur (dena) zurückgegriffen.[93] Diese führt den gleichen Gebäudetyp unter der Bezeichnung GMFH68.[94] Aus den Untersuchungen der dena stehen u.a. die gemittelten Vollkosten der Sanierungsmaßnahmen und spezifische Berechnungen bzw. Gebäudedaten bezüglich der energetischen Modernisierung zur Verfügung.[95]

Bezogen auf die im ersten Teil dieser Studie vorgestellten Thüringer Stadtraumtypen ist anzunehmen, dass der beispielhaft verwendete Gebäudetyp GMH_E in den Stadtraumtypen „Wohnsiedlungen der 50er Jahre“ und/oder „Geschosswohnungsbau der 60er Jahre“ vertreten ist. Dabei ist zu beachten, dass eventuelle für Thüringen spezifische Merkmale in der Gesamtdeutschland abdeckenden Gebäudetypologie des IWU nicht explizit berücksichtigt werden.

Die Merkmale des im Weiteren verwendete Referenzgebäudes, für das eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt wird, werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Haustyp		GMH	
Baualtersklasse		E (1958 – 1968)	
Bezugsfläche		1.778 m^2	
Wohneinheiten (WE)		24	
Heizenergiebedarf		180 kWh/(m^2*a)	
Warmwasser		29 kWh/(m^2*a)	
Heizspiegel Deutschland Energieträger		Fernwärme, Kraft-Wärme-Kopplung (fossil)	
Heizenergieverbrauch		Durchschnittlich: 66 – 109 kWh/(m^2*a) Erhöht: 100 – 165 kWh/(m^2*a) Extrem hoch: > 165 kWh/(m^2*a)	
Bauteil	**Beschreibung**	**U-Wert Typologie [W/(m^2*K]**	**U-Wert Rechenwert [W/(m^2*K]**
Außenwand	36,5 cm Ziegelsplitt- oder Bims-hohlblocksteine, verputzt	1,3	
	30 cm Ziegelsplitt- oder Bims-	1,4	1,3

[93] Die dena hat energetisch wirksame Maßnahmenpakate für Mehrfamilienhäuser im Mietwohnungsbereich mit durchschnittlichen Sanierungskosten erarbeitet und auf Gebäudearten nach Baualtersklassen bezogen.

[94] Vgl. dena (2010), S. 17 f. Hierbei wird das letzte Baujahr der jeweiligen Baualtersklasse als zweiter Bestandteil der eindeutigen Bezeichnung verwendet.

[95] Vgl. IWU (2006), Anhang 2.

	hohlsteine, verputzt 30 cm Gitterziegel, verputzt	 1,2	
Kellerdecke	16 cm Stahlbetondecke, 2,5 cm Trittschalldämmung aus PS, 4 cm Estrich Gitterträgerdecke mit Gussasphaltestrich	0,9 1,65	1,1
Oberste Geschossdecke	Hohlsteindecke mit 2 cm WD und Estrich Stahlsteindecke mit 1 cm Dämmung, schwimmender Estrich	0,8 1,4	1,1
Fenster	2-Scheiben-Isolierverglasung in Holz- oder Kunststoffrahmen Einfachverglasung in Holzrahmen	2,6 5,2	2,7
Anlagentechnik			
Lüftung	Fensterlüftung, keine Lüftungsanlage Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test): 3h		
Heizung	Kraft-Wärme-Kopplung (fossil), Übergabestation außerhalb der thermischen Hülle, Baualtersklasse 1987 bis 1994, typischer Betrieb		
Warmwasserbereitung	Warmwasserbereitung KWK (fossil)		

Tabelle 32: Eckdaten des Beispielgebäudes.
Quelle: IWU (2006) sowie Anhang 2.

Für eine energetische Gebäudesanierung sind verschiedene Varianten denkbar, mit denen unterschiedliche Standards erreicht werden. In Anlehnung an die dena-Sanierungsstudie[96] werden folgende Niveaus unterschieden:

a) Modernisierung nach EnEV 2009

Bei diesem Sanierungsstandard entsprechen Primärenergiebedarf und spezifische Transmissionswärmeverluste dem Referenzgebäude nach EnEV 2009. Dabei steht Architekten und Planern grundlegend frei, wie das Energieniveau erreicht wird. In der EnEV werden für alle relevanten Bauteile wie Außenwand, oberste Geschossdecke und Fenster energetische Normwerte vorgegeben, als deren Ergebnis das fiktive „Effizienzhaus 100“ steht. Dieses dient als Referenz für die anderen energetischen Sanierungsstufen.

Maßnahmen beim Referenzgebäude:

Bauteil	**Beschreibung der Einzelmaß-**	**U-Wert neu**	***U-Wert Rechenwert***

[96] Vgl. dena (2010).

	nahmen	**[W/(m²*K]**	***vor energ. Sanierung [W/(m²*K]***
Außenwand	12 cm Wärmedämmverbundsystem auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	0,24	*1,3*
Kellerdecke	8 cm Dämmung, unterseitig, geklebt oder gedübelt	0,31	*1,1*
Oberste Geschossdecke	8 cm Dämmung, begehbarer Belag	0,31	*1,1*
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzglasung, Kunststoffrahmen	1,3	*2,7*
Anlagentechnik			
Lüftung	Abluftanlage, bedarfsgeführt, mit geregeltem DC-Ventilator Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test): 1/h		
Heizung	Kraft-Wärme-Kopplung (fossil), neue FW-Kompaktstation mit reduzierter Anschlussleistung inkl. Pufferspeicher, Regelung und Pumpen Übergabestation außerhalb der thermischen Hülle		
Warmwasserbereitung	Warmwasserbereitung KWK (fossil)		

Tabelle 33: Maßnahmen für eine Modernisierung nach EnEV 2009.

Quelle: dena (2010), Anhang 2.

b) Modernisierung auf KfW70-Niveau

Bei diesem Niveau dürfen der Primärenergiebedarf max. 70 % des Referenzgebäudes und die spezifischen Transmissionswärmeverluste max. 85 % des Referenzgebäudes nach EnEV betragen.

Maßnahmen beim Referenzgebäude:

Bauteil	**Beschreibung der Einzelmaßnahmen**	**U-Wert neu [W/(m²*K]**	***U-Wert Rechenwert vor energ. Sanierung [W/(m²*K]***
Außenwand	14 cm Wärmedämmverbundsystem auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	0,21	*1,3*
Kellerdecke	7 cm Dämmung, unterseitig, geklebt oder gedübelt	0,34	*1,1*
Oberste Geschossdecke	14 cm Dämmung, begehbarer Belag	0,20	*1,1*
Fenster	2-Scheiben-Wärmeschutzglasung, Kunststoffrahmen	1,3	*2,7*

Planungsleistung	Zusätzliche Planungs- und Bauleistungen zur hochwertigen Ausführung im Detail, Wärmebrückenverlust = 0,02 W/(m²•K)
Anlagentechnik	
Lüftung	Lüftungsanlage mit WRG, bedarfsgeführt, mit geregeltem DC-Ventilator Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test): 1/h
Heizung	Kraft-Wärme-Kopplung (fossil), neue FW-Kompaktstation mit reduzierter Anschlussleistung inkl. Pufferspeicher, Regelung und Pumpen Übergabestation außerhalb der thermischen Hülle
Warmwasser-bereitung	Warmwasserbereitung KWK (fossil)

Tabelle 34: Maßnahmen für eine Modernisierung auf KfW70-Niveau.

Quelle: dena (2010), Anhang 2.

c) Modernisierung auf KfW55-Niveau

Bei dieser energetischen Sanierungsstufe dürfen der Primärenergiebedarf max. 55 %des Referenzgebäudes und die spezifischen Transmissionswärmeverluste max. 70 % des Referenzgebäudes nach EnEV erreichen.

Maßnahmen beim Referenzgebäude:

Bauteil	**Beschreibung der Einzelmaß-nahmen**	**U-Wert neu [W/(m²*K]**	***U-Wert Rechenwert vor energ. Sanierung [W/(m²*K]***
Außenwand	20 cm Wärmedämmverbundsystem auf Altputz, gewebearmierter Neuputz	0,15	*1,3*
Kellerdecke	7 cm Dämmung, unterseitig, geklebt oder gedübelt	0,33	*1,1*
Oberste Geschossdecke	25 cm Dämmung, begehbarer Belag	0,12	*1,1*
Fenster	3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung, gedämmter Rahmen (passivhaustauglich)	0,80	*2,7*
Planungsleistung	Zusätzlicher Planungsaufwand für eine hochwertige Ausführung im Detail, Wärmebrückenverlust = 0,04 W/(m²•K)		
Anlagentechnik			
Lüftung	Lüftungsanlage mit WRG, bedarfsgeführt, mit geregeltem DC-Ventilator Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz (Blower-Door-Test): 1/h		
Heizung	Kraft-Wärme-Kopplung (fossil), neue FW-Kompaktstation mit reduzierter Anschlussleistung inkl. Pufferspeicher, Regelung und Pumpen Übergabestation außerhalb der thermischen Hülle		
Warmwasser-bereitung	Warmwasserbereitung KWK (fossil)		

Tabelle 35: Maßnahmen für eine Modernisierung auf KfW55-Niveau.

Quelle: dena (2010), Anhang 2.

4.6.4.1.2 Endenergiebedarf

Die Endenergie ist die Energie, die dem Verbraucher nach Umwandlung und Transport zur Verfügung steht und die an Verbrauchsmengenzählern (z.B. Stromzähler) abgelesen werden kann.[97]

Die Berechnung des Endenergiebedarfs (und damit verbunden) der Energieeinsparung für verschiedene Maßnahmenpakete kann z.B. auf Basis des IWU-Leitfadens „Heizenergie im Hochbau – Leitfaden energiebewusste Gebäudeplanung“ erfolgen.[98] Unter Einbeziehung der DIN V 4108-6 und DIN V 4701-10 ist es möglich, die Vergleichbarkeit von Energiebedarfskennwerten mit gemessenen Energieverbrauchskennwerten herzustellen.[99]

Für dezentral beheizte Wohngebäude, die im Regelfall über eine sehr verschiedene und in dadurch einem Wohngebiet inhomogene Anlagenstruktur verfügen, liegen entsprechend keine systematisch gemessenen Verbrauchswerte vor. Hierfür kann ausweichend auf Heizspiegel zurückgegriffen werden, die Energieverbrauchswerte differenziert nach verschiedenen Arten von Wohngebäuden angeben. Die nachstehende Abbildung zeigt beispielhaft einen solchen Heizspiegel.

	Gebäudefläche (2) in m²	Verbrauch kWh je m² / Jahr (Vergleichswerte für das Abrechnungsjahr 2009)			
		niedrig	mittel*	erhöht*	zu hoch*
Heizöl	100 – 250	< 98	98 – 162	163 – 238	> 238
	251 – 500	< 91	91 – 152	153 – 227	> 227
	501 – 1.000	< 85	85 – 143	144 – 219	> 219
	> 1.000	< 82	82 – 138	139 – 213	> 213
Erdgas	100 – 250	< 88	88 – 152	153 – 215	> 215
	251 – 500	< 84	84 – 147	148 – 209	> 209
	501 – 1.000	< 80	80 – 141	142 – 201	> 201
	> 1.000	< 78	78 – 137	138 – 197	> 197
Fernwärme	100 – 250	< 71	71 – 126	127 – 208	> 208
	251 – 500	< 68	68 – 121	122 – 201	> 201
	501 – 1.000	< 65	65 – 117	118 – 195	> 195
	> 1.000	< 64	64 – 114	115 – 191	> 191

Abbildung 107: Heizspiegel.
Quelle: co2online (2010), S. 11.

[97] Vgl. Institut für Energieforschung (2009), S. 61.
[98] Vgl. IWU (1999).
[99] Vgl. dena (2010), S. 11.

Beispielhafte Kennwerte für den Endenergiebedarf finden sich z.B. in den Studien des IWU.[100] Aber auch die dena hat Auswertungen von Primärdaten vorgenommen und zu Mittelwerten zusammenfasst. In Abbildung 108 ist für unterschiedliche Sanierungsniveaus der Endenergiebedarf und darüber hinaus auch der Primärenergiebedarf angegeben. Hieraus wird ersichtlich, dass das „Modell Ist“ vor der Modernisierung einen sehr hohe Primär- und Endenergiewerte aufzeigt. Diese können bei Anpassung an die Standards der EnEV oder des Energieeffizienzhauses 100 um mehr als die Hälfte reduziert werden. Maßnahmen, wie die Verbesserung des Wärmeschutzes und der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung statt einer Abluftanlage senken den Verbauch bis auf das Niveau eines Effizienzhauses 85 und 70. Der Passivhausstandard könnte im Zuge von Modernisierungsarbeiten nach den Richtlinien des Energieeffizienzhauses 55 durch zusätzliches Anbringen einer Solaranlage und Wärmeschutz inklusive Fenster erreicht werden.[101]

Auch in einer Untersuchung von empirica wurden Realdaten ausgewertet. Die empiricia-Studie zur Untersuchung des Berliner Mietwohnungsbaus ergab einen durchschnittlichen Endenergieverbrauch über alle Gebäudetypen von 172 kWh/m²a. Der Maximalwert für ein Gebäude lag doppelt so hoch.[102] Bedenkt man, dass mit einem KfW70-Standard einen Wert unter 70 kWh/m²a angestrebt wird, wird das bestehende Einsparpotential deutlich.

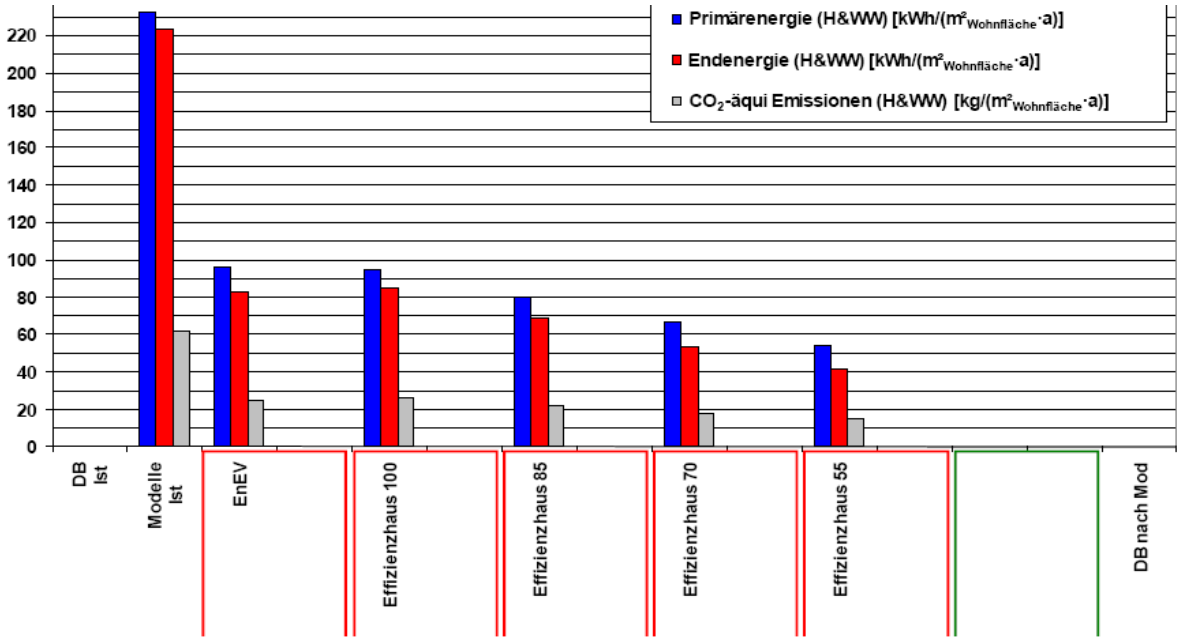


Abbildung 108: End- und Primärenergiebedarf für die energetischen Standards der Modellgebäude in der dena-Studie.

Quelle: dena (2010), S. 30.

[100] Vgl. IWU (2006).
[101] Vgl. dena (2010), S. 25.
[102] Vgl. empirica (2010).

4.6.4.1.3 Vollkosten

Unter Vollkosten versteht man bei der Betrachtung von Gebäuden alle Kosten, die im Zusammenhang mit einer Sanierung anfallen. Diese Gesamtkosten zur Instandsetzung eines Bestandsgebäudes schließen die Kosten für energiesparende Maßnahmen ein. Dies umfasst Arbeiten an der Gebäudehülle (Wärmedämmung/Fenster mit allen damit verbundenen Nebenkosten), eventuell zusätzlichen erforderlichen baulichen Aufwand sowie Planungsaufwand zur Vermeidung von Wärmebrücken und/oder den Einbau energierelevanter Anlagentechnik (Heizung/Lüftung).[103]

Die Ableitung von Vollkosten der Sanierungsmaßnahmen für einen spezifischen Gebäudetyp auf Basis der eingangs vorgestellten Stadtraumtypen ist durch die Heterogenität eines Stadtraumtyps nur bedingt möglich. Allerdings kann die Systematik der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung entsprechend angepasst und übertragen werden, sobald für Thüringen eine entsprechende Gebäudetypologie vorliegt.

Im Folgenden wird eine kurze Übersicht über die entstehenden Vollkosten und energiebedingten Mehrkosten je nach gewählter Sanierungsvariante und dem damit verbundenen energetischem Standard für das Beispielobjekt gegeben. Dabei wird für den untersuchten Gebäudetyp **GMH_E** mit 24 Wohneinheiten und insgesamt 1.778 m² Wohnfläche im unsanierten Zustand von einem Endenergiebedarf in Höhe von 208 kWh/m²a ausgegangen.

Variante	Erläuterung	Endenergiebedarf nach Sanierung	Vollkosten (brutto)		Davon energiebedingte Mehrkosten
		[kWh/m²a]	[€]	[€/m²]	[€/m²]
	Standard				
EnEV2009-Standard	Bauteilbezogene Anforderungen der EnEV 2009 nach Anlage 3, Tabelle 1. Primärenergiebedarf und spezifische Transmissionswärmeverluste entsprechend dem Referenzgebäude nach EnEV 2009.	95	348.806	196,18	62,19
Effizienzhaus-70-Standard	Primärenergiebedarf max. 70 Prozent des Referenzgebäudes, spezifische Transmissionswärmeverluste max. 85 Prozent des Referenzge-	64	495.556	278,71	144,72

[103] Vgl. dena (2010), S. 32.

	bäudes nach EnEV.				
Effizienz-haus-55-Standard	Primärenergiebedarf max. 55 Prozent des Referenzgebäudes, spezifische Transmissionswärmeverluste max. 70 Prozent des Referenzgebäudes nach EnEV.	52	573.076	322,31	188,51

Tabelle 36: Übersicht Vollkosten und energiebedingte Mehrkosten für Beispielgebäude.

Quelle: IWU (2006), S. 11, dena (2010), Anhang 2.

Die konkreten Maßnahmenpakete und weitere Details bezüglich der betroffenen Bauteile bzw. der Anlagentechnik sind im Anhang 1 dieser Arbeit aufgeführt. Erhebungen zu Vollkosten energetischer Sanierungen, die zu Vergleichszwecken herangezogen werden können, stehen z.B. vom IWU[104] oder aus der Untersuchung des Berliner Mietswohnungsbestandes durch empirica[105] zur Verfügung.

4.6.4.1.4 Betrachtungszeitraum

Der Betrachtungszeitraum einer Wirtschaftlichkeitsberechnung ist die Anzahl von Jahren, für welche die Investition betrachtet wird. Er ist also „eine festzulegende und zu dokumentierende Zeitspanne [… und] maximal mit dem Lebenszyklus identisch.“[106] Je nach Art des Investitionsobjektes und der Einstellung des Investors kann der Zeitraum prinzipiell zwischen 3 und 50 Jahren variieren. Sinnvoll ist es, den Betrachtungszeitraum an der Lebensdauer der untersuchten Komponenten auszurichten. Die VDI 2067 schlägt z.B. für Heizungsanlagen einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren vor.[107]

Für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von energetischen Gebäudesanierungen werden üblicherweise Betrachtungszeiträume zwischen 20 und 30 Jahren angesetzt. In der vorliegenden Studie wird von einer wirtschaftlichen Gebäude-Nutzungsdauer von 25 Jahren ausgegangen. Dieser Wert stellt den Standardwert in vielen Untersuchungen dieser Art dar.

Bei der Festlegung des Betrachtungszeitraums wird davon ausgegangen, dass danach wieder eine grundlegende Sanierung des Gebäudes erforderlich ist. Dieser Umstand begründet sich auf Annahmen zur wirtschaftlichen Lebensdauer des Gesamtgebäudes. Unabhängig davon geht die technische Lebensdauer der meisten Bauteile weit über diesen Zeitraum hinaus.

[104] Vgl. Bundesvereinigung Spitzenverbände der Immobilienwirtschaft (2008), S. 13f.
[105] Vgl. empirica (2010), S. 91ff.
[106] VDI 2067 Blatt 1, Entwurf September 2010, S. 3.
[107] Vgl. VDI 2067 Blatt 1, Entwurf September 2010, S. 3.

Der Einfluss der angesetzten Investitionsdauer kann durch eine Variation dieser Eingangsgröße deutlich gemacht werden. Dabei zeigt sich, dass eine Investition mit Verringerung des Betrachtungszeitraums unwirtschaftlicher wird.[108]

4.6.4.1.5 Kalkulationszinsfuß

Der Kalkulationszinsfuß ist der Zinssatz, der zur Berechnung von Bar- und Kapitalwerten bzw. zur Abdiskontierung der Zahlungen eines Investitionsobjektes verwendet wird. Im ökonomischen Sinne handelt es sich um einen Vergleichszinssatz, der die Mindestrenditeanforderungen des Investors widergibt. Er entspricht der Verzinsung, auf die der Investor verzichtet, wenn dessen Kapital nicht am Kapitalmarkt sondern in die energetische Modernisierung investiert wird.[109]

Der anzusetzende Kalkulationszinsfluss bestimmt sich in Abhängigkeit der Finanzierungsart. Handelt es sich um eine reine Fremdfinanzierung, stellt der Fremdkapitalzinssatz den Kalkulationszinssatz dar. I.d.R. finanzieren Investoren ihre Investitionen zumindest anteilig mit Eigenkapital. Hierfür ist die vom Investor mindestens geforderte Eigenkapitalrendite zu berücksichtigen. Diese kann z.B. auf der Basis einer sicheren Anlage (z.B. Tagesgeldzinssatz) abgeleitet werden. Bei Verwendung von Fremd- und Eigenkapital ist ein Mischzinssatz zu bilden. Der Kalkulationszinsfuß wird dann als Durchschnittszinssatz der mit ihren Kapitalanteilen gewichteten Eigen- und Fremdkapitalzinssätzen gebildet.

Der Kalkulationszinssatz hat einen hohen Einfluss auf das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsberechnung. Je höher der Zinssatz gewählt wird und je später die Zahlung auftritt, desto geringer ist der Barwert einer Investition. In den folgenden Berechnungen wird vereinfachend von einem Kalkulationszinssatz in Höhe von 5 % ausgegangen.

4.6.4.1.6 Energiepreis

Als weitere Grundlage der Wirtschaftlichkeitsberechnungen wird der Energiepreis benötigt. Dieser unterliegt sehr starken Schwankungen. Darüber hinaus haben verschiedene Faktoren Einfluss auf den Preis, wie Energieträger, Art des Abnehmers, Abnahmehöhe, Abnahmezeit etc. Einen Überblick über aktuelle Fernwärmepreise, als hier gewählte Grundlage des Energiepreises, gibt der AGFW-Fernwärmepreisvergleich 2010.[110] Demnach beträgt der der durchschnittliche Mischpreis für Fernwärme für den Abnahmefall 15 KW: 7,3 ct/kWh und für den Abnahmefall 160 KW: 7,0 ct/kWh. Im Folgenden wird mit einem „heutigen“ Energiepreis von 7 ct/kWh gerechnet.[111]

[108] Vgl. IWU (2006), S.17.
[109] Vgl. Hutzschenreuter (2009), S. 128 f.
[110] Vgl. www.agfw.de
[111] Nettopreise, Ausnutzungsdauer 1.800 h/a angenommen.

Als weitere Größe fließt die Energiepreissteigerung in die Berechnungen ein. Die Steigerungsraten haben aufgrund des langen Betrachtungszeitraums einen ebenso hohen Einfluss auf das Ergebnis wie der Energiepreis an sich. Zur Abschätzung der entsprechenden Auswirkungen werden für die Energiepreissteigerung mehrere Szenarien mit 0 %, 2 %, 4 % und 6 % aufgezeigt.

4.6.4.2 Durchführung und Ergebnisse der Berechnungen

Es werden nun ausgewählte Verfahren angewendet. Bei allen Varianten wird davon ausgegangen, dass es sich um einen Selbstnutzer handelt. D.h. im Gegensatz zu einer vermieteten Immobilie ist der Eigentümer auch gleichzeitig der Bewohner des Gebäudes. Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen werden für das oben vorgestellte Referenzobjekt durchgeführt. Als Grundlage wird die vom IWU vorgeschlagene Vorgehensweise gewählt.[112]

4.6.4.2.1 Kosten der eingesparten Endenergie

Als erstes wird die methodische Vorgehensweise zur Ermittlung der „Kosten der eingesparten kWh Endenergie“ aufgezeigt. Die Methodik wird in Abschnitt 4.6.2.1 erläutert. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung wird am Beispiel der Modernisierung nach EnEV 2009 demonstriert.[113] Im Anschluss werden die Ergebnisse für alle betrachteten Sanierungsvarianten in einer Übersicht zusammengefasst.

Ermittlung der Eingangsgrößen:

Energiebedingte Mehrkosten (Vollkostenbasis)

I_e = Anteil der energiebedingten Mehrkosten an der Gesamtinvestition
4.607 € / 14.534 € = 31,70 %
von 348.806 € bezogen auf 1.778 m²
= 62,18 €/m²

Annuitätenfaktor

$a_{i,n}$ $= i \times (1 + i)^n / ((1 + i)^n - 1)$ mit Zinssatz i = 5 % und Betrachtung über n = 25 Jahre
$= 0{,}05 \times (1{,}05)^{25} / (1{,}05^{25} - 1)$
= 0,070952457

annuitätische Kosten pro m² nach Durchführung der energieeinsparenden Maßnahmen

K $= I_e \times a_{i,n}$
= 62,18 €/m² x 0,070952457
= 4,41 €/m²

[112] Vgl. IWU (2006), S. 9ff.

[113] Vgl. zu den Eckdaten der energetischen Sanierung auf den EnEV 2009 Standard Abschnitt 4.6.4.1.3.

Jährlicher Energieverbrauch vor Durchführung der Maßnahme
E_0 = 208 kWh/m²a

Jährlicher Energieverbrauch nach Durchführung der Maßnahme
E_s = 95 kWh/m²a (Wert bei Sanierung nach EnEV 2009)

Zukünftiger Energiepreis
P = Durchschnitt der Energiepreise in den kommenden 25 Jahren bei einem heutigem Energiepreis von 0,07 € / kWh
= 0,0700 €/kWh (bei keiner Energiepreissteigerung)
= 0,0897 €/kWh (bei einer jährlichen Energiepreissteigerung von 2 %)
= 0,1166 €/kWh (bei einer jährlichen Energiepreissteigerung von 4 %)
= 0,1536 €/kWh (bei einer jährlichen Energiepreissteigerung von 6 %)

Berechnung:

Kosten der eingesparten Energie
P_{ein} = $K / (E_o – E_s)$
= 4,41 €/m² / (208 – 95) kWh/m²
= 0,03905 € / kWh

Die Kosten zur Einsparung einer kWh Endenergie (P_{ein}) betragen demnach 3,91 ct / kWh. Dieser Wert liegt deutlich unter den Kosten für den Bezug einer kWh Endenergie (P), selbst wenn keine Energiepreissteigerung angesetzt wird (7 ct / kWh).[114] Die Einsparinvestition ist demnach unter den angesetzten Bedingungen wirtschaftlich, da die Gesamtkosten über 25 Jahre mit der Einsparinvestition deutlich unter der Variante bei Unterlassung der Investition liegen.

	a) Modernisierung nach EnEV 2009	b) Modernisierung auf KfW70-Niveau	c) Modernisierung auf KfW55-Niveau
Anteil energiebedingter Mehrkosten [%]	31,70	51,92	58,49
Energiebedingte Mehrkosten [€/m²]	62,18	144,72	188,52
Annuitätische Kosten [€/m²]	4,41	10,27	13,38
jährl. Energieverbrauch nach Durchführung der Maßnahme [kWh/a]	95	64	52
Kosten der eingesparten kWh Endenergie [ct/kWh]	**3,91**	**7,13**	**8,57**

[114] Vgl. zum aktuellen Energiepreis Abschnitt 4.6.4.1.6.

Tabelle 37: Kosten der eingesparten kWh Endenergie für alle Niveaus der energetischen Sanierung im Überblick.

Die Übersicht in Tabelle 37 zeigt die Ergebnisse für alle drei betrachteten Sanierungsniveaus. Es wird deutlich, dass sich die Sanierungen auf KfW70- bzw. 55-Nivau erst bei einem höheren Energiepreis lohnen. Daran zeigt sich der Einfluss der geschätzten Energiepreissteigerung auf die wirtschaftliche Einschätzung der Sanierungsvarianten.

Im betrachteten Beispiel übersteigen schon bei einer konservativen Schätzung des Energiepreisanstiegs um 2 % p.a. die mittleren Energiepreiskosten der kommenden 25 Jahre in Höhe von 8,97 ct / kWh die Kosten der eingesparten Energie bei allen drei untersuchten Sanierungsvarianten. Wie Abbildung 109 zeigt, sind die energetischen Sanierungen auf KfW70- und KfW55-Niveau nur unter der unrealistischen Annahme nicht wirtschaftlich, dass der derzeitige Energiepreis in den kommenden Jahren stabil bleibt bei 7 ct / kWh.

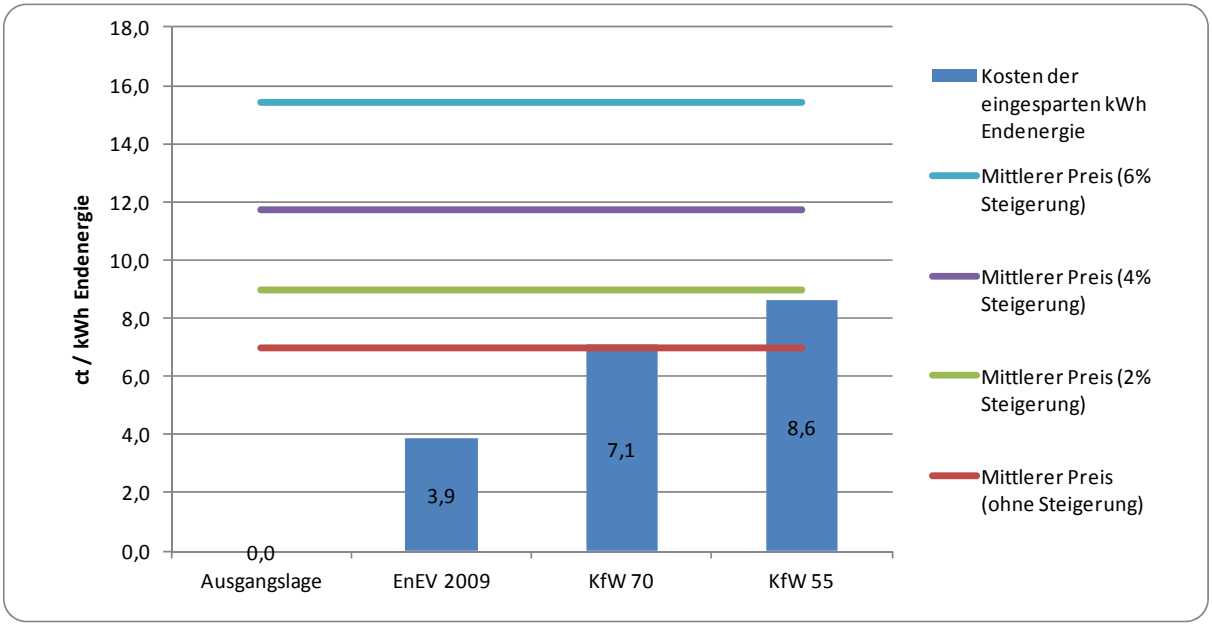


Abbildung 109: Preis für die eingesparte kWh Endenergie.

Die aufgezeigten Ergebnisse basieren auf Prognosen der Eingangsgrößen. Werden diese variiert, sind deutliche Einflüsse auf das Ergebnis nicht nur in quantitativer, sondern auch in qualitativer Hinsicht (z.B. Reihenfolge der Vorteilhaftigkeit verschiedener Varianten) möglich. Zu beachten sind daher die Unsicherheiten, denen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zu Energieeisparinvestitionen grundsätzlich unterliegen. Diese können entstehen, wenn:

- das Niveau des Ausgangspreises schwankt (unterschiedliche Einkaufskonditionen, zeitlicher Vorlauf, etc.),
- der Betrag für bestimmte Investitionskosten sinkt, weil heute noch innovative und relativ selten genutzte Techniken Standard werden,
- ein kürzerer Betrachtungszeitraum untersucht wird.

4.6.4.2.2 Annuitätischer Gewinn

Das Referenzobjekt wird nun mit der Annuitätenmethode untersucht. Als Beurteilungskriterium dient der annuitätische Gewinn. Die Methodik zu dessen Ermittlung wurde in Abschnitt 4.6.2.3 erläutert.

Eingangsgrößen

P = 0,0897 €/kWh (bei einer jährlichen Energiepreissteigerung von 2 %)
E_0 = 208 kWh/m²a (Wert vor Sanierung)
E_s = 95 kWh/m²a (Wert bei Sanierung nach EnEV 2009)
$a_{i,n}$ = 0,070952457 (mit Zinssatz i = 5 % und Betrachtung über n = 25 Jahre)
I_e = 62,18 €/m² (vgl. Tabelle 37)

Berechnung:

Annuitätischer Gewinn
G = $P \times (E_o - E_s) - a_{i,n} \times I_e$
= 0,0897 €/kWh x (208 – 95) kWh/m²a – 0,070952457 x 62,18 €/m²
= 5,72 € / m²a

	a) Modernisierung nach EnEV 2009	b) Modernisierung auf KfW70-Niveau	c) Modernisierung auf KfW55-Niveau
Annuitätischer Gewinn [€/m²a] bei 2 % Energiepreissteigerung	5,72	2,65	0,61

Tabelle 38: Annuitätischer Gewinn für alle Niveaus der energetischen Sanierung im Überblick.

Da die zukünftigen Energiepreise und die darin berücksichtigten Energiepreissteigerungen direkt in die Berechnung eingehen, ist mit Hilfe der Annuitätenmethode die Ermittlung einer optimalen Variante möglich.

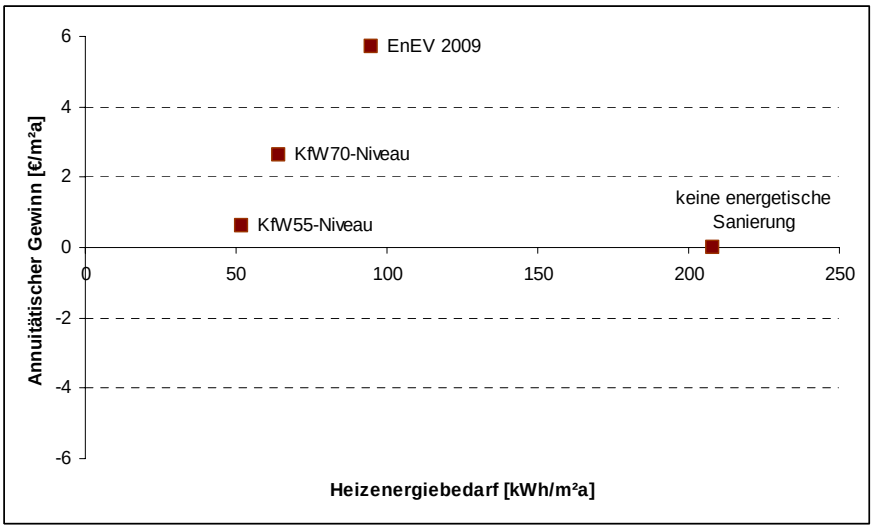


Abbildung 110: Annuitätischer Gewinn.

Quelle: In Anlehnung an IWU (2006), S. 23.[115]

Im betrachteten Beispiel ist die Modernisierung nach EnEV 2009 am wirtschaftlichsten. Bei diesem Sanierungsniveau ist das Verhältnis zwischen der erzielten Energieeinsparung und den dafür aufgebrachten Kosten am besten. Bei dieser Sanierungsvariante kann der Energieverbrauch mit vergleichsweise wenig Aufwand um über 100 kWh reduziert und damit halbiert werden. Die weitere Reduzierung z.B. KfW55-Niveau erfordert dagegen ungleich größere Anstrengungen bei absolut geringerem zusätzlichem Nutzen. Werden die Energiepreissteigerung variiert, ergeben sich die folgenden Werte:

Steigerung des Energiepreises um …	Annuitätischer Gewinn [€/m²a] bei		
	a) Modernisierung nach EnEV 2009	b) Modernisierung auf KfW70-Niveau	c) Modernisierung auf KfW55-Niveau
0 %	3,50	-0,19	-2,46
2 %	5,72	2,65	0,61
4 %	8,76	6,52	4,82
6 %	12,95	11,85	10,59

Tabelle 39: Annuitätische Gewinns bei Variation der Energiepreissteigerung.

Tabelle 39 ist zu entnehmen, dass die Wirtschaftlichkeit aller untersuchten Varianten mit zunehmender Energiepreissteigerung überproportional zunimmt. Darüber hinaus ist festzustellen, dass sich die Varianten bei einer höheren Energiepreissteigerung in ihrer Wirtschaftlichkeit annähern, während sie sich bei konstanten Energiepreisen noch deutlicher unterscheiden und bei KfW70- bzw. KfW-55-Modernisierung sogar Verluste entstehen.

4.6.4.2.3 Gesamtkosten

Eine weitere Möglichkeit zum Vergleich mehrerer Sanierungsvarianten ist die Betrachtung der Gesamtkosten über einen langfristigen Zeitraum. Damit lässt sich ermitteln, welche Variante unabhängig von Eigentumsverhältnissen etc. zu den geringsten Gesamtkosten aus Investitions- und Bewirtschaftungskosten führt. Auf diese Weise kann eine vereinfachte volkswirtschaftliche Betrachtung vorgenommen werden.[116]

Wird die Betrachtung über 25 Jahre geführt und von einem derzeitigen Energiepreis von 7 ct/kWh und einer konservativen Energiepreissteigerung von 2 % p.a. ausgegangen, ergibt sich die Berechnung, wie in Tabelle 40 dargestellt.

[115] Im Gegensatz zu angegebenen Quelle wird für den Fall „keine energetische Sanierung“ keine (negative) Annuität angegeben, da hier nur die Kosten für die energiebedingten Mehrkosten betrachtet werden.

[116] Vgl. IWU (2006), S. 24.

	Einheit	Ausgangslage	EnEV 2009	KfW 70	KfW 55
Endenergiebedarf	kWh/(m²*a)	208	95	64	52
Energiepreis	ct/kWh	7,0	7,0	7,0	7,0
Wohnfläche	m²	1.778	1.778	1.778	1.778
Betriebskosten (Heizung & WW)					
Betriebskosten p.a. (1.Jahr)	€/a	25.888	11.824	7.965	6.472
Energiepreissteigerung p.a.		2,0%	2,0%	2,0%	2,0%
Barwert Betriebskosten (25J):	€	**453.755**	**207.244**	**139.617**	**113.439**
zusätzlichen Investitionskosten zur Energieeinsparung					
energiebedingte Mehrkosten	€/m²	0	62,19	144,72	188,51
Wohnfläche	m²	1.778	1.778	1.778	1.778
Summe Invest	**€**	**0**	**110.574**	**257.312**	**335.171**
Invest- & Betriebskosten (25J)	**€**	**453.755**	**317.818**	**396.929**	**448.610**

Tabelle 40: Berechnung der Gesamtkosten.

Werden jegliche Energieeinsparmaßnahmen unterlassen, ist mit Gesamtkosten in Höhe von 453.755 € zu rechnen. Dies ist der höchste Wert aller Varianten über den Betrachtungszeitraum von 25 Jahren.

Allein schon durch die Dämm- und Optimierungsmaßnahmen auf EnEV 2009-Standard wird eine Halbierung der Energiekosten auf 207.244 € erreicht. Die dafür notwendigen Investitionen von 110.547 € sind deutlich geringer im Vergleich zu den erzielten Einsparungen. Mit 317.818 € sind die Gesamtkosten die geringsten aller Varianten. Es wird deutlich, dass sich die Energieeinsparinvestitionen durch die hohen jährlichen Kosteneinsparungen schnell amortisieren.

Weitere deutliche Einsparungen sind mit der Sanierung auf KfW 70 und KfW 55 - Niveau zu erzielen. 139.617 € bzw. 113.439 € Betriebskosten bedeuten eine Verringerung um 69 % bzw. 75 % gegenüber der Ausgangsvariante. Allerdings stehen diesen Energieeinsparungen auch erhebliche Investitionskosten gegenüber. Für den KfW-70-Standard sind die doppelten und für den KfW-70-Standard sogar die dreifachen Investitionskosten aufzubringen verglichen mit der Sanierung auf EnEV 2009 Niveau. Dies wirkt sich auch auf die Gesamtkosten der KfW 70 und KfW 55 Variante aus. Beide Werte liegen deutlich über dem der EnEV 2009. Sie liegen allerdings beide noch unter den Gesamtkosten ohne energieeinsparende Sanierungsmaßnahmen.

Aus den Berechnungen geht hervor, dass bei einer längerfristigen Betrachtung alle Energieeinspar-Standards wirtschaftlicher sind als die Beibehaltung der Ausgangssituation. Dem ist hinzuzufügen, dass sich diese Tendenz noch verstärkt, wenn die Energiepreissteigerung höher als die angenommenen 2 % p.a. ausfällt. Dies verdeutlicht die nachstehende Grafik.

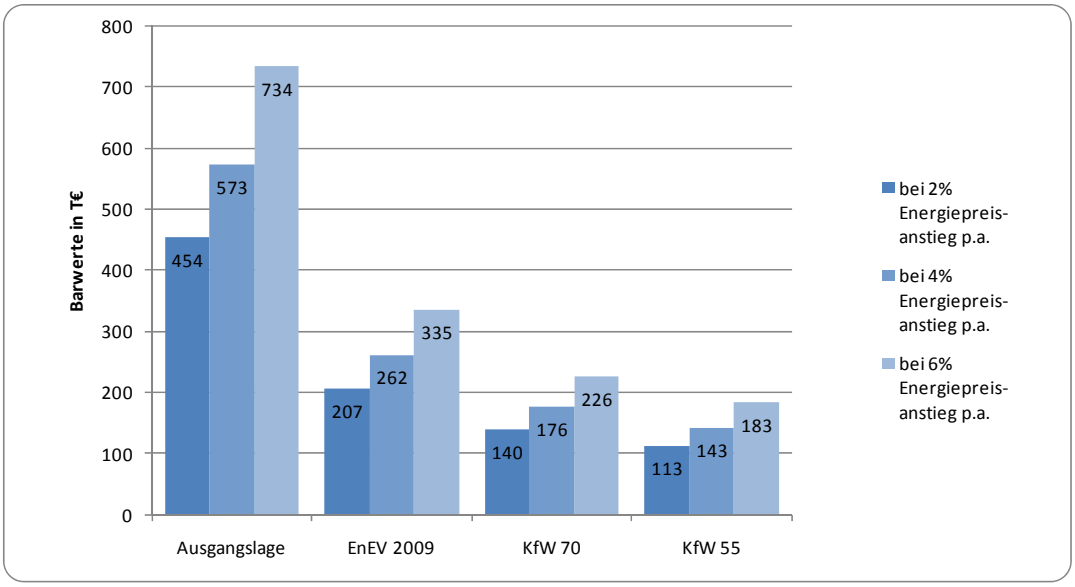


Abbildung 111: Summer der Betriebskosten (Heizung & WW) über 25 Jahre.

Der Einfluss einzelner Eingangsgrößen auf den Barwert der Gesamtkosten über 25 Jahre bei einer energetischen Sanierung auf EnEV 2009-Niveau zeigt die folgende Abbildung mit Spider-Diagramm. Die dazugehörigen Werte entstammen der Kalkulation aus Tabelle 40. Aus der Grafik sind bespielhaft die Sensitivitäten für den Energiepreis und den Diskontierungskator angegeben. Es ist ersichtlich, dass eine Steigerung des Energiepreises (z.B. um 10%) ein Anstieg der Gesamtkosten (um 6,5%) nachsichzieht. Genau umgekehrt ist der Zusammenhang beim Diskontierungszins. Je niedriger dieser angesetzt wird, umso geringer ist der Barwert der Gesamtkosten.

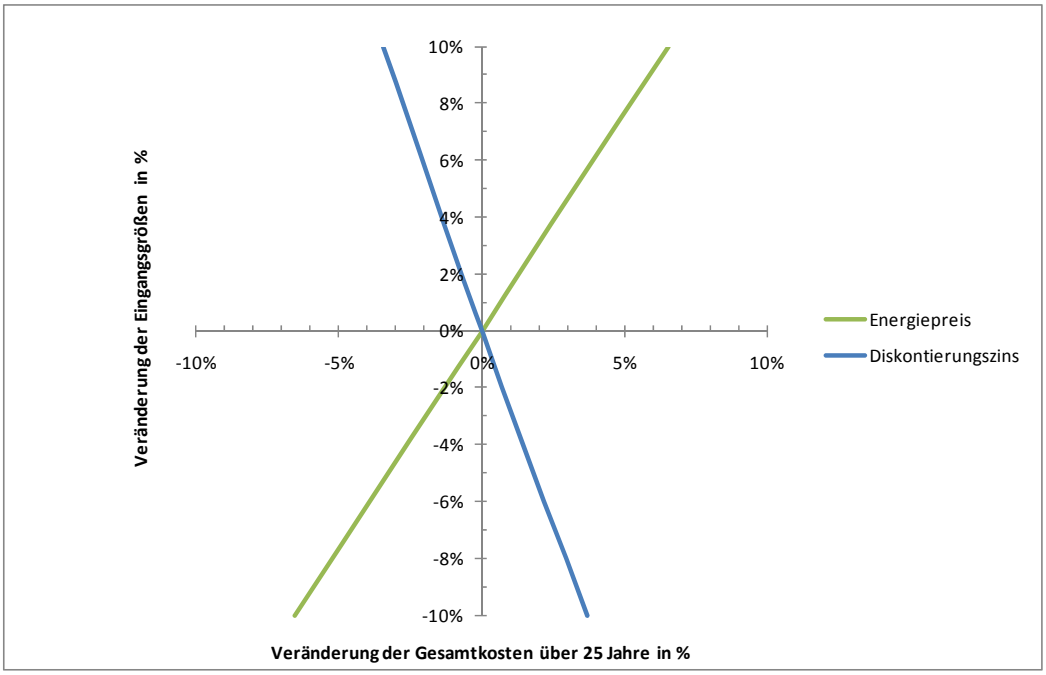


Abbildung 112: Sensitivität ausgewählter Eingangsgrößen.
Quelle: Eigene Darstellung.

5 ABLEITUNG VERALLGEMEINERUNGSFÄHIGER UMSETZUNGSSTRATEGIEN ZUR ENERGETISCHEN QUALIFIZIERUNG VON STADTRÄUMEN

5.1 Handlungsempfehlungen für die wärmetechnische Sanierung, den Ausbau der Nahwärmeversorgung und den Einsatz erneuerbarer Energiequellen in den Stadträumen

Die im Rahmen der Arbeit identifizierten Stadtraumtypen sind in unterschiedlichster Weise und Rangfolge für die Umsetzung energieeffizienter Maßnahmen geeignet. Da im Rahmen der Studie nur für die Stadt Weimar konkrete Energiekennzahlen erarbeitet wurden, können verallgemeinerte Aussagen nur qualitativ vorgenommen und lediglich durch das Beispiel Weimar bestätigt werden. Unbenommen davon sind die nachfolgenden Handlungsempfehlungen Ergebnis langjähriger Forschungstätigkeit der Bearbeiter und stützen sich auf bundesweite Untersuchungen zur Thematik.

Für alle Stadtraumtypen gilt, dass die Reduzierung des Energieverbrauchs in der Regel der erste Schritt zur Umsetzung von ganzheitlichen [Klimaschutz]Konzepten darstellt, bevor über weitere Optionen der Energiebedarfsdeckung wie Einsatz erneuerbarer Energien oder Nahwärmeversorgung nachgedacht werden kann. Das betrifft insbesondere den Bereich der Wärmeversorgung, da dieser wie mehrfach erläutert, das größte Energieeinsparpotential aufzeigt. Unter wärmetechnischer Sanierung sind die Maßnahmen des Wärmeschutzes an der Gebäudehülle und die Maßnahmen zur effizienteren Wärmeversorgung in den Gebäuden zu verstehen.

Die Potenziale zur Senkung des Energieverbrauchs über Wärmeschutzmaßnahmen sind aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen (Baualter, Bebauungsdichte, Denkmalschutzauflagen) in den verschiedenen Stadtraumtypen sehr unterschiedlich. Die entwickelte Stadtraumtypisierung erlaubt es jedoch, erste Aussagen zu möglichen stadtraumtypischen Sanierungszielen und Sanierungsraten zu treffen sowie verallgemeinerungswürdige Empfehlungen zur energetischen Qualifizierung von Stadträumen zu formulieren.

Im Einzelfall wirken jedoch noch eine Vielzahl weiterer verschiedener Faktoren, wie zum Beispiel die Eigentümerstruktur, die spezielle wirtschaftliche Lage in den einzelnen Kommunen bis hin zum Engagement einzelner Personen, die nur schwer oder gar nicht verallgemeinerbar sind. Hinzu kommt, dass auch der Sanierungsstand innerhalb eines Stadtraumtyps unterschiedlich sein kann.

Auf der Basis der Analyse der einzelnen Stadtraumtypen lassen sich Bereiche mit überdurchschnittlich hohem Energiebedarf ermitteln. Dies betrifft in der Regel die Altstadt mit einem zumeist hohen Gewerbeanteil und vielen öffentlichen Einrichtungen und Bereiche mit Gründerzeitbebauung (Anlage, Karte 9). Hier sind Maßnahmen zur energetischen Sanierung

gezielt zu fördern und ggf. kleinräumige dezentrale Wärmeversorgungskonzepte zu erarbeiten.

Wie das Planungsbeispiel Weimar zeigt, kann aus dem Energieverbrauch im Stadtraum nicht grundsätzlich auf eine ineffiziente Wärmeversorgung geschlossen werden. Aufgrund der unterschiedlichen Bebauungsdichten in den s. g. Großraumwohnsiedlungen des externen Wohnungsbaus der Vorwendezeit, sind die flächenspezifischen Energiekennzahlen sehr unterschiedlich (Anlage, Karte 9), während der Heizenergiebedarf auf die Wohnfläche bezogen sich nur unwesentlich unterscheidet (Anlage, Karte 12). Daraus kann sogar auf eine effizientere Wärmeversorgung in einem Wohngebiet mit höherem flächenspezifischen Energieverbrauch geschlossen werden. Dagegen zeichnen sich städtische Teilgebiete mit einem großen Anteil an älteren Einfamilienhäusern in der Regel durch einen geringen absoluten Energieverbrauch aber durch einen hohen einwohner- und wohnflächenspezifischen Wärmeverbrauch aus (Anlage, Karten 9 u.12). Hier sind wärmetechnische Sanierungsmaßnahmen erstes Gebot.

Insbesondere Zweckbauten, die in der Verantwortung der öffentlichen Hand liegen, sollten verstärkt saniert werden. Dadurch werden verschiedene positive Effekte erzielt (Vorbildwirkung, Imagegewinn, Energieeinsparung und langfristige Verbrauchskosten-reduktion). Auch vor 1990 existierende Gewerbe- und Industriebauten, die noch keinen Sanierungszyklus durchlaufen haben, zeichnen sich durch einen überdurchschnittlich hohen Energieverbrauch aus und weisen enorme Energieeinsparpotenziale auf. Beide Stadtraumtypen sind durch hohen Wärmeverbrauch gekennzeichnet, der sich wie bei Weimar im Gasverbrauch dokumentiert (Anlage, Karte 5). Damit eignen sich derartige Stadträume auch für den Anschluss an eine bestehende Fernwärmeversorgung oder als Initialkern aufzubauender Nahwärmeinseln.

Die notwendigen Investitionen müssen je nach Stadtraumtyp und Eigentümerstruktur von unterschiedlichen Akteuren getragen werden. In Stadträumen, die durch eine komplexe Eigentümerstruktur gekennzeichnet sind, werden notwendige Investitionen, zum Beispiel für Erdwärmesonden oder Solarthermieanlagen von den privaten Eigentümern getragen, es sei denn es bilden sich Interessengemeinschaften, die kleinräumige dezentrale Lösungen für kleinere Quartiere umsetzen können. Dies ist bislang allerdings eher die Ausnahme. Investitionen in Wärmenetze werden dagegen von den Energieversorgern finanziert und getragen, aber über den Wärmeabnahmepreis umgelegt.

Bei Mehrfamilienhäusern, die sich in der Verwaltung von Wohnungsbaugesellschaften befinden, werden ähnlich wie bei Energieversorgern die Investitionskosten anteilig auf die Mieter umgelegt. Idealerweise werden Sanierungsmaßnahmen in Kombination mit der Integration erneuerbarer Energien durchgeführt. Dies führt allerdings insbesondere bei privaten Eigentümern in Ein- und Zweifamilienhäusern zu sehr hohen finanziellen Belastungen. Hier sollten spezielle Fördermaßnahmen angedacht werden, die die Synergien bei gleichzeitiger Sanierung und Investition in Energietechnik speziell unterstützen (Hartwig 2010).

Zur Deckung des nach der wärmetechnischen Sanierung verbleibenden Energiebedarfs ist die Installation einer ökonomisch und ökologisch effizienten Wärmeversorgungslösung zu

wählen. Dazu stehen vielfältige technisch ausgereifte Optionen zur Verfügung (s. Kap.1), die je nach Stadtraumtyp zum Einsatz kommen sollten. Im Einzelnen sind nachstehende Optionen denkbar:

- Ersatz der bestehenden Heizungsanlagen durch Brennwertkessel, Klein-BHKW oder Brennstoffzelle (Sonderfall) auf Erdgasbasis
- Ersatz der bestehenden Heizungsanlage (besonders bei Ölkesseln) durch Holzfeuerungsanlage, Solarthermienutzung für Sommerbedarf
- Substitution der Altanlage durch eine Wärmepumpenheizung, Integration solarer Wärmenutzung
- Anschluss an eine bestehende Nah- oder Fernwärmeversorgung
- Aufbau von Nahwärmeinseln in Verbindung mit Blockheizkraftwerken und anthropogener Abwärme

Um den zusätzlichen Investitionsbedarf refinanzieren zu können, bietet sich insbesondere in verdichteten Stadträumen mit großen unverschatteten Dachflächen wie sie im Geschoßwohnungsbau oder Gründerzeitgebieten vorzufinden sind, die Installation von Solargeneratoren an /[117]/.

Andere Optionen zur regenerativen Stromerzeugung wie Wasser-, Windkraft- oder Biomassenutzung in KWK-Anlagen sind für bebaute Stadträume weniger geeignet. Das schließt natürlich nicht eine Nutzung dieser externen Strom- bzw. Wärmequellen aus. Das gilt insbesondere für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung in Verbindung mit Fernwärmesystemen.

Die Solarthermienutzung eignet sich insbesondere dort, wo die Grundlast der Wärmebedarfsdeckung nicht über Nah- oder Fernwärmesysteme gedeckt werden soll. *Ermittlung der solar nutzbaren Flächen/Erschließung und Vermarktung*

In verdichteten Stadträumen, die zur PV-Nutzung geeignet sind, aber nicht nahwärmeversorgt sind, sollte Abwasserwärmerückgewinnung bevorzugt zur Warmwasserbereitstellung

[117] Hanfler, M.; Kiesel, G.: Wettbewerb „Energetische Sanierung von Großwohnsiedlungen auf der Grundlage integrierter Stadtteilkonzepte“ für die Städte Suhl, Schmalkalden und Sondershausen, ausgelobt vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung - 2009

genutzt werden, um vorhandene Dach- und Fassadenflächen nicht mit thermischen Solarkollektoren zu blockieren

Sowohl zur Solarthermie- als auch zur PV- Nutzung sollten in allen Städten Potentialstudien in Auftrag gegeben werden. Viele Grundstücks- und Hauseigentümer verfügen über Dach- und Fassadenflächen, die für eine solare Nutzung sehr gut geeignet sind und nutzen diese aus verschiedenen Gründen nicht (Unwissenheit, fehlende Investitionsmittel etc.). Ein wichtiges Instrument zur Erschließung dieser Potenziale ist das Solardachkataster. Leider stehen nicht immer Laserscannerdaten zur Verfügung, so dass teure Befliegungen notwendig sind. Nach und nach stellen aber immer mehr Bundesländer diese Daten zur Verfügung.

Alternativ können zur Abschätzung der verfügbaren solar nutzbaren Flächen solare Gütezahlen genutzt werden (siehe Abschnitt 2.5.4). Diese hängen von der regionaltypischen Ausprägung der Stadtraumtypen ab und sollten für Thüringen verifiziert werden. Dies war im Rahmen dieser Studie leider nicht möglich.

Stehen Daten zu solar nutzbaren Flächen zur Verfügung ist auf dieser Basis ein Prozess zur Erschließung dieser Flächen zu initiieren. Dazu gehört zum Beispiel die gezielte Information der Flächen- und Gebäudeeigentümer, ggf. eine Vermittlung geeigneter Flächen über Flächenbörsen, das Anbieten von Finanzierungsmodellen, die Förderung von Bürgersolaranlagen etc.

Die Analyse des Energiebedarfs und die „energetischen Begabung“ der einzelnen Stadtraumtypen erlauben Rückschlüsse auf die zu präferierenden Umbau- und Anpassungsmaßnahmen im städtischen Teilraum, wie am Beispiel der Nahwärmeversorgung von Weimar gezeigt wurde. Dies betrifft darüber hinaus sowohl den Bereich Energieeffizienz und Energieeinsparung als auch die Nutzung erneuerbarer Energien:

			Effizienz und Einsparung		Erneuerbare Energien				Rationelle Energieversorgung
Nutzung	SRT		schneller Sanieren	Energie einsparen	Solarwärme ernten	Solarstrom ernten	Erwärme nutzen	Abwasserwärme	Anschluss an Wärmenetzen
Mischnutzung	I	Vorindustriell / Altstadt							
-	IIa	Baublöcke Gründerzeit < 1938							
-	IIb	Villen der Gründerzeit < 1938							
-	III	Wiederaufbau 1950er							
-	IV	Dörflich-kleinteilige Strukturen							

Wohnen	V	Wohlfahrt Siedlung < 1938							
-	VI	WS Soz. Wohnungsbau > 1990							
-	VII	Hochhäuser/Plattenbau ≥ 1950er							
-	VIII	Geschosswohnungsbau < 1990							
-	IX	Einfamilienhäuser							
Arbeiten	X	Gewerbe und Industrie							
	XI	Zweckbauten							

Tabelle 41: Stadtraumtypische Präferierung von Maßnahmen der Energieeffizienz und Energieeinsparung sowie der erneuerbaren Energieerzeugung.

trifft zu vielleicht eher nicht

Schnelles Sanieren

Eine Beschleunigung der Sanierungsrate ist insbesondere bei Zweckbauten (SRT XI) zu empfehlen, da diese oft im Besitz der Gemeinde sind und somit eine Vorbildwirkung haben. Auch bei Liegenschaften von Genossenschaften und Wohnungsbaugesellschaften (insb. SRT V, VI) können die rechtlichen und organisatorischen Hürden einer Sanierung schneller überwunden werden. Im Geschoßwohnungsbau empfiehlt sich eine Erhöhung der Sanierungsrate, da hier der Sanierungsaufwand – im Vergleich z.B. mit der Gebäuden in der Altstadt oder mit gründerzeitlichen Bauten – vergleichsweise gering ist.

Energie einsparen

In allen Stadträumen lässt sich Endenergie über effizientere Energiewandler (Heizungsanlagen, Kleingeräte, Beleuchtung) und durch verbessertes Nutzerverhalten einsparen. Besonders große Einsparpotenziale bestehen im Sektor "Arbeiten" durch effizientere Produktionsprozesse.

Sonnenwärme ernten

Solarthermiekollektoren zur Warmwasserbereitung eignen sich in weniger verdichteten Bereichen (SRT IIb, IV, IX) aber nicht in Fernwärmevorranggebieten, es sei denn, dass größere Wärmespeicher im System eingebunden werden.

Sonnenstrom ernten

Die solare Stromerzeugung geschieht im Stadtraum in erster Linie über die Gebäudehülle. Je höher die solare Gütezahl und je weniger Fläche mit solarthermischen Kollektoren blockiert sind, desto mehr Strom lässt sich erzeugen. Prädestiniert für die photovoltaische Stromerzeugung sind Hochhäuser und der Geschosswohnungsbau (SRT VII, VIII), Einfamilienhäuser (SRT IX) und Zweckbauten (SRT XI), sowie die großen Dachflächen der Gewer-

begebiete, sofern sie statisch geeignet sind. Ebenfalls photovoltaisch nutzbar sind die Dächer und zum Teil auch die Fassaden der Stadtraumtypen III bis VI.

Erdwärme nutzen

Erdwärmesonden, Energiekörbe, Erdwärmekollektoren und andere Formen der Erdwärmenutzung eignen sich besonders in nicht wärmeversorgten, wenig verdichteten Bereichen (SRT IIb, IV, IX). Die zusätzliche Nutzung von Energiezäunen, Solarkollektoren oder PV-Anlagen ist nicht ausgeschlossen.

Abwasserwärme nutzen

In verdichteten Bereichen oder Stadträumen mit vergleichsweise hoher Einwohnerdichte oder in Gewerbebetrieben mit großem Abwasseranfall sind Optionen zur Rückgewinnung von Abwasserwärme untersuchungswürdig (SRT I, IIa, III, V, VI, VII, VIII, XI). Das gilt jedoch nicht für fernwärmeversorgte Gebiete, da die Nutzung beide Optionen gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit der Gesamtlösung verringert.

Anschluss an Wärmenetze

Nahezu alle bebauten Stadtraumtypen eignen sich für den Anschluss an Fern- oder Nahwärmesysteme. Unter günstigen Voraussetzungen können das sogar Einfamilienhausgebiete sein, wenn diese von einer Fernwärmeleitung tangiert werden. Neu erschlossene oder neu zu erschließende Einfamilienhausgebiete mit niedrigem spezifischen Heizenergiebedarf können auch über sogenannter „kalte“ Fernwärme versorgt werden, bei der der Rücklauf von Fernwärmesystemen weiter abgekühlt wird. Bei gekoppelter Wärme- und Stromerzeugung führt das zu einer höheren Gesamteffizienz in der Erzeugeranlage.

Die Nutzung von Abwärme aus technologischen Prozessen von Industrie- und Gewerbebetrieben könnte die Initialzündung für ein Nahwärmesystem sein, welches nahe gelegene Wohngebiete mit Wärme versorgt. Hier liegen ungenutzte Potentiale brach. Eine enge Zusammenarbeit von Stadtwerken, Stadtplanungsämtern, Wohnungsunternehmen und Industrie- und Gewerbebetrieben ist hier geboten.

Zur Identifizierung von besonders fernwärmegeeigneten Stadträumen wie hoch verdichtete, Altstadtbereiche, Gründerzeitbauten, Gewerbe- und Industrie, Großwohnsiedlungen sollten für alle Städte Potentialstudien, wie am Beispiel Weimar gezeigt, durchgeführt werden. Im Ergebnis der Untersuchungen könnten dann unter Beachtung alle städtebaulich und energetisch relevanten Kriterien Strategien für den Ausbau der Nah- und Fernwärmeversorgung entwickelt werden.

Der energetische Umbau des urbanen Raums ist dann wirksam und effizient, wenn er die spezifische „Begabung“ der einzelnen Stadträume berücksichtigt und einzelne Komponenten der Energieerzeugung sinnvoll kombiniert.

5.2 Ermittlung eines optimalen, stadtraumtypischen „Mixes“ erneuerbarer Energieoptionen (Ausnutzung von Synergien) unter Berücksichtigung dezentraler Wärmeversorgungslösungen

Die Analyse des Energiebedarfs und der energetischen Begabung der einzelnen Stadtraumtypen erlaubt Rückschlüsse auf die zu präferierenden Umbau- und Anpassungsmaßnahmen. Dies betrifft sowohl den Bereich Energieeffizienz und Energieeinsparung als auch die Nutzung erneuerbarer Energie. In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die Empfehlungen für die einzelnen Stadtraumtypen zusammenfassend dargestellt.

Eine Beschleunigung der Sanierungsrate ist insbesondere bei Zweckbauten (SRT XI) zu empfehlen, da diese oft im Besitz der Gemeinde sind und somit eine Vorbildwirkung haben. Auch bei Liegenschaften von Genossenschaften und Wohnungsbaugesellschaften (insb. SRT V, VI) können die rechtliche und organisatorische Hürden einer Sanierung schneller überwunden werden. Im Geschoßwohnungsbau empfiehlt sich eine Erhöhung der Sanierungsrate, da hier der Sanierungsaufwand – im Vergleich z.B. mit der Altstadt oder mit gründerzeitlichen Bauten – vergleichsweise gering ist.

In allen Stadträumen lässt sich Energie über effizientere Geräte und eine effizientere Beleuchtung einsparen. Besonders große Einsparpotenziale bestehen im Sektor "Arbeiten" durch effizientere Produktionsprozesse.

Bei der Nutzung des Stadtraums zur Energieerzeugung ist zwischen Wärme und Strom zu unterscheiden. Sonnenkollektoren eignen sich zur Warmwasserbereitung in weniger verdichteten Bereichen (SRT IIb, IV, IX). In verdichteten Bereichen oder Stadträumen mit vergleichsweise hohen Einwohnerzahlen pro Hektar sind Wärmenetze oder eine dezentrale Abwasserwärmerückgewinnung vorzuziehen (SRT I, IIa, III, V, VI, VII, VIII, XI). Erdwärmesonden eignen sich besonders in nicht wärmeversorgten, wenig verdichteten Bereichen (SRT IIb, IV, IX).

Die Stromerzeugung geschieht im Stadtraum in erster Linie über die Gebäudehülle. Je höher die solare Gütezahl und je weniger Fläche mit Sonnenkollektoren blockiert sind, desto mehr Strom lässt sich erzeugen. Prädestiniert für die photovoltaische Stromerzeugung sind Hochhäuser und der Geschosswohnungsbau (SRT VII, VIII), Einfamilienhäuser (SRT IX) und Zweckbauten (SRT XI) sowie die großen Dachflächen der Gewerbegebiete, sofern sie statisch geeignet sind. Ebenfall photovoltaisch nutzbar sind die Dächer und zum Teil auch die Fassaden der Stadtraumtypen III bis VI.

Der energetische Umbau des urbanen Raums ist dann wirksam und effizient, wenn er die spezifische Begabung der einzelnen Stadträume berücksichtigt und einzelne Komponenten der Energieerzeugung sinnvoll kombiniert.

5.3 Strategien zur Steuerung und Lenkung des energetischen Stadtumbaus

Steigende Energiepreise und ein aktiver Klimaschutz führen nicht nur zum energiebewussten Umgang mit Gebäuden, sie schlagen sich auch im energiebewussten Städtebau bzw. Stadtumbau nieder. Der energetische Stadtumbau zielt dabei im Wesentlichen auf drei Ziele:

- eine Verringerung des Primärenergiebedarfs,
- eine Erhöhung der Energieeffizienz und
- eine Reduzierung der klimarelevanten Emissionen.

Die Realisierung dieser Ziele erfolgt auf verschiedenen Ebenen, zum einen in der Stadt- bzw. Siedlungsentwicklung, im Bereich Verkehr bzw. Mobilität und im Objektneubau bzw. in der Objektsanierung. Dabei ist stets eine gesamtstädtische energetische Bewertung relevant. Eine Steuerung oder Lenkung dieses energetischen Stadtumbaus kann sowohl Planungen, Konzeptionen, Satzungen und Richtlinien ebenso wie Beratungen und Finanzierungsförderungen umfassen.

Auf der Ebene der Siedlungsentwicklung sind ein intelligentes Flächenmanagement und eine Innenentwicklung mit Revitalisierung oder Nachverdichtung vorhandener Flächen zielführend. Die Siedlungsentwicklung basiert auf Energiekonzepten bzw. integrierten Konzeptionen, die die Fachbereiche Umwelt und Energie mit einschließen. Diese zeigen Entwicklungsoptionen für Regionen, Kommunen und Stadtquartiere auf. Neben informellen Planungen, wie regionalen bzw. teilräumlichen Energiekonzepten, integrierten Stadtentwicklungskonzepten und Flächennutzungsplänen, eignen sich zur Lenkung des energetischen Stadtumbaus auch Bauleitplanungen und Satzungen, wie Bebauungspläne mit Festsetzungen zum Energieeffizienzstandard.

Die Reduzierung der klimarelevanten Emissionen bezieht sich nicht nur auf die Erzeugung von Strom und Wärme, sondern zielt ebenso auf eine effiziente und klimaschonende Entwicklung des Verkehrs. Kommunale und regionale Verkehrsplanungen verringern die Verkehrsbelastung und den Energiebedarf des motorisierten Individualverkehrs. In den Verkehrskonzepten und in integrierten Konzepten, die den Fachbereich Verkehr beinhalten, kann für die Gesamtstadt bzw. Stadtteile eine Reduzierung der Fahrstrecken, eine stärkere Vernetzung der Verkehrsmittel und eine Optimierung des ÖPNV bzw. des nichtmotorisierten Verkehrs erreicht werden.

Für die Bereitstellung von Energie gehen einige Kommunen ganz neue Wege. Die Gründung eigener Stadtwerke ermöglicht es der Kommune, auf den Ersatz fossiler Brennstoffe durch die Nutzung erneuerbarer Energien direkt Einfluss zu nehmen. Zusätzlich kann ein Anschluss- und Benutzungszwang, beispielsweise für Fernwärme, die Energieversorgung für Stadtbereiche regeln.

Bei der Objektplanung geht es hauptsächlich um bauliche Wärmeschutzmaßnahmen zur Verringerung des Energiebedarfs und eine Optimierung der Haustechnik im Hinblick auf die

Verringerung der Wärmeverluste und die Nutzung regenerativer Energien. Zur Sicherung dieser energetischen Ziele dienen neben einer Objektplanung mit Integration eines Energieberaters auch Richtlinien wie die EnEV (Energieeinsparverordnung). Zusätzlich können Förderungen, spezifische Kreditangebote wie die Programme der KfW-Bank und Sondertarife, wie Wärmepumpenstrom, finanzielle Anreize zur energetischen Ertüchtigung der Gebäude und der Erneuerung der technischen Gebäudeausrüstung schaffen. Bund und Kommunen können hier durch die energetische Sanierung öffentlicher und kommunaler Gebäude mit gutem Beispiel vorangehen.

Um steuernd in den Umsetzungsprozess der energetischen Stadtumbauziele eingreifen zu können und gleichzeitig die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen abzulesen, empfiehlt es sich ein begleitendes Monitoring durchzuführen.

In diversen Forschungsprogrammen werden anhand von Modellvorhaben Maßnahmen und Methoden zur energetischen Stadtsanierung erarbeitet. Vom ExWoSt-Forschungsfeld „Energetische Stadterneuerung“ wurden im Jahr 2010 Maßnahmen zur energetischen Stadterneuerung, insbesondere zur Energieeinsparung, Steigerung der Energieeffizienz und Anwendung erneuerbarer Energien für eine allgemeingültige Umsetzung im Zuge von Stadtumbaumaßnahmen abgeleitet.[118]

Gute Beispiele machen Schule. In Wettbewerben oder durch Zertifikate können gelungene Beispiele für den energetischen Stadtumbau prämiert werden und regen andere Kommunen ebenfalls zum energieeffizienten Umgang an. Dies können bundesweite Wettbewerbe sein, wie "Energieeffiziente Stadtbeleuchtung", „Energetischer Stadtumbau" oder „Energetische Sanierung von Großwohnsiedlungen“. In diesem Zusammenhang ist anzuregen, auch Wettbewerbe wie den KfW-Award Bauen und Wohnen 2011: „Effizienz mit Charme“ ,ähnlich wie bei der Bundesforschung EneffStadt, für ganze Stadtquartiere durchzuführen statt nur für Gebäude.

In Deutschland entwickeln sich momentan Zertifizierungsverfahren zum nachhaltigen Bauen, wie das „Bewertungssystem für das nachhaltige Bauen“ des BMVBS, das „Deutsche Gütesiegel für nachhaltiges Bauen“ der DGNB oder die „Grüne Hausnummer“ in einzelnen Kommunen. Zu klären ist hier wie sich Kommunen diese oder ähnliche Zertifikate für die Lenkung und Steuerung ihrer eigenen energetischen Entwicklungsziele zu eigenmachen können oder wie Zertifikate für Gebäude (Energieausweis) zu Quartiers- oder Stadtzertifikaten (Kommunaler Energieausweis) ausgeweitet werden? Die Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen (DGNB) hat ein System zur Bewertung von Stadtquartieren entwickelt,

[118] www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de, 28.02.2011, 16:00Uhr

dass der Strukturierung und Transparenz der Entscheidungen während des Planungsprozesses dient.[119]

Zukünftig wird es immer wichtiger sein, neben der Kommune, den Versorgungsträgern und den Wohnungsunternehmen auch die Bürger der Stadt aktiv in den energetischen Stadtumbau einzubinden. Die Akzeptanz der Bürger für neue Konzepte und ihre Mitwirkungsbereitschaft erhöht sich durch eine intensive Öffentlichkeitsarbeit.

Die Steuerung und Lenkung des energetischen Stadtumbaus erfolgt selbstverständlich auch durch die Bereitstellung finanzieller Unterstützungen. Neben herkömmlichen Förderprogrammen für Privateigentümer und Kommunen entstehen immer mehr innovative Finanzierungsfonds. Diverse Bürgerfonds unterstützen gezielt Umwelt und Energieprojekte. Beispielsweise werden durch den „proKlima Fonds“[120] der Region Hannover werden Klimaschutzprojekte aller Art gefördert.

Das Verantwortungsbewusstsein der Kommune für Klimaschutz und Energieeffizienz muss sowohl in den Ämtern der Stadtverwaltung, als auch in den politischen Gremien der Stadt vertreten werden und Umsetzung finden. Dafür benötigen die Kommunen geeignete Instrumente. Momentan ist ein aktiver Klimaschutz bzw. ein energetischer Stadtumbau im geltenden Baugesetzbuch (BauGB) unzureichend verankert.

Mit der im Januar 2007 in Kraft getretenen BauGB-Novelle wurde die Innenentwicklung von Kommunen vereinfacht. In der aktuellen Legislaturperiode (2009-2013) werden das Baugesetzbuch (BauGB) und die Baunutzungsverordnung (BauNVO) novelliert. Gegenstand der Änderung bzw. Ergänzung ist die Schaffung bauplanungsrechtlicher Grundlagen zur Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen. Zu dieser Novelle 2011 wurde vom Klima-Bündnis e.V. in Hannover ein Positionspapier mit Änderungs- bzw. Ergänzungsvorschläge verabschiedet. Demnach muss der globale Klimaschutz künftig zu den städtebaulichen Erfordernissen gezählt werden. Klimaschutzbezogene Festsetzungen im Bebauungsplan werden notwendig, um den Kommunen neue Handlungsmöglichkeiten zur Verfügung zu stellen.[121] Möglicherweise sollten Kommunen noch einen Schritt weiter gehen und regelrechte Energieeffizienz- bzw. Energieeinsparsatzungen für ihre Gemeinden beschließen.

[119] AuchSchwelk_DGNB_Stadtquartiere_06102010.pdf, www.dgnb.de, 01.03.2011, 16:15 Uhr
[120] www.proklima-hannover.de, 01.02.2011, 19:00Uhr
[121] www.klimabuendnis.org, 01.03.2011, 13:41Uhr

6 AKTUELLE FÖRDERMASSNAHMEN DES BUNDES UND DER EUROPÄISCHEN UNION ZUR ENERGETISCHEN STADTSANIERUNG

6.1 Förderrichtlinien, Gesetze zum Klimaschutz

Durch neue Gesetze und Richtlinien versucht die Bundesregierung, die Ziele beim Klimaschutz zu verschärfen. So soll bis zum Jahr 2020 der CO_2-Ausstoss um 40% gegenüber dem Wert von 1990 gesenkt werden, im selben Zeitraum sollen rund 20% des benötigten Stroms aus erneuerbaren Energien stammen. Die dazu geschaffenen Gesetze betreffen die Förderung erneuerbarer Energien, die effiziente Stromerzeugung und die Gebäudesanierung. Mit diesen Maßnahmen soll Deutschland weltweit eine Vorreiterrolle beim Klimaschutz spielen, und es wird Städten und Kommunen die Möglichkeit ihrer Energiebilanzerstellung und –Optimierung gegeben.

6.1.1 Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)

Da erneuerbare Energien wie Wind, Wasser, Sonne und Biomasse auf Grund ihrer nachwachsenden Verfügbarkeit eine wichtige Rolle im Energieerzeugungssystem der Zukunft spielen werden, wurde im Frühjahr 2000 das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) verabschiedet, mit welchem Deutschland seine Klimaschutz-Bemühungen im Energiebereich legislativ umsetzte.

Das Gesetz soll gemäß § 1 Abs. 1 „*im Interesse des Klima- und Umweltschutzes eine nachhaltige Entwicklung der Energieversorgung ermöglichen, die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte verringern, fossile Energieressourcen schonen und die Weiterentwicklung von Technologien zur Erzeugung von Strom aus Erneuerbaren Energien fördern“.*

Gesetzesgegenstand ist hauptsächlich die Vergütung und Abnahme von Strom aus erneuerbaren Energien (Deponiegas, Klärgas, Biomasse, Windkraft, Geothermie und Photovoltaik). Solche Anlagen erhalten je nach Art und Größe gestaffelt eine Vergütung ab 3,5 Eurocent/kWh für Wasserkraftanlagen bis zu ca. 30 Eurocent/kWh für Solarenergie.

Wesentliche Rahmenbedingungen des EEG sind:

- Anschluss und Annahmezwang (Vorrang für Strom aus EEG-Anlagen)
- Abnahme des Stroms durch Endverbraucher (Anbieter darf EEG-Kosten ausweisen)
- EEG-Umlage (Mehrkosten für Netzbetreiber dürfen auf Endverbraucher umgelegt werden)
- Beständigkeit der Vergütungsregelung (je nach EEG-Anlage gelten Vergütungssätze für 15 – 20 Jahre und schaffen hohe Investitionssicherheiten)

In Bezug auf den Stadtumbau hin zu einer energieeffizienten Stadt kann das EEG von großer Bedeutung sein. Die Stadt kann durch das freigeben von Flächen (z.B. Dächer öffentlicher Gebäude) Klimaschutzinitiativen fördern und damit auch ihre Energiebilanz verbessern. Die Vergütungssätze nach EEG sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Neben der dargestellten Grundvergütung ist es unter Umständen möglich, weitere Boni zu erhalten (z.B. durch Kombination). Die Vergütung nimmt nach dem Baujahr der Anlage immer weiter ab, ist für die Anlage selbst über den Vergütungszeitraum aber immer gleich. Je später eine Anlage errichtet wird, umso geringer ist die Vergütung (je nach Anlage beträgt diese Degression zwischen 0,5 -1,5%).

Die nachfolgend aufgeführten Vergütungsbeträge sind mit Stand März 2011.

Vergütungen bei Windkraftanlagen

Die Grundvergütung für Windkraftanlagen auf dem Festland ist der untenstehenden Tabelle zu entnehmen. Offshore-Anlagen spielen für den Standort Thüringen keine Rolle.

Typ	EEG 2009, [Eurocent/kWh]
Anfangsvergütung	9,11
Endvergütung	4,97

Tabelle: Vergütung von On-Shore-Anlagen

Vergütungszeitraum 20 Jahre, Degression 1%

- Anfangsvergütung in den ersten fünf Jahren ab der Inbetriebnahme der Anlage mit Option zur Verlängerung in Abhängigkeit von der Stromproduktion im Vergleich zum Referenzertrag.
- "60 %-Klausel": Keine Vergütung für Anlagen, für die vor der Inbetriebnahme nicht nachgewiesen wurde, dass sie an dem geplanten Standort mindestens 60 % des Referenzertrages erzielen können.

Boni (kumulativ):

- Systemdienstleistungsbonus: 0,5 ct/kWh für Anlagen, die vor dem 01.01.2014 in Betrieb genommen worden sind.
- Repowering-Bonus: 0,5 ct/kWh für den Zeitraum der Anfangsvergütung, bei Ersatz alter Anlagen, wenn mindestens die 2-fache Leistung installiert wird.

Vergütungen bei Wasserkraftanlagen

Die Vergütungen für Wasserkraftwerke sind in den nachfolgenden Tabellen dargestellt. Diese betrifft den Bau neuer Anlagen. Es sind auch Vergütungen für die Modernisierung größerer Anlagen möglich. Die Degression für diese Anlagentypen beträgt ca. 1% jährlich.

Leistung	EEG 2009, [Eurocent/kWh]
Bis 500kW	12,67
500 kW bis 2 MW	8,65
2 MW bis 5 MW	7,65

Tabelle: Vergütung Wasserkraft: Neuanlagen bis 5 MW

Bedingungen: Vergütung über 20 Jahre, keine Degression

Leistung	EEG 2009, [Eurocent/kWh]
Bis 500kW	11,67
500 kW bis 5 MW	8,65

Tabelle: Vergütung Wasserkraft: modernisierte Anlagen bis 5 MW

Bedingungen: Vergütungszeitraum 20 Jahre, keine Degression

Leistung	EEG 2009 [Eurocent/kWh]
Bis 500kW	7,22
bis 10 MW	6,26
bis 20 MW	5,74
bis 50 MW	4,30
ab 50 MW	3,47

Tabelle: Vergütung Wasserkraft: neue und modernisierte Anlagen ab 5 MW

Bedingungen: Vergütungszeitraum 15 Jahre, Degression 1%

Vergütungen bei Biomasseanlagen

Die für die Biomasse gültigen Vergütungssätze sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen. Zu diesen Sätzen sind verschiede Boni ausschöpfbar, die die Grundvergütung deutlich aufstocken. Bedingung für den Erhalt solcher Boni sind unter anderem die Nutzung neuer bzw. innovativer Technologien, die Verwendung von Gülle oder von nachwachsenden Rohstoffen, bzw. die Kombination mit einer Kraft-Wärme-Kopplung. Ebenso ist die Erhöhung der Vergütung durch das Einhalten von Grenzwerten die Emissionen der Anlage möglich. Die jährliche Degression der Grundvergütung beträgt ca. 1%.

Leistung	EEG 2009 [Eurocent/kWh]
bis 150 kWel	11,55
bis 500 kWel	9,09
bis 5 MWel	8,17
5 MWel bis 20 MWel (nur KWK)	7,71

Tabelle: Vergütung von Biomasseanlagen

Vergütungszeitraum 20 Jahre, Degression 1%

Boni (kumulativ):

- Nachwachsende Rohstoffe (NaWaRo): Zuschläge zwischen 2 und 9 ct/kWh je nach Anlagengröße und eingesetztem Material
- KWK-Bonus für Anlagen bis 20 MWel (nur für den Teil des eingespeisten Stroms, der als KWK-Strom gilt): Zuschlag von 3 ct/kWh
- Technologiebonus für Anlagen bis 5 MWel: Innovative Anlagentechnik (Brennstoffzellen,Gasturbinen,Dampfmotoren,Stirlingmotoren u.a.) Zuschlag von 2 ct/kWh, Gasaufbereitung 1-2 ct/kWh
- Grundvergütung kann sich um 1 ct/kWh für immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Alt- und Neuanlagen anteilig bis 500 kW erhöhen, wenn die dem Emissionsminimierungsgebot der TA Luft entsprechenden Formaldehydgrenzwerte eingehalten werden
- Degression 1%

Vergütungen bei Photovoltaikanlagen

Die jeweiligen Vergütungssätze für Fotovoltaikanlagen sind stark gestaffelt in Abhängigkeit von Standort (Gebäude, Freiflächen), Verbraucher (Selbstverbrauch) und Zeitpunkt der Her-

stellung der Anlage. Die jährliche Degression ist abhängig von der neu installierten Leistung. Ist diese hoch, ist auch die Degression hoch. Derzeit beträgt sie ca. 13% jährlich. Dennoch sind die Vergütungen bei der Photovoltaik die höchsten, sie reichen derzeit von 26,15 Eurocent/kWh bis 7,16 Eurocent/kWh. Aktuelle Vergütungssätze für Photovoltaik sind vielen Internetportalen (z.B. www.solar-und-windenergie.de und www.thema-energie.de) zu entnehmen.

Förderung nach EEG 2009:

- PV-Anlagen an oder auf Gebäuden:

  ab 01.01.2011 (voraussichtlich minus 15% ab 01.07.2011):

  - bis 30 kWp 28,74 Ct/kWh
  - über 30 kWp bis 100 kWp 27,33 Ct/kWh
  - über 100 kWp bis 1 MWp 25,86 Ct/kWh
  - über 1 MWp 21,56 Ct/kWh

- PV-Anlagen auf versiegelten und Konversionsflächen (Brachflächen):

  ab 01.01.2011: 22,07 Ct/kWh (voraussichtlich minus 15% ab 01.07.2011)

- PV-Anlagen auf sonstigen Freiflächen:

  z.B. Gewerbeflächen oder Flächen längs von Autobahnen oder Schienenwegen

  ab 01.01.2011: 21,11 Ct/kWh (voraussichtlich minus 15% ab 01.07.2011)

Für Parkplätze, Gewerbe- und Industrieflächen, Flächen innerhalb eines Streifens von 110 m entlang von Autobahnen und Bahnschienen

- Die 1. Einmaldegression für Anlagen, die ausschließlich an oder auf einem Gebäude oder einer Lärmschutzwand nach dem 01.07.2010 installiert werden, betrug 13%.

- Bei Freiflächenanlagen auf Konversionsflächen betrug die Absenkung der Vergütung 8 % und auf sonstigen Flächen 12%.

- Bei Anlagen, die 2010 neu errichtet werden, müssen Standort und Leistung an die Bundesnetzagentur gemeldet werden, ansonsten entfällt die Verpflichtung des Netzbetreibers den Strom zu vergüten.

- Strom aus Anlagen auf Ackerflächen wird grundsätzlich nicht mehr vergütet, wenn die Anlage nach dem 30.06.2010 in Betrieb geht. Ausgenommen hiervon sind Anlagen, die sich im Bereich von vor dem 25.03.2010 beschlossenen Bebauungsplänen befinden, und bis zum Ende des Jahres 2010 in Betrieb genommen werden. Hier beträgt

die Vergütung 28,43 Cent/kWh. Die einmalige Absenkung der Vergütung wird hier nicht angewendet.

Degression:

- bei Dachanlagen bis 100kW ab 2011: 9,0 %
- Dachanlagen ab 100 kW ab 2011: 9,0 %
- bei Freiflächenanlagen: ab 2011: 9,0 %

Die Degressionssätze sind dynamisch an die Marktentwicklung angepasst und verändern sich in Abhängigkeit der jährlich installierten Leistung. Die Zielmarke für den jährlichen Ausbau liegt bei 3.500 MW. Wird diese Zielmarke überschritten, sinken die Vergütungssätze zum Jahresende 2011 um 3 % pro 1.000 Megawatt zusätzlichem Marktvolumen über den im EEG regulär vorgesehenen Degressionssatz von 9 % hinaus. Unterschreitet das Marktwachstum die Untergrenze von 2.500 Megawatt sinken die Vergütungssätze langsamer.

- PV-Anlagen mit „Eigenverbrauch“

ab 01.01.2011 (voraussichtlich minus 15% ab 01.07.2011):

Stromanteil der Anlagengröße bis 30 % bzw. über 30 %

  - bis 30 kWp 12,36 Ct/kWh bzw 16,74 Ct/kWh
  - > 30 kWp bis 100 kWp 10,95 Ct/kWh bzw 15,33 Ct/kWh
  - > 100 kWp bis 500 kWp 9,48 Ct/kWh bzw 13,86 Ct/kWh

Förderung nach KfW-Programm „Erneuerbare Energien“ (Pr-Nr. 270, 271, 272, 281, 282):

Zinsverbilligtes Darlehen

- Maximal 10 Mio. €,
- Zinssatz bonitätsabhängig (auch bei Privatpersonen)
- Laufzeit 5, 10 oder 20 Jahre
- 1 bis 3 Jahre tilgungsfrei - je nach Laufzeit;
- Sondertilgung jederzeit in beliebiger Höhe möglich.

Förderung von Photovoltaikanlagen in Thüringer Kommunen (1000-Dächer-Programm):

Errichtung (insbesondere Projektierung, Anschaffung, Installation) von Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung auf Dächern und Fassaden von Gebäuden und auf baulichen Anlagen,

die sich im Eigentum juristischer Personen mit Ausnahme der eingetragenen Vereine, Genossenschaften und Betreibergesellschaften befinden.

Der maximal mögliche Zuschuss je Förderfall beträgt 100.000 und gilt für:

- Anschaffungskosten für PV-Anlage
- Installationskosten
- Hausanschlusskosten
- Planungsleistungen bis 10 % der zuwendungsfähigen Herstellungskosten

Vergütungen bei Deponie-, Gruben- und Klärgasanlagen

Für Deponie- und Klärgas sind die Vergütungen in Tabelle 10 dargestellt. Zusätzlich dazu können Boni für innovative Anlagentechnik (2,0 Eurocent/kWh] oder Gasaufbereitung beantragt werden. Die Degression der Grundvergütung beträgt 1,5% pro Jahr.

Leistung	Klärgas, EEG 2009 [Eurocent/kWh]	Deponiegas, EEG 2009 [Eurocent/kWh]
bis 500 kWel	7,00	8,87
500 - 5.000 kWel	6,07	6,07

Tabelle 42: Vergütung Deponie- und Klärgas

Leistung	Grubengas, EEG 2009 [Eurocent/kWh]
bis 1 MWel	7,05
1 - 5 MWel	5,08
Über 5 MWel	4,10

Tabelle 43: Vergütung Grubengas

Bedingungen: Vergütungszeitraum 20 Jahre, Degression 1,5% (um 1 bis 2 Eurocent/kWh höhere Vergütung, wenn innovative Techniken angewendet werden, z.B. Brennstoffzelle, Gasturbine; Degression auch hier 1,5% pro Jahr)

Vergütungen bei Geothermieanlagen

Die Grundvergütung für Geothermieanlagen ist in der nachfolgenden Tabelle 44 dargestellt. Hinzu kommen können Boni für Wärmenutzung oder petrothermale Technik. Die Degression beträgt 1% jährlich, die Sätze werden ab 2016 um 4 Eurocent/kWh verringert werden.

Leistung	EEG 2009 [Eurocent /kWh]
bis 10 MWel	15,84
ab 10 MWel	10,40

Tabelle 44: Grundvergütung Geothermie

Bedingungen: Vergütungszeitraum 20 Jahre Degression 1%

Boni (kumulativ):

- Wärmenutzungsbonus: 3 ct/kWh für Anlagen bis 10 MWel
- Technologiebonus: 4 ct/kWh für Anlagen bis 10 MWel mit petrothermaler Technik
- Schnellstarterbonus: 4 ct/kWh für Anlagen, die vor dem 1.1.2016 in Betrieb gehen

6.1.2 Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich

Das Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) soll den Ausbau und die Verwendung erneuerbarer Energien im Bereich Kälte und Wärme fördern. Das Gesetz führt unter anderem erstmal die Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien beim Neubau von Gebäuden. Dabei müssen erneuerbare Energien einen bestimmten Anteil am Gesamtenergieverbrauch des Hauses haben. Möglich ist auch der Ersatz der erneuerbaren Energien durch Ersatzmaßnahmen wie die Ausnutzung technischer Abwärme, Abwärme aus KWK – Anlagen, Steigerung der Effizienz des Gebäudes (z.B. durch Wärmedämmung), oder den Anschluss an ein Wärmenetz.

Zusammen mit dem EEWärmeG wurde ein Marktanreizprogramm zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien in der Wärme- oder Kälteerzeugung mit jährlich bis zu 500 Mio. € verabschiedet.

6.1.3 Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung

Der Zweck des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes ist unter § 1 dargestellt: „Zweck des Gesetzes ist es, einen Beitrag zur Erhöhung der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung in der Bundesrepublik Deutschland auf 25 Prozent durch den befristeten Schutz, die Förderung der Modernisierung und des Neubaus von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen), die Unterstützung der Markteinführung der Brennstoffzelle sowie die Förderung des Neu- und Ausbaus von Wärmenetzen, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird, im Inte-

resse der Energieeinsparung, des Umweltschutzes und der Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung zu leisten."

Antragsberechtigt sind Betreiber zuschlagsberechtigter KWK-Anlagen. Als Betreiber einer KWK-Anlage gilt, wer den erzeugten Strom in ein Netz der allgemeinen Versorgung einspeist. Die Betreibereigenschaft ist dabei nicht an die Stellung des Eigentümers der Anlage gebunden.

Antragsberechtigt sind die Betreiber von Wärmenetzen.

Beschreibung

Das am 01.04.2002 in Kraft getretene Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, das die Erhaltung, den Ausbau und die Modernisierung der KWK-Anlagen fördert, ist zum 01.01.2009 novelliert worden. Neben der weiterlaufenden Förderung des eingespeisten KWK-Stroms wird jetzt auch der selbstgenutzte Strom sowie der Neu- und Ausbau von Wärmenetzen gefördert.

Gefördert werden folgende Maßnahmen:

1. KWK-Anlagen

Gefördert werden ausschließlich hocheffiziente KWK-Anlagen im Sinne der EU-KWK-Richtlinie 2004/8/EG v. 11.02.2004. Die Förderung gilt auch für Bestandsanlagen, die vor dem 01.04.2002 erstmals in Betrieb genommen wurden, dann aufwändig modernisiert und bis 2016 wieder in Dauerbetrieb genommen oder durch eine Neuanlage ersetzt werden. Wenn die KWK-Anlage vom BAFA zugelassen wurde, wird der KWK-Zuschlag vom Stromnetzbetreiber ausgezahlt. Für kleine KWK-Anlagen bis 2 MWel, die serienmäßig hergestellt wurden, müssen dem BAFA das Inbetriebnahmeprotokoll sowie Herstellerunterlagen mit den technischen Daten vorgelegt werden. Für größere oder nicht serienmäßig hergestellte Anlagen ist ein Sachverständigengutachten erforderlich.

Der Anlagenbetreiber erhält sowohl für den in das allgemeine Stromnetz ausgespeisten als auch für den selbstgenutzten Strom einen Zuschlag vom Stromnetzbetreiber.

Der Anlagenbetreiber erhält den KWK-Zuschlag nicht nur für den ausgespeisten KWK-Strom, sondern auch für den selbstgenutzten Strom.

Die Zuschlagssätze für Strom aus nach dem 01.01.2009 in Betrieb genommene KWK-Anlagen sind nach Leistungsanteilen gestaffelt:

- bis 50 kWel: 5,11 Cent/kWh

- bis 2 MWel: 2,1 Cent/kWh

- über 2 MWel: 1,5 Cent/kWh (z. B. bei einem 500 kWel-BHKW wird 10 % des Stroms mit 5,11 Cent/kWh vergütet und 90 % mit 2,1 Cent/kWh)

Zusätzlich zum KWK-Zuschlag zahlt der Stromnetzbetreiber den üblichen Preis für den aufgenommenen Strom. Für Anlagen bis 2 MWel ist dies der durchschnittliche Preis für Grundlaststrom an der Strombörse EEX in Leipzig im jeweils vorangegangenen Quartal (z.B. im 4. Quartal 2008 6,801 Cent/kWh).

2. Wärmenetze

Der Zuschuss für den Aus- und Neubau von Wärmenetzen beträgt je Millimeter Nenndurchmesser der neu verlegten Wärmeleitung 1,- EUR je Meter Trassenlänge. Die Trasse umfasst alle Komponenten, die zur Übertragung von Wärme vom Standort der einspeisenden KWK-Anlagen bis zum Verbraucherabgang notwendig sind. Bei der Trassenlänge kann nur die Vorlaufleitung angesetzt werden, die Rücklaufleitung nicht. Werden bei dem Innendurchmesser der Vorlaufleitung mehrere Dimensionen verwendet, muss eine gesonderte Auflistung nach Trassenabschnitten erfolgen.

Das Wärmenetz muss bis spätestens 31.12.2020 in Betrieb genommen werden. Bei der Inbetriebnahme muss die Wärmeeinspeisung aus KWK-Anlagen mehr als 50 % betragen. Beim prognostizierten Endausbau des Wärmenetzes muss die Wärmeeinspeisung bei mind. 60 % liegen.

Der Antrag auf Zulassung sollte bis spätestens 28.02. des Folgejahres gestellt werden.

Kumulation

KWK-Strom, der nach dem EEG vergütet wird, fällt nicht in den Anwendungsbereich dieses Gesetzes.

6.1.4 Gesetz zur Einführung einer Biokraftstoffquote durch Änderung des Bundesimmissionsschutzgesetzes und zur Änderung energie- und stromsteuerrechtlicher Vorschriften

Das Biokraftstoffquotengesetz (BioKraftQuG) ist ein Gesetz, dass die Beimischung von Biokraftstoffen in den in Deutschland verkauften Kraftstoff vorschreibt und regelt. Das Gesetz verpflichtet die Hersteller von Kraftstoffen dazu, eine jährlich um 0,25% ansteigende Menge an Biokraftstoffen in den Verkehr zu bringen. Dieser Anstieg wird bis 2015 fortdauern, und die Quote dann 8% betragen. Der wichtigste Biokraftstoff in Deutschland ist der Biodiesel, danach folgen noch Bioethanol und Pflanzenöle.

6.1.5 Energieeinsparverordnung

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt Bauherren Anforderungen für einen energieeffizienten Betrieb ihres Gebäudes vor. Durch die Verordnung wurden die Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung zusammengelegt.

Die EnEV schafft die Grundlagen für eine Energiebilanz von Gebäuden. Dabei wird nicht nur die Nutzenergie betrachtet, sondern durch auch die aufgewendete Primärenergie beim Ein-

bezug von Verlusten im Gebäude und bei der Anlieferung der Energie an die Gebäudegrenzen bewertet.

Die EnEV stellt dabei Anforderungen an einen Neubau in Form eines Vergleichs mit einem Referenzgebäude. Durch die ganzheitliche Betrachtung der Energie ist es möglich z.B. eine schlechte Heizungsanlage mit besonders guter Wärmedämmung (oder umgekehrt) auszugleichen.

6.1.6 Gesetz zum Ausbau von Energieleitungen

Das Energieleitungsausbaugesetz (EnLAG) sieht die Anpassung, Entwicklung und den Ausbau der Übertragungsnetze zur Einbindung von erneuerbaren Energien und den Anschluss neuer Kraftwerke vor. Weiterhin ist für Pilotstrecken in sensiblen Gebieten die Möglichkeit zur Installation von erdverlegten Kabeln anstelle von Freileitungen vorgesehen.

6.1.7 Verordnung zu Strom- und Gaszählern

Diese Verordnung schafft konkrete Voraussetzungen zur Einzuführung intelligenter Zähler, welche den Energieverbrauch transparenter gestalten und so dem Verbraucher Rückschlüsse auf seinen Verbrauch ermöglichen. Dadurch sollen zwecks Optimierungen energieineffektive Vorgänge herausgefiltert werden, um Strom einzusparen. Weiterhin geben die Zähler die Möglichkeit zur Nachtstromabnahme zur Kosteneinsparung. Für den Energiehersteller hätte diese Möglichkeit eine entlastende Vergleichmäßigung der Energieabnahme über den Tag zur Folge.

6.1.8 Heizkostenverordnung

Die Novellierung der Heizkostenverordnung von 2009 sieht einige Regelungen vor, die die Heizkostenabrechnung im Sinne des EEWärmeG regeln. Darunter die Verringerung des verbrauchsunabhängigen Teils der Heizkosten bei Häusern, die nicht der Wärmeschutzverordnung von 1994 entsprechen, auf 30% (bisher: 50%). Weiterhin entfällt die Heizkostenrechnung für Passivhäuser ganz. Außerdem besteht für den Mieter ein Kürzungsrecht, wenn der Vermieter Nachrüstungspflichten nicht nachkommt. Es wird auch ein Austausch veralteter Messgeräte angestrebt.

6.2 Förderprogramme

Im Wesentlichen gibt es zwei Möglichkeiten der Förderung: auf Bundesebene (durch die Ministerien) und auf europäischer Ebene (im 7. EU-Rahmenprogramm). Im Folgenden werden insbesondere die Förderungsprogramme auf Bundesebene wegen ihrer hohen Relevanz vorgestellt. Deshalb wird auf die EU-Förderungsmaßnahmen als letztes Kapitel dieses Abschnittes nur kurz eingegangen. Weitere Forschungsmittelquellen, bzw. Förderprogramme, wie solche aus Stiftungen und Fonds, sind für ein Projekt der angestrebten Größenordnung ausgeschlossen. Hier reicht im Allgemeinen der geförderte Umfang nicht aus.

Auf Bundesebene sind die Programme und Ausschreibungen im gewünschten Themengebiet hauptsächlich durch die unten aufgelisteten Ministerien zu erwarten.

Diese sind:

- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung)
- BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)
- BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung)
- BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie)

Die ausgeschriebenen Programme zielen meist auf sehr konkrete bzw. spezifische Themen ab. Beispielhaft sei hierfür der Forschungsschwerpunkt „Innovative Technologien für Ressourceneffizienz“ des BMBF genannt. Eines der Hauptziele dieses Schwerpunktes ist der Klimaschutz, dem durch die Entwicklung neuer Materialien näherzukommen ist. Diese hätten Auswirkung auch auf die städtische Energiebilanz.

Weitere aktuelle Förderschwerpunkte mit Auswirkungen auf den kommunalen Klimaschutz sind nachfolgend aufgelistet:

BMBF - Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft – MatRessource

BMU - Programm zur Förderung von Investitionen mit Demonstrationscharakter zur Verminderung von Umweltbelastungen - Pilotprojekte Inland (Zinszuschuss zur Verbilligung eines Kredites oder in begründeten Ausnahmefällen (zum Beispiel bei hohem Bundesinteresse) mit einem Investitionszuschuss)

BMVBS - Investitionspakt zur energetischen Sanierung von Schulen, Kindergärten, Sportstätten und sonstiger sozialer Infrastruktur in den Kommunen

Für diese Programme ist jedoch zu wiederholen, dass sie, wie derzeit alle ausgeschriebenen Programme der Bundesministerien, recht spezifisch sind und für die Beantragung eines interdisziplinären Großprojekts daher nicht geeignet sind. Eine Förderung über die Ministerien ist dennoch nicht ausgeschlossen. Gerade das BMVBS legt unter Umständen im kommenden Jahr einen passenden Förderschwerpunkt auf.

Eine weitere Möglichkeit entsprechender Förderungen stellt das Förderinfo-Portal des Bundes dar. Diese Förderberatung "Forschung und Innovation" des Bundes ist eine erste Anlaufstelle zur Forschungs- und Innovationsförderung. Hier können sich potentielle Antragsteller über die Forschungsstruktur des Bundes, die Förderprogramme und deren Ansprechpartner sowie über aktuelle Förderschwerpunkte und –Initiativen informieren. Die Internetseite des Portals lautet: http://www.foerderinfo.bund.de/

6.2.1 Förderungsmöglichkeiten des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

6.2.1.1 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung

Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich Tätige, kleine und mittlere gewerbliche Unternehmen nach Definition der EU sowie Unternehmen, an denen mehrheitlich Kommunen beteiligt sind und die gleichzeitig die KMU-Schwellenwerte unterschreiten. Kommunen und weitere juristische Personen des öffentlichen Rechts sowie gemeinnützige Investoren sind ebenfalls antragsberechtigt. Der Antragsteller ist entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem die Anlage errichtet werden soll.

Gefördert werden nur Anlagen, die bereits über ein Heizungssystem verfügen (Gebäudebestand) mit Ausnahme von Anlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme, die auch im Neubau förderfähig sind.

1. Basisförderung:

Gefördert wird die Erstinstallation von thermischen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung bis max. 40 m2 Bruttokollektorfläche sowie zur solaren Kälteerzeugung oder zur Bereitstellung von Prozesswärme.

Der Zuschuss beträgt 90,- EUR pro m2 installierter Bruttokollektorfläche.

Die Mindestkollektorfläche muss bei Flachkollektoren 9 m2 und bei Vakuumröhrenkollektoren 7 m2 betragen. Zusätzlich muss ein Pufferspeicher für die Heizung von 40 Litern je m2 bei Flach- und 50 Liter je m2 bei Vakuumröhrenkollektoren vorhanden sein.

Die Erweiterung bereits in Betrieb genommener Anlagen wird mit 45,- EUR je zusätzlich installiertem und angefangenem m2 Bruttokollektorfläche bezuschusst. Max. werden 40 m2 gefördert.

2. Bonusförderung:

Zusätzlich zur Basisförderung können ein oder mehrere Boni in Anspruch genommen werden.

- Regenerativer Kombinationsbonus

Wird zusätzlich eine Biomasseanlage oder eine Wärmepumpe eingesetzt, erhöht sich die Förderung um 500,- EUR. Die Anforderungen der Richtlinie an die Wärmepumpe und an die Biomasseanlage gemäß Marktanreizprogramm müssen eingehalten werden.

- Effizienzbonus

In Wohngebäuden, die wegen des geringen Primärenergiebedarfs eine geringe Kostenersparnis für fossile Brennstoffe bei der Nutzung erneuerbarer Energien erzielen, wird der Effizienzbonus gewährt. Effizient sind Wohngebäude, die die Höchstwerte für den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust HT' nach Anlage 1 Tabelle 2 der EnEV 2009 um mind. 30 % unterschreiten. Der Primärenergiebedarf muss durch einen Energiebedarfsausweis nachgewiesen werden. Für Nichtwohngebäude wird kein Effizienzbonus gewährt. Die Höhe der Förderung beträgt das 1,5-fache der Basisförderung.

- Solarpumpenbonus

Der Einsatz effizienter Solarkollektorpumpen wird mit 50,- EUR je Pumpe unabhängig von der Anzahl der Pumpen pro Anlage gefördert. Als besonders effiziente Solarkollektorpumpen gelten Pumpen in permanent erregter EC-Motorbauweise.

Eine Kumulation mit anderen öffentlichen Förderprogrammen ist zulässig, solange die Gesamtförderung nicht das Zweifache der Fördersumme bzw. die zulässigen max. Beihilfeintensitäten der EU übersteigt.

Ausgeschlossen ist die Kombination mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren", sofern es sich um eine Einzelmaßnahme handelt. Bei einer umfassenden Sanierung zum Effizienzhaus besteht kein Kumulierungsverbot.

Eine Förderung ist auch bei gleichzeitiger Inanspruchnahme von Fördermitteln für die Einzelmaßnahmen der KfW-Programme "Energieeffizient Sanieren - Kommunen" und "Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung" ausgeschlossen.

6.2.1.2 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Thermische Solaranlagen über 40 m2 Kollektorfläche für Ein- und Zweifamilienhäuser

Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich Tätige, kleine und mittlere gewerbliche Unternehmen nach Definition der EU sowie Unternehmen, an denen mehrheitlich Kommunen beteiligt sind und die gleichzeitig die KMU-Schwellenwerte unterschreiten. Kommunen und weitere juristische Personen des öffentlichen Rechts sowie gemeinnützige Investoren sind ebenfalls antragsberechtigt. Der Antragsteller ist entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem die Anlage errichtet werden soll.

1. Basisförderung:

Gefördert wird die Erstinstallation von thermischen Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung mit mehr als 40 m2 Bruttokollektorfläche in bestehenden Ein- und Zweifamilienhäusern (EFH/ZFH).

Der Zuschuss beträgt bei Bestandsbauten für die ersten 40 m2 90,- EUR pro angefangenem m2 installierter Bruttokollektorfläche. Für die darüber hinaus errichtete Bruttokollektorfläche wird ein Zuschuss von 45,- EUR/m2 gewährt.

Die Erweiterung bereits in Betrieb genommener Anlagen wird mit 45,- EUR je zusätzlich installiertem und angefangenem m2 Bruttokollektorfläche bezuschusst. Max. werden 40 m2 gefördert.

Zusätzlich muss ein Pufferspeicher von 100 Litern je m2 Bruttokollektorfläche vorhanden sein.

2. Bonusförderung:

Zusätzlich zur Basisförderung können ein oder mehrere Boni in Anspruch genommen werden.

- Kombinationsbonus

Wird zusätzlich eine Biomasseanlage oder eine Wärmepumpe eingesetzt, erhöht sich die Förderung um 500,- EUR. Die Anforderungen der Richtlinie an die Wärmepumpe und an die Biomasseanlage gemäß Marktanreizprogramm müssen eingehalten werden.

- Effizienzbonus

In Wohngebäuden, die wegen des geringen Primärenergiebedarfs eine geringe Kostenersparnis für fossile Brennstoffe bei der Nutzung erneuerbarer Energien erzielen, wird der Effizienzbonus gewährt. Effizient sind Wohngebäude, die die Höchstwerte für den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust HT' nach Anlage 1 Tabelle 2 der EnEV 2009 um mind. 30 % unterschreiten. Der Primärenergiebedarf muss durch einen Energiebedarfsausweis nachgewiesen werden. Für Nichtwohngebäude wird kein Effizienzbonus gewährt. Die Höhe der Förderung beträgt das 1,5-fache der Basisförderung.

- Solarpumpenbonus

Der Einsatz effizienter Solarkollektorpumpen wird mit 50,- EUR je Pumpe unabhängig von der Anzahl der Pumpen pro Anlage gefördert. Als besonders effiziente Solarkollektorpumpen gelten Pumpen in permanent erregter EC-Motorbauweise.

Eine Kumulation mit anderen öffentlichen Förderprogrammen ist zulässig, solange die Gesamtförderung nicht das Zweifache der Fördersumme bzw. die zulässigen max. Beihilfeintensitäten der EU übersteigt.

Ausgeschlossen ist die Kombination mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren", sofern es sich um eine Einzelmaßnahmenkombination handelt. Bei einer umfassenden Sanierung besteht kein Kumulierungsverbot.

Eine Förderung ist auch bei gleichzeitiger Inanspruchnahme von Fördermitteln für die Einzelmaßnahmen der KfW-Programme "Energieeffizient Sanieren - Kommunen" und "Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung" ausgeschlossen.

Regenerativer Kombinationsbonus und Effizienzbonus sind nicht miteinander kumulierbar.

6.2.1.3 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Pelletheizungen

Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich Tätige, kleine und mittlere gewerbliche Unternehmen nach Definition der EU sowie Unternehmen, an denen mehrheitlich Kommunen beteiligt sind und die gleichzeitig die KMU-Schwellenwerte unterschreiten. Kommunen und weitere juristische Personen des öffentlichen Rechts sowie gemeinnützige Investoren sind ebenfalls antragsberechtigt. Der Antragsteller ist entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem die Anlage errichtet werden soll.

Gefördert werden folgende Maßnahmen im Gebäudebestand. Neubauten werden nicht gefördert.

1. Basisförderung:

Gefördert werden automatisch beschickte Anlagen mit Leistungs- und Feuerungsregelung sowie automatischer Zündung zur Verfeuerung fester Biomasse zur Wärmeerzeugung mit einer installierten Nennwärmeleistung von 5 kW bis 100 kW (auch Kombinationskessel) im Gebäudebestand. Der Wirkungsgrad des Kessels muss bei 89 % liegen.

Der Zuschuss beträgt 36,- EUR je kW errichtete installierte Nennwärmeleistung. Der Zuschuss beträgt mind. bei:

- Pelletöfen mit Wassertasche: 1.000,- EUR
- Pelletkesseln: 2.000,- EUR
- Pelletkesseln mit neuem Pufferspeicher von mind. 30 l pro kW: 2.500,- EUR

2. Bonusförderung:

Zusätzlich zur Basisförderung können ein oder mehrere Boni in Anspruch genommen werden.

- Regenerativer Kombinationsbonus

Wird zusätzlich eine Solarkollektoranlage eingesetzt, erhöht sich die Förderung um 500,- EUR. Für beide Maßnahmen ist ein separater Antrag zu stellen. Die Anforderungen der Richtlinie zum Marktanreizprogramm müssen eingehalten werden. Dieser Bonus ist nicht mit dem Effizienzbonus kombinierbar.

- Effizienzbonus

In Wohngebäuden, die wegen des geringen Primärenergiebedarfs eine geringe Kostenersparnis für fossile Brennstoffe bei der Nutzung erneuerbarer Energien erzielen, wird der Effizienzbonus gewährt. Effizient sind Wohngebäude, die die Höchstwerte für den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust HT' nach Anlage 1 Tabelle 2 der EnEV 2009 um mind. 30 % unterschreiten. Der Primärenergie-

bedarf muss durch einen Energiebedarfsausweis nachgewiesen werden. Für Nichtwohngebäude wird kein Effizienzbonus gewährt. Die Höhe der Förderung beträgt das 1,5-fache der Basisförderung.

3. Innovationsförderung:

Die Errichtung oder Nachrüstung von Anlagenteilen zur Emissionsminderung oder Effizienzsteigerung an automatisch beschickten Anlagen bis 100 kW wird bezuschusst. Gefördert werden folgende Anlagen:

- Anlagen oder Einrichtungen, bei denen bestimmungsgemäß eine Nutzung der bei der Abgaskondensation anfallenden Wärme erfolgt (Brennwertnutzung). Förderfähig sind entweder sekundäre Bauteile, die im Abgasweg zur Steigerung des Wärmeertrages durch Abgaskondensation eingebaut werden oder Feuerungsanlagen, bei denen ein kondensierender Abgaswärmetauscher oder -wäscher bereits integriert ist.

- Anlagen zur sekundären Abscheidung der im Abgas enthaltenen Partikel. Förderfähig sind elektronische Abscheider, filternde Abscheider (z. B. Gewebefilter, keramische Filter) sowie Abscheider als Abgaswäscher, ohne Nutzungsmöglichkeit des durch Abgaskondensation erzielbaren Wärmeertrags.

Die Förderung beträgt pauschal 500,- EUR.

Nach den aktuell gültigen Förderrichtlinien sollten ab dem 1. Januar 2011 die Umwälzpumpen in der Heizungsanlage hohe Effizienz-Anforderungen (entsprechend der Effizienzklasse A) erfüllen. Aufgrund des Erlasses des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom 23.12.2010 wird diese Regelung vorerst ausgesetzt. Die erhöhten Anforderungen bzgl. der Umwälzpumpen sind daher bis auf Weiteres nicht Fördervoraussetzung.

Eine Kumulation mit anderen öffentlichen Förderprogrammen ist zulässig, solange die Gesamtförderung nicht das Zweifache der Fördersumme bzw. die zulässigen max. Beihilfeintensitäten der EU übersteigt. Ausgeschlossen ist die Kombination mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren", sofern es sich um eine Einzelmaßnahme handelt. Bei einer umfassenden Sanierung zum Effizienzhaus besteht kein Kumulierungsverbot.

Eine Förderung ist auch bei gleichzeitiger Inanspruchnahme von Fördermitteln für die Einzelmaßnahmen der KfW-Programme "Energieeffizient Sanieren - Kommunen" und "Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung" ausgeschlossen.

Kombinationsbonus und Effizienzbonus sind nicht miteinander kumulierbar.

6.2.1.4 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Innovationsförderung thermische Solaranlagen

Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich Tätige, kleine und mittlere gewerbliche Unternehmen nach Definition der EU sowie Unternehmen, an denen mehrheitlich Kommu-

nen beteiligt sind und die gleichzeitig die KMU-Schwellenwerte unterschreiten. Kommunen und weitere juristische Personen des öffentlichen Rechts sowie gemeinnützige Investoren sind ebenfalls antragsberechtigt. Der Antragsteller ist entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem die Anlage errichtet werden soll.

Gefördert werden besonders innovative Anwendungen wie folgt:

- Thermische Solaranlagen mit einer Brutttokollektorfläche zwischen 20 m2 und 40 m2 zur Warmwasserbereitung oder Heizungsunterstützung für Wohngebäude mit mind. 3 Wohneinheiten bzw. Nichtwohngebäude mit mind. 500 m2 Nutzfläche werden gefördert. Der Zuschuss beträgt 180,- EUR pro angefangenem m2 Bruttokollektorfläche.

- Thermische Solaranlagen zur Bereitstellung von Prozesswärme und zur solaren Kälteerzeugung werden ebenfalls gefördert. Der Zuschuss beträgt 180,- EUR pro angefangenem m2 Bruttokollektorfläche.

Eine Kumulation mit anderen öffentlichen Förderprogrammen ist zulässig, solange die Gesamtförderung nicht das Zweifache der Fördersumme bzw. die zulässigen max. Beihilfeintensitäten der EU übersteigt.

Ausgeschlossen ist die Kombination mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren", sofern es sich um eine Einzelmaßnahmenkombination handelt. Bei einer umfassenden Sanierung besteht kein Kumulierungsverbot.

Eine Förderung ist auch bei gleichzeitiger Inanspruchnahme von Fördermitteln für die Einzelmaßnahmen der KfW-Programme "Energieeffizient Sanieren - Kommunen" und "Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung" ausgeschlossen.

Die Innovationsförderung ist nicht mit der Basisförderung kombinierbar.

6.2.1.5 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien - Holzhackschnitzelheizung

Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich Tätige, kleine und mittlere gewerbliche Unternehmen nach Definition der EU sowie Unternehmen, an denen mehrheitlich Kommunen beteiligt sind und die gleichzeitig die KMU-Schwellenwerte unterschreiten. Kommunen und weitere juristische Personen des öffentlichen Rechts sowie gemeinnützige Investoren sind ebenfalls antragsberechtigt. Der Antragsteller ist entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem die Anlage errichtet werden soll.

Gefördert werden folgende Maßnahmen im Gebäudebestand. Neubauten werden nicht gefördert.

1. Basisförderung:

Gefördert werden im Gebäudebestand automatisch beschickte Anlagen mit Leistungs- und Feuerungsregelung sowie automatischer Zündung zur Verfeuerung von Holzhackschnitzeln

zur Wärmeerzeugung mit einer installierten Nennwärmeleistung von 5 kW bis 100 kW. Förderfähig sind Anlagen ab einem Pufferspeichervolumen von 30 l/kW.

Der Zuschuss beträgt pauschal 1.000,- EUR je Anlage.

2. Bonusförderung:

Zusätzlich zur Basisförderung können ein oder mehrere Boni in Anspruch genommen werden.

- Kombinationsbonus

Wird zusätzlich eine Solarkollektoranlage eingesetzt, erhöht sich die Förderung um 500,- EUR. Für beide Maßnahmen ist ein separater Antrag zu stellen. Die Anforderungen der Richtlinie zum Marktanreizprogramm müssen eingehalten werden. Dieser Bonus ist nicht mit dem Effizienzbonus kombinierbar.

- Effizienzbonus

In Wohngebäuden, die wegen des geringen Primärenergiebedarfs eine geringe Kostenersparnis für fossile Brennstoffe bei der Nutzung erneuerbarer Energien erzielen, wird der Effizienzbonus gewährt. Effizient sind Wohngebäude, die die Höchstwerte für den spezifischen, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogenen Transmissionswärmeverlust HT' nach Anlage 1 Tabelle 2 der EnEV 2009 um mind. 30 % unterschreiten. Der Primärenergiebedarf muss durch einen Energiebedarfsausweis nachgewiesen werden. Für Nichtwohngebäude wird kein Effizienzbonus gewährt. Die Höhe der Förderung beträgt das 1,5-fache der Basisförderung.

3. Innovationsförderung:

Die Errichtung oder Nachrüstung von Anlagenteilen zur Emissionsminderung oder Effizienzsteigerung an automatisch beschickten Anlagen bis 100 kW wird bezuschusst. Gefördert werden folgende Anlagen:

- Anlagen oder Einrichtungen, bei denen bestimmungsgemäß eine Nutzung der bei der Abgaskondensation anfallenden Wärme erfolgt (Brennwertnutzung). Förderfähig sind entweder sekundäre Bauteile, die im Abgasweg zur Steigerung des Wärmeertrages durch Abgaskondensation eingebaut werden oder Feuerungsanlagen, bei denen ein kondensierender Abgaswärmetauscher oder -wäscher bereits integriert ist.

- Anlagen zur sekundären Abscheidung der im Abgas enthaltenen Partikel. Förderfähig sind elektronische Abscheider, filternde Abscheider (z. B. Gewebefilter, keramische Filter) sowie Abscheider als Abgaswäscher, ohne Nutzungsmöglichkeit des durch Abgaskondensation erzielbaren Wärmeertrags.

Die förderfähigen Abscheider müssen die Staubemissionen um mind. 50 % mindern.

Die Förderung beträgt pauschal 500,- EUR.

Nach den aktuell gültigen Förderrichtlinien sollten ab dem 1. Januar 2011 die Umwälzpumpen in der Heizungsanlage hohe Effizienz-Anforderungen (entsprechend der Effizienzklasse A) erfüllen. Aufgrund des Erlasses des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom 23.12.2010 wird diese Regelung vorerst ausgesetzt. Die erhöhten Anforderungen bzgl. der Umwälzpumpen sind daher bis auf Weiteres nicht Fördervoraussetzung.

Eine Kumulation mit anderen öffentlichen Förderprogrammen ist zulässig, solange die Gesamtförderung nicht das Zweifache der Fördersumme bzw. die zulässigen max. Beihilfeintensitäten der EU übersteigt. Ausgeschlossen ist die Kombination mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren", sofern es sich um eine Einzelmaßnahme handelt. Bei einer umfassenden Sanierung zum Effizienzhaus besteht kein Kumulierungsverbot.

Eine Förderung ist auch bei gleichzeitiger Inanspruchnahme von Fördermitteln für die Einzelmaßnahmen der KfW-Programme "Energieeffizient Sanieren - Kommunen" und "Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung" ausgeschlossen.

Kombinationsbonus und Effizienzbonus sind nicht miteinander kumulierbar.

Der Kombinationsbonus ist nicht mit dem Effizienzbonus Solar und dem Effizienzbonus Biomasse kumulierbar.

6.2.1.6 Marktanreizprogramm zur Förderung erneuerbarer Energien – Wärmepumpen

Aktueller Hinweis: Nach den aktuell gültigen Förderrichtlinien sollten ab dem 1. Januar 2011 die Umwälzpumpen in der Heizungsanlage hohe Effizienz-Anforderungen (entsprechend der Effizienzklasse A) erfüllen. Aufgrund der Weisung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 23.12.2010 wird diese Regelung vorerst ausgesetzt. Die erhöhten Anforderungen bzgl. der Umwälzpumpen sind daher bis auf Weiteres nicht Fördervoraussetzung.

Antragsberechtigt sind Privatpersonen, freiberuflich Tätige, kleine und mittlere gewerbliche Unternehmen nach Definition der EU sowie Unternehmen, an denen mehrheitlich Kommunen beteiligt sind und die gleichzeitig die KMU-Schwellenwerte unterschreiten. Kommunen und weitere juristische Personen des öffentlichen Rechts sowie gemeinnützige Investoren sind ebenfalls antragsberechtigt. Der Antragsteller ist entweder Eigentümer, Pächter oder Mieter des Grundstücks, auf dem die Anlage errichtet werden soll.

Gefördert werden folgende Maßnahmen im Gebäudebestand. Neubauten werden nicht gefördert.

1. Basisförderung:

- Gasbetriebene Wärmepumpen

Gefördert werden ausschließlich effiziente Wärmepumpen, die sowohl die Bereitstellung des Heizwärmebedarfs in Wohngebäuden als auch die Warmwasserbereitung übernehmen.

Der Zuschuss beträgt 20,- EUR pro m2 Wohnfläche.

Der max. Zuschuss beträgt bei

- Einfamilienhaus: 2.400,- EUR
- Zweifamilienhaus: 3.600,- EUR
- Mehrfamilienhaus (MFH) mit 3 Wohneinheiten (WE): 4.800,- EUR
- MFH mit 4 WE: 5.400,- EUR
- MFH mit 5 WE: 6.000,- EUR

Für jede weitere WE erhöht sich der max. Zuschuss um 300,- EUR.

In Nichtwohngebäuden werden 20,- EUR pro m2 beheizter Nutzfläche bezuschusst, max. 6.000,- EUR pro Gebäude.

- Elektrisch betriebene Luft/Wasser-Wärmepumpen

Gefördert werden ausschließlich effiziente Wärmepumpen im Gebäudebestand, die sowohl die Bereitstellung des Heizwärmebedarfs in Wohngebäuden als auch die Warmwasserbereitung übernehmen. Die Höhe der Förderung beträgt max. 50% der Höchstförderbeträge der Basisförderung gasbetriebener Wärmepumpen.

2. Bonusförderung: Kombinationsbonus:

Zusätzlich zur Basisförderung kann ein Bonus in Anspruch genommen werden.

Wird zusätzlich eine Solarkollektoranlage eingesetzt, erhöht sich die Förderung um 500,- EUR. Die Anforderungen der Richtlinie zum Marktanreizprogramm müssen eingehalten werden.

Nach den aktuell gültigen Förderrichtlinien sollten ab dem 1. Januar 2011 die Umwälzpumpen in der Heizungsanlage hohe Effizienz-Anforderungen (entsprechend der Effizienzklasse A) erfüllen. Aufgrund des Erlasses des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) vom 23.12.2010 wird diese Regelung vorerst ausgesetzt. Die erhöhten Anforderungen bzgl. der Umwälzpumpen sind daher bis auf Weiteres nicht Fördervoraussetzung.

Eine Kumulation mit anderen öffentlichen Förderprogrammen ist zulässig, solange die Gesamtförderung nicht das Zweifache der Fördersumme bzw. die zulässigen max. Beihilfeintensitäten der EU übersteigt.

Ausgeschlossen ist die Kombination mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren", sofern es sich um eine Einzelmaßnahmenkombination handelt. Bei einer umfassenden Sanierung besteht kein Kumulierungsverbot.

Eine Förderung ist auch bei gleichzeitiger Inanspruchnahme von Fördermitteln für die Einzelmaßnahmen der KfW-Programme "Energieeffizient Sanieren - Kommunen" und "Sozial Investieren - Energetische Gebäudesanierung" ausgeschlossen.

6.2.2 KfW-Förderprogramme

6.2.2.1 Energieeffizient Bauen

Antragsberechtigt sind Bauherren oder Erwerber von neuen Wohngebäuden zur Selbstnutzung oder Vermietung (z. B. Privatpersonen, Wohnungsunternehmen, Wohnungsgenossenschaften, Gemeinden, Kreise, Gemeindeverbände sowie sonstige Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts).

Gefördert wird die Errichtung, Herstellung oder der Ersterwerb von Wohngebäuden einschließlich Wohn-, Alten- und Pflegeheimen. Als Herstellung gilt auch die Erweiterung bestehender Gebäude durch abgeschlossene Wohneinheiten sowie die Umwidmung bisher nicht wohnwirtschaftlich genutzter Gebäude bei anschließender Nutzung als Wohngebäude.

1. KfW-Effizienzhaus 40

KfW-Effizienzhäuser 40 dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 40 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 55 % der errechneten Werte für das Referenzgebäude nach EnEV 2009 nicht überschreiten.

2. KfW-Effizienzhaus 55 / Passivhaus

KfW-Effizienzhäuser 55 dürfen den Jahres-Primär-energiebedarf (Qp) von 55 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 70 % der errechneten Werte für das Referenzgebäude nach Tabelle 1 der Anlage 1 der EnEV 2009 nicht überschreiten.

Voraussetzung für eine Förderung ist, dass der Jahres-Primärenergiebedarf Qp max. 40 kWh je m2 Gebäudenutzfläche AN und der Jahres-Heizwärmebedarf Qh nach PHPP max. 15 kWh je m2 Wohnfläche nicht übersteigt.

3. KfW-Effizienzhaus 70

KfW-Effizienzhäuser 70 dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 70 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 85 % der errechneten Werte für das Referenzgebäude nach Tabelle 1 der Anlage 1 der EnEV 2009 nicht überschreiten.

Konditionen

Der Zinssatz ist fest für die ersten 10 Jahre der Kreditlaufzeit. Finanziert werden max. 100 % der Bauwerkskosten (Baukosten ohne Grundstück), max. 50.000,- EUR pro Wohneinheit.

Eine Kumulation mit andren Mittel ist möglich, sofern die Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigt.

6.2.2.2 Vor-Ort-Beratung

Beratungsempfänger sind natürliche oder juristische Personen, rechtlich selbstständige Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft einschließlich der Wohnungswirtschaft und des Agrarbereichs, alle Einrichtungen, die gemeinnützige, mildtätige oder kirchliche Zwecke verfolgen. Mieter oder Pächter eines Gebäudes können ebenfalls eine Beratung in Anspruch nehmen, wenn sie die schriftliche Erlaubnis des Eigentümers erhalten haben.

Gefördert wird die Vor-Ort-Beratung für Gebäude, die sich im Bundesgebiet befinden, für die der Bauantrag bis zum 31.12.1994 gestellt wurde und deren Gebäudehülle nicht aufgrund späterer Baugenehmigungen zu mehr als 50 % verändert wurde. Die Gebäude müssen ursprünglich als Wohngebäude geplant und errichtet worden sein oder die derzeitige Wohnfläche muss mehr als 50 % betragen. Die Vor-Ort-Beratung bezieht sich umfassend auf den baulichen Wärmeschutz sowie die Wärmeerzeugung und -verteilung unter Einschluss der Warmwasserbereitung und der Nutzung erneuerbarer Energien. Die Beratung wird durch einen Ingenieur, Architekten oder von Absolventen geeigneter Ausbildungskurse durchgeführt. Die Beratung erfolgt durch die Übergabe und Erläuterung eines schriftlichen Beratungsberichtes.

Der Zuschuss beträgt für:

- Ein-/Zweifamilienhäuser: 300,- EUR
- Gebäude mit mind. 3 Wohneinheiten: 360,- EUR

Darüber hinaus werden für die Integration der Ergebnisse in einem Vor-Ort-Beratungsbericht folgende Boni gewährt:

- für ergänzende Hinweise zur Stromeinsparung: 50,- EUR
- thermografische Untersuchungen: 25,- EUR pro Thermogramm, max. 100,- EUR
- Luftdichtigkeitsprüfung nach DIN 13829 (Blower-Door-Test): 100,- EUR

Die Kumulation einzelner Boni ist möglich mit Ausnahme von thermografischen Untersuchungen und Luftdichtigkeitsprüfungen.

Der gesamte Zuschuss inklusive aller Boni beträgt max. 50 % der gesamten Beratungskosten.

Eine Kumulation mit anderen öffentlichen Mitteln ist nicht möglich.

6.2.2.3 Energieeffizient Sanieren - Kredit

Antragsberechtigt sind Träger von Investitionsmaßnahmen an selbstgenutzten und vermieteten Wohngebäuden sowie Erwerber von neu sanierten Wohngebäuden/Eigentumswohnungen (z. B. Privatpersonen, Wohnungsunternehmen oder -genossenschaften, Gemeinden, Kreise, Gemeindeverbände sowie sonstige Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts). Eine Förderung von Contracting-Vorhaben ist möglich.

Gefördert wird die energetische Sanierung von Wohngebäuden einschließlich Wohn-, Alten- und Pflegeheimen, für die vor dem 01.01.1995 der Bauantrag gestellt oder Bauanzeige erstattet wurde.

Effizienzhäuser

- KfW-Effizienzhaus 55

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 55 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 70 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 70

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 70 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 85 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 85

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 85 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 100 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 100

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 100 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 115 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 115

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 115 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 130 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

Ein Tilgungszuschuss wird gewährt, wenn das erreichte Niveau des angestrebten KfW-Effizienzhaus-Standards sowie die fachgerechte Durchführung der Maßnahmen durch einen Sachverständigen nachgewiesen wird. Die Höhe des Tilgungszuschusses staffelt sich wie folgt:

- KfW-Effizienzhaus 55: 12,5 % des Zusagebetrages

- KfW-Effizienzhaus 70: 10 % des Zusagebetrages

- KfW-Effizienzhaus 85: 7,5 % des Zusagebetrages
- KfW-Effizienzhaus 100: 5 % des Zusagebetrages
- KfW-Effizienzhaus 115: 2,5 % des Zusagebetrages

Die Bestätigung ist zusätzlich vom Sachverständigen zu unterschreiben.

Einzelmaßnahmen

Förderung von Einzelmaßnahmen bzw. freie Einzelmaßnahmenkombinationen:

- Wärmedämmung von Wänden
- Wärmedämmung von Dachflächen
- Wärmedämmung von Geschossdecken
- Erneuerung der Fenster und Außentüren
- Erneuerung/Einbau einer Lüftungsanlage
- Erneuerung der Heizungsanlage einschließlich Einbau einer Umwälzpumpe der Energieeffizienzklasse A und ggf. einer hocheffizienten Zirkulationspumpe
- BHKW
- Hydraulischer Abgleich
- Wärmepumpe

Finanziert werden max. 100 % der förderfähigen Investitionskosten. Das Darlehen beträgt max. 75.000,- EUR pro Wohneinheit bei der Sanierung zum KfW-Effizienzhaus bzw. 50.000,- EUR bei Einzelmaßnahmen.

Eine Kumulation mit anderen Mittel ist möglich, sofern die Summe aus Krediten, Zuschüssen und Zulagen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigt.

Die Kombination mit der Zuschussvariante des Programms Energieeffizient Sanieren ist nicht möglich.

Die Kombination mit "Energieeffizient Sanieren - Sonderförderung" ist möglich.

Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien werden im Rahmen des BAFA-Programms "Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt" (Marktanreizprogramm) gefördert. Im Zusammenhang mit der Förderung zum Effizienzhaus ist eine Kumulation möglich. Einzelmaßnahmen können nicht mit dem Marktanreizprogramm kumuliert werden.

6.2.2.4 Energieeffizient Sanieren - Zuschuss

Antragsberechtigt sind Eigentümer von selbstgenutzten oder vermieteten Ein- und Zweifamilienhäusern, Eigentümer von selbstgenutzten oder vermieteten Eigentumswohnungen in Wohneigentumsgemeinschaften sowie Wohneigentümergemeinschaften mit natürlichen Personen als Eigentümer. Natürliche Personen als Erwerber von neu sanierten Ein- und Zweifamilienhäusern und Eigentumswohnungen sind ebenfalls antragsberechtigt.

Gefördert wird die energetische Sanierung von Wohngebäuden einschließlich Wohn-, Alten- und Pflegeheimen, für die vor dem 01.01.1995 der Bauantrag gestellt oder Bauanzeige erstattet wurde.

Effizienzhäuser

- KfW-Effizienzhaus 55

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 55 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 70 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 70

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 70 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 85 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 85

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 85 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 100 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 100

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 100 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 115 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 115

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 115 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 130 % der Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

Für ein KfW-Effizienzhaus 70, 85, 100 und 115 wird eine Baubegleitung durch einen Sachverständigen empfohlen. Für ein KfW-Effizienzhaus 55 sind Planung und Baubegleitung durch einen Sachverständigen verbindlich nachzuweisen.

Einzelmaßnahmen

Förderung von Einzelmaßnahmen bzw. freie Einzelmaßnahmenkombinationen:

- Wärmedämmung von Wänden

- Wärmedämmung von Dachflächen
- Wärmedämmung von Geschossdecken
- Erneuerung der Fenster und Außentüren
- Erneuerung/Einbau einer Lüftungsanlage
- Erneuerung der Heizungsanlage einschließlich Einbau einer Umwälzpumpe der Energieeffizienzklasse A und ggf. einer hocheffizienten Zirkulationspumpe
- BHKW
- Hydraulischer Abgleich
- Wärmepumpe

Es sind die technischen Mindestanforderungen der KfW einzuhalten. Der Zuschuss für Einzelmaßnahmen bzw. freie Einzelmaßahmenkombinationen beträgt 5 % der förderfähigen Investitionskosten, max. 2.500,- EUR pro WE. Die fachgerechte Durchführung der Maßnahme ist durch einen Sachverständigen zu bestätigen. Ein Zuschuss für eine qualifizierte Baubegleitung ist durch das KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren - Sonderförderung" möglich.

Die Inanspruchnahme von Krediten aus anderen Förderprogrammen von Bund und Ländern zur ergänzenden Finanzierung einer bereits mit dem Zuschuss geförderten Maßnahme ist nicht möglich.

Eine Kombination der Zuschüsse aus diesem Programm mit Zuschüssen Dritter ist möglich, sofern die Summe der Zuschüsse und Zulagen Dritter 10 % der förderfähigen Kosten nicht übersteigt. Die Kombination der Zuschüsse mit einem KfW-Förderkredit im Rahmen des Programms "Energieeffizient Sanieren" ist nicht möglich.

Die Kombination mit dem KfW-Programm "Energieeffizient Sanieren - Sonderförderung" ist möglich.

Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien werden im Rahmen des BAFA-Programms "Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt" (Marktanreizprogramm) gefördert. Im Zusammenhang mit der Förderung zum Effizienzhaus ist eine Kumulation möglich. Einzelmaßnahmen können nicht mit dem Marktanreizprogramm kumuliert werden.

6.2.2.5 Energieeffizient Sanieren - Sonderförderung

Antragsberechtigt sind Eigentümer von selbst genutzten und vermieteten Wohngebäuden, z. B. Privatpersonen, Wohnungsunternehmen, Wohnungsgenossenschaften, Gemeinden, Kreise, Gemeindeverbände sowie sonstige Körperschaften des öffentlichen Rechts.

Gefördert wird die qualifizierte Baubegleitung durch einen externen Sachverständigen während der Sanierungsphase. Voraussetzung für den Zuschuss ist eine Förderung der Sanierungsmaßnahme im Programm "Energieeffizient Sanieren".

Im Rahmen einer fachgerechten Baubegleitung muss der Sachverständige mind. folgende Leistungen erbringen:

- Detailplanungen, sofern anlagentechnische Komponenten (z. B. Lüftungs- oder Heizungsanlagen) eingebaut bzw. erneuert werden
- Unterstützung bei der Angebotsauswertung
- mind. eine Baustellenbegehung vor Ausführung der Putzarbeiten bzw. vor Verschließen eventueller Bekleidungen
- Kontrolle und Begleitung bei der Übergabe der Haustechnik, gegebenenfalls mit ergänzender technischer Einweisung in die Haustechnik sowie gegebenenfalls Prüfung des Nachweises des hydraulischen Abgleiches

Der Zuschuss beträgt 50 % der förderfähigen Kosten, max. 2.000,- EUR pro Antragsteller und Investitionsvorhaben.

Aufwendungen im Rahmen des Förderprogramms "Vor-Ort-Beratung" können nicht in die förderfähigen Kosten für die Baubegleitung einbezogen werden. Entstehen im Zusammenhang mit der Investitionsmaßnahme Aufwendungen für die Baubegleitung, die die max. förderfähigen Kosten von 4.000,- EUR pro Antragsteller und Investitionsvorhaben übersteigen, so können diese die Obergrenze übersteigenden Aufwendungen im Rahmen der Kredit- oder Zuschussvariante des Programms "Energieeffizient Sanieren" mitfinanziert werden.

6.2.2.6 Altersgerecht Umbauen - Zuschuss

Antragsberechtigt sind Eigentümer von selbstgenutzten und vermieteten Ein- und Zweifamilienhäusern sowie Ersterwerber von neu altersgerecht sanierten Ein- und Zweifamilienhäusern sowie Eigentumswohnungen. Mieter benötigen die Zustimmung des Vermieters (bei Maßnahmen nach §554 a BGB) sowie Wohnungseigentümergemeinschaften.

Gefördert werden folgende Maßnahmen zur Reduzierung von Barriere im Wohnungsbestand:

1. Erschließungssysteme

Folgende Bausteine werden bezuschusst:

- Wege zu Gebäuden
- Stellplätze
- Gebäudezugang

- Wohnungszugang
- Aufzugsanlagen/mechanische Fördersysteme
- Treppenanlagen
- Rampen

2. Maßnahmen in Wohnungen

Folgende Bausteine werden bezuschusst:

- Flure innerhalb von Wohnungen
- Anpassung der Raumgeometrie von Wohn- und Schlafräumen
- Türen
- Fenster
- Erschließung bestehender Freisitze
- Bewegungsflächen

3. Sanitärräume

- Bewegungsflächen bzw. Raumgeometrie
- Sanitärobjekte
- Sicherheitssysteme und Vorkehrungen

4. Sonstiges

- Bedienelemente
- Gemeinschaftsräume

Die Maßnahmen sind einzeln oder in Kombination förderfähig. Der Zuschuss beträgt 5% der förderfähigen Investitionskosten, max. 2.500,- EUR. Die Investitionssumme für das Vorhaben muss mind. 6.000,- EUR betragen.

Die Kombination mit Zuschüssen Dritter ist möglich, sofern die Summe aus Zuschüssen und Zulagen Dritter 10 % der förderfähigen Kosten nicht übersteigt. Bei Überschreitung dieser Grenze wird der Zuschussbetrag des KfW-Programms entsprechend anteilig gekürzt.

Die Kombination der Zuschüsse mit einem Förderkredit im Rahmen des Programms "Altersgerecht Umbauen - Kredit" (Programmnummer 155) für das selbe Verhaben ist nicht möglich.

6.2.2.7 Altersgerecht Umbauen - Kredit

Antragsberechtigt sind Träger von Investitionsmaßnahmen an selbstgenutzten und vermieteten Wohngebäuden, z. B. Privatpersonen (Eigentümer, Mieter mit Zustimmung des Vermieters auch bei Maßnahmen nach § 554a BGB), Wohnungsunternehmen, Wohnungsgenossenschaften, Gemeinden, Kreise, Gemeindeverbände sowie sonstige Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts).

Gefördert werden folgende Maßnahmen zur Reduzierung von Barrieren im Wohnungsbestand.

1. Erschließungssysteme

Folgende Bausteine werden bezuschusst:

- Wege zu Gebäuden
- Stellplätze
- Gebäudezugang
- Wohnungszugang
- Aufzugsanlagen/mechanische Fördersysteme
- Treppenanlagen
- Rampen

2. Maßnahmen in Wohnungen

Folgende Bausteine werden bezuschusst:

- Flure innerhalb von Wohnungen
- Anpassung der Raumgeometrie von Wohn- und Schlafräumen
- Türen
- Fenster
- Erschließung bestehender Freisitze
- Bewegungsflächen

3. Sanitärräume

- Bewegungsflächen bzw. Raumgeometrie

- Sanitärobjekte
- Sicherheitssysteme und Vorkehrungen

4. Sonstiges

- Bedienelemente
- Gemeinschaftsräume

Die Maßnahmen sind einzeln oder in Kombination förderfähig. Finanziert werden bis zu 100 % der förderfähigen Kosten, max. 50.000,- EUR pro WE. Die Auszahlung beträgt 100 %.

6.2.2.8 Wohnraum Modernisieren

Antragsberechtigt sind Träger von Investitionsmaßnahmen an selbstgenutzten und vermieteten Wohngebäuden sowie Ersterwerber von neu sanierten Wohngebäuden, z. B. Privatpersonen (Eigentümer, Mieter mit Zustimmung des Vermieters auch bei Maßnahmen nach § 554a BGB), Wohnungsunternehmen, Wohnungsgenossenschaften, Gemeinden, Kreise, Gemeindeverbände sowie sonstige Körperschaften und Anstalten des öffentlichen Rechts, Contracting-Geber ("Investor").

Gefördert werden folgende Maßnahmen:

- Modernisierung und Instandsetzung, z. B. Wohnungszuschnitt, Sanitärinstallation, Wasserversorgung, Fußböden, bauliche Maßnahmen nach einem Teilrückbau (z. B. Dachaufbau)
- Erweiterung durch Aufstockung oder Anbau, z. B. von Balkonen/Loggien
- Barrierereduzierung, z. B. Nachrüstung von Aufzügen, Wohnungszuschnitt
- Verbesserung der Außenanlagen bei Mehrfamilienhäusern, z. B. Schaffung von Grünanlagen, gebäudebezogene Außenanlagen, Anlage von Spielplätzen
- Dachbegrünung
- Regenwasseranlagen
- Verbesserung der Energieeffizienz, z. B. Fenster, Innen- oder Außendämmung.
- Erneuerung von Zentralheizungsanlagen oder deren Komponenten einschließlich unmittelbar dadurch veranlassten Maßnahmen. Beim Einbau der Heizung ist stets ein hydraulischer Abgleich vorzunehmen
- Thermische Solaranlagen
- Lüftungsanlagen

- Windkraftanlagen, die als Inselsystem zur Energieversorgung des eigenen Wohnhauses genutzt und ohne Einspeisung ins Netz betrieben werden

Die Maßnahmen sind einzeln oder in Kombination förderfähig. Finanziert werden bis zu 100 % der förderfähigen Kosten, max. 100.000,- EUR pro Wohneinheit. Die Auszahlung beträgt 96 % des Zusagebetrages.

Eine Kumulation mit anderen Mitteln ist möglich, sofern die Summe der Förderungen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigt

6.2.2.9 KfW-Programm Erneuerbare Energien - "Standard"

Antragsberechtigt sind in- und ausländische Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft, die sich mehrheitlich in Privatbesitz befinden, Unternehmen, an denen Kommunen, Kirchen oder karitative Organisationen beteiligt sind, freiberuflich Tätige, sowie natürliche Personen und gemeinnützige Antragsteller die wirtschaftlich tätig sind (den erzeugten Strom bzw. die erzeugte Wärme einspeisen).

Landwirte sind antragsberechtigt, sofern durch das Investitionsvorhaben ein höheres Umweltschutzniveau erreicht wird, als es aufgrund von EU-Gemeinschaftsnormen gefordert wird. Gefördert werden hier ausschließlich die zur Verwirklichung der Umweltschutzziele erforderlichen Investitionsmehrkosten.

Das KfW-Programm Erneuerbare Energien dient der langfristigen Finanzierung von Maßnahmen zur Nutzung Erneuerbarer Energien zu einem günstigen Zinssatz. Gefördert werden folgende Maßnahmen:

- Errichtung, Erweiterung und Erwerb von Anlagen, die die Anforderungen des Gesetzes zur Neuregelung des Rechts Erneuerbarer Energien im Strombereich (EEG) vom 25.10.2008 erfüllen

- Errichtung, Erweiterung und Erwerb von KWK-Anlagen sowie Anlagen zur Wärmeerzeugung, die die Anforderungen des Programmteils Erneuerbare Energie - "Premium" nicht erfüllen

- Folgende Maßnahmen werden gefördert:

- Photovoltaik

- Thermische Solaranlagen

- Strom aus fester Biomasse - bis 5 MW Feuerungswärmeleistung (größere Anlagen müssen KWK sein)

- Wärme aus fester Biomasse - bis 2 MW Feuerungswärmeleistung (größere Anlagen müssen KWK sein)

- Strom und/oder Wärme aus Biogas oder Einspeisung von Biogas in ein Gasnetz

- Strom aus Windkraft
- Strom aus Wasserkraft
- Strom und/oder Wärme aus Erdwärme (Geothermie)
- Strom und/oder Wärme aus einer oder mehreren Arten der erneuerbaren Energien mit Energiespeichern oder Lastmanagement (Verbundvorhaben)

Die Kreditlaufzeit beträgt bis zu 5 Jahre bei höchstens einem tilgungsfreien Anlaufjahr oder bis zu 10 Jahre bei höchstens 2 tilgungsfreien Anlaufjahren. Für Investitionsvorhaben, deren technische und wirtschaftliche Lebensdauer mehr als 10 Jahre beträgt, kann eine Laufzeit von bis zu 20 Jahren bei höchstens 3 tilgungsfreien Anlaufjahren beantragt werden. Die Höhe des Darlehens beträgt bis zu 100 % der förderfähigen Investionskosten, i.d.R. max. 10 Mio. EUR pro Vorhaben. Die Konditionen werden nach dem risikogerechten Zinssystem (RGZS) festgelegt.

Änderungen zum 01.04.2011:

- Die Auszahlungsquote wird auf 100 % angehoben. Gleichzeitig wird eine Vorfälligkeitsentschädigung für außerplanmäßige Tilgung eingeführt.
- Die Mitfinanzierung der geförderten Anlagen aus anderen KfW-Programmen/Programmvarianten oder ERP-Programmen ist nicht möglich. Ausgeschlossen ist auch die Kombination eines Kredites aus dem Programmteil "Standard" mit einem Kredit aus dem Programmteil "Premium" des KfW-Programms Erneuerbare Energien für dieselbe Investitionsmaßnahme.
- Die Kombination eines Kredites aus dem KfW-Programm Erneuerbare Energien mit anderen Fördermitteln (Kredite oder Zulagen/Zuschüsse) ist möglich, sofern die Summe aus Krediten, Zulagen oder Zuschüssen die Summe der Aufwendungen nicht übersteigt.

6.2.2.10 Förderung von Biomasseanlagen

Nach den aktuell gültigen Förderrichtlinien sollten ab dem 1. Januar 2011 die Umwälzpumpen in der Heizungsanlage hohe Effizienz-Anforderungen (entsprechend der Effizienzklasse A) erfüllen. Aufgrund der Weisung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 23.12.2010 wird diese Regelung vorerst ausgesetzt. Die erhöhten Anforderungen bzgl. der Umwälzpumpen sind daher bis auf Weiteres nicht Fördervoraussetzung.

Gefördert werden folgende Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse (Holz):

Kessel zur Verfeuerung von Holzpellets und Holzhackschnitzeln,

Holzpelletöfen mit Wassertasche und

Kombinationskessel zur Verfeuerung von Holzpellets bzw. Holzhackschnitzeln und Scheitholz

Pelletöfen (Warmluftgeräte) sind nicht förderfähig.

Bitte informieren Sie sich vor der Auswahl der Anlage, ob diese die Voraussetzungen für eine Förderung nach der Förderrichtlinie erfüllt. Alle Anlagen, für die eine Förderung in Betracht kommt, sind rechts nebenstehend (Rubrik „Downloads“) in der Liste der förderfähigen automatisch beschickten Biomasseanlagen aufgeführt.

Je nach Antragsteller gelten unterschiedliche Kriterien:

1. Privatpersonen, Kommunen, kommunale Gebietskörperschaften, kommunale Zweckverbände und gemeinnützige Organisationen (z. B. eingetragene Vereine)

Förderbar sind Vorhaben, die ab dem 1. Januar 2008 begonnen wurden und zum Zeitpunkt der Antragstellung fertig gestellt sind.

Basisförderung von Anlagen zur Verfeuerung fester Biomasse

Förderfähig sind Anlagen zur Verbrennung von fester Biomasse (Holz) für die thermische Nutzung.

Es sind nur solche Anlagen förderfähig, die der Bereitstellung des Wärmebedarfs eines Gebäudes dienen, für das bereits vor dem 01.01.2009 ein Bauantrag gestellt bzw. eine Bauanzeige erstattet wurde und das bereits vor dem 01. Januar 2009 über ein Heizungssystem verfügten (Gebäudebestand).

Biomasseanlagen sind nur dann förderfähig, wenn ein hydraulischer Abgleich der Heizungsanlage vorgenommen wurde. Dieser ist durch Vorlage der Rechnung Ihres Fachunternehmers über die Durchführung des hydraulischen Abgleichs (in Kopie) oder anhand von standortbezogenen Berechnungsunterlagen, errechneten Einstellvorgaben oder Einstellprotokollen der Strangregulier- bzw. Thermostatventile (in Kopie) nachzuweisen.

1. Automatisch beschickte Biomasseanlagen von 5 kW bis 100 kW Nennwärmeleistung zur Verfeuerung von Holzpellets

Die Förderung von automatisch beschickten Anlagen mit Leistungs- und Feuerungsregelung sowie automatischer Zündung zur Verfeuerung von Holzpellets mit einer installierten Nennwärmeleistung von 5 kW bis 100 kW beträgt 36 Euro je kW errichteter installierter Nennwärmeleistung.

Dabei gelten die folgenden Mindestförderbeträge:

- für Pelletöfen mit Wassertasche: 1.000 Euro,
- für Pelletkessel: 2.000 Euro,

für Pelletkessel mit neu errichtetem Pufferspeicher mit einem Speichervolumen von mindestens 30 l / kW: 2500 Euro.

Zu den förderfähigen Pelletkesseln gehören auch Kombinationskessel zur Verfeuerung von Holzpellets und Scheitholz. Kombinationskessel müssen über ein Mindest-Pufferspeichervolumen von 55 Liter je Kilowatt Nennwärmeleistung für den handbeschickten Teil der Anlage verfügen.

2. Automatisch beschickte Biomasseanlagen von 5 kW bis 100 kW Nennwärmeleistung zur Verfeuerung von Holzhackschnitzeln

Die Förderung beträgt pauschal 1.000 Euro je Anlage. Förderfähig sind nur Anlagen, die über einen Pufferspeicher mit einem Mindestspeichervolumen von 30 l/kW verfügen.

Zu den förderfähigen Holzhackschnitzelanlagen gehören auch Kombinationskessel zur Verfeuerung von Holzhackschnitzeln und Scheitholz. Kombinationskessel müssen über ein Mindest-Pufferspeichervolumen von 55 Liter je Kilowatt Nennwärmeleistung für den handbeschickten Teil der Anlage verfügen.

Nicht mehr förderfähig sind Pelletöfen (Warmluftgeräte) und reine Scheitholzvergaserkessel.

Bonusförderungen

Besonders innovative oder effiziente Anwendungen von Biomasseanlagen können zusätzlich zur oben genannten Basisförderung mit den folgenden Bonus-Förderungen bezuschusst werden:

Regenerativer Kombinationsbonus

Zusätzlich zu der Basisförderung für die Errichtung einer förderfähigen Biomasseanlage kann ein Bonus von 500 Euro gewährt werden, sofern gleichzeitig eine förderfähige Solaranlage (siehe Rubrik „Solarthermie“) errichtet wird, d.h. beide förderfähigen Anlagen sind innerhalb eines maximalen Zeitraums von sechs Monaten in Betrieb zu nehmen. Innerhalb dieser sechsmonatigen Frist müssen dem BAFA außerdem die Anträge auf Förderung der Anlagen zugehen.

Der regenerative Kombinationsbonus ist nicht mit dem Effizienzbonus (siehe unten) kumulierbar.

Ein Effizienzbonus kann zusätzlich zur Basisförderung gewährt werden, wenn die förderfähige Biomasseanlage einem besonders effizient gedämmten Wohngebäude dient. Das Wohngebäude, dem die zu fördernde Anlage dient, muss die Vorgaben nach EnEV 2009 um mindestens 30% unterschreiten.

Für Anlagen in Nichtwohngebäuden kommt kein Effizienzbonus in Betracht.

Die Höhe der Gesamtförderung (Basis- und Effizienzbonus) beträgt das 1,5-fache der jeweiligen Basisförderung.

6.2.2.11 Fündigkeitsrisiko Tiefengeothermie

Antragsberechtigt sind folgende Träger von Investitionsmaßnahmen in Deutschland:

- kleine und mittlere private gewerbliche Unternehmen (KMU), welche die KMU-Kriterien der EU-Kommission erfüllen
- Gesellschaften in privater Rechtsform, an denen mehrheitlich Kommunen beteiligt sind, welche die KMU-Kriterien der EU-Kommission erfüllen
- große Unternehmen und Unternehmen, die nicht die KMU-Kriterien der EU-Kommission erfüllen, können bei besonderer Förderwürdigkeit der Investitionsmaßnahme ebenfalls gefördert werden
- Kommunen, kommunale Gebietskörperschaften, kommunale Zweckverbände, gemeinnützige Investoren (Voraussetzung: das Vorhaben wird unter Hinweis auf die Förderung öffentlichkeitswirksam vorgestellt)

Gefördert werden Investitionen in hydrothermale Tiefengeothermiebohrungen für Dubletten oder Tripletten zur geplanten Selbstnutzung über mind. 7 Jahre für die Wärmeerzeugung, die kombinierte Wärme- und Stromerzeugung oder zur alleinigen Stromerzeugung. Investoren können für ihre Bohrprojekte Darlehen mit einer Haftungsfreistellung für den Fall der "Nicht-Fündigkeit" beantragen.

Mitfinanziert werden grundsätzlich nur Bohrprojekte mit mindestens zwei Tiefbohrungen (Förder- und Injektionsbohrung), die zu einem Primärkreislauf zusammen geschlossen werden.

Finanzierungsmodell A

Das Finanzierungsmodell A besteht aus einem zu 100 % haftungsfreigestellten Darlehen für bis zu 80 % der förderfähigen Investitionskosten. Die Haftungsfreistellung wird ausschließlich bei nachgewiesener und bestätigter "Nicht-Fündigkeit" des Bohrprojekts nach technisch erfolgreicher Erstellung der Bohrungen bis zum Erreichen des Zielhorizontes und Durchführung der abgestimmten Stimulationsmaßnahmen gewährt. Die konkrete Definition der "Nicht-Fündigkeit" von Bohrprojekten wird jeweils im Darlehensvertrag festgeschrieben. Die Definition ist abhängig vom konkreten Bohrprojekt sowie von den vom Antragsteller angestrebten Parametern bezüglich Förderrate und/oder Temperatur. Ebenso wird das Verfahren zur Feststellung der Fündigkeit im Darlehensvertrag geregelt.

Finanzierungsmodell B

Im Unterschied zum Finanzierungsmodell A wird zusätzlich ein Teilschulderlass in Höhe der tatsächlichen Darlehensauszahlung für angestimmte und durchgeführte Stimulationsmaßnahmen gewährt. Dem Investor wird somit eine größere Planungssicherheit für die Gesamtkosten des Projektes ermöglicht. Im Gegenzug werden ein erhöhter Risikoaufschlag auf den Kreditzins und ein erhöhtes Disagio berechnet.

Finanziert werden bis zu 80 % der förderfähigen Bohrkosten inklusive der geplanten Investitionskosten für Stimulationsmaßnahmen (zuzüglich Disagio des Darlehens), i.d.R. max. 16 Mio. EUR pro Bohrprojekt.

Die max. Darlehenslaufzeit beträgt 10 Jahre bei bis zu 2 tilgungsfreihen Anlaufjahren.

Die Konditionen des Darlehens orientieren sich u.a. am Risiko des konkreten Bohrprojektes und den für die "Nicht Fündigkeit" vereinbarten Parametern bezüglich Förderrate und/oder Temperatur.

Eine Kumulation ist möglich, es dürfen max. 80 % der förderfähigen Kosten aus Fördermitteln finanziert werden, d. h. die verbleibenden 20 % müssen als Risikoanteil vom Investor selbst getragen werden.

6.2.2.12 Investitionskredit Kommunen Premium – Energieeffiziente Stadtbeleuchtung

Antragsberechtigt sind kommunale Gebietskörperschaften, deren rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe sowie Gemeindeverbände. Er ist damit identisch mit dem Basisprogramm „Investitionskredit Kommunen“.

Gefördert wird der Ersatz, die Nachrüstung sowie der Neubau bzw. die Neuinstallation von Straßenbeleuchtungsanlagen. Darüber hinaus können jedoch auch Maßnahmen zur Beleuchtung von Parkplätzen, öffentlichen Freiflächen, Parkhäusern und Tiefgaragen sowie der Beleuchtung bei Lichtsignalanlagen und zur Errichtung von Ladestationen für Elektrofahrzeuge finanziert werden. Einzelheiten und technische Anforderungen entnehmen Sie bitte dem Programm-Merkblatt.

Der KfW-Finanzierungsanteil beträgt bis zu 100 % der Investitionskosten (einschließlich damit in Verbindung stehender Kosten für Planung, Bestandsanalyse und Konzepterstellung). Es gibt Höchstbeträge für die verschiedenen Verwendungszwecke.

Die Kreditlaufzeit beträgt bis zu 10 Jahren, dabei sind 2 tilgungsfreie Anlaufjahre möglich. Der günstige Programmzins wird für die gesamte Kreditlaufzeit festgeschrieben. Entsprechend der Kapitalmarktentwicklung erfolgt eine tägliche Anpassung des Programmzinses.

6.2.2.13 Investitionskredit Energieeffizient Sanieren – Kommunen

Antragsberechtigt sind kommunale Gebietskörperschaften, rechtlich unselbstständige Eigenbetriebe von kommunalen Gebietskörperschaften und kommunale Zweckverbände.

Dieses Programm ermöglicht Kommunen die zinsgünstige, langfristige Finanzierung von Maßnahmen zur Minderung des CO2-Ausstoßes an Gebäuden, die vor 1995 errichtet wurden.

Gefördert werden direkte Sanierungskosten, Beratungs- und Planungsleistungen und notwendige Nebenarbeiten.

Mitfinanziert werden energetische Sanierungen auf Neubau-Niveau sowie Einzelmaßnahmen und Maßnahmenpakete zur Energieeinsparung für Schulen, Schulsport- und –Schwimmhallen, Kindertagesstätten, Gebäude der Kinder- und Jugendarbeit.

6.2.3 Förderprogramm des Thüringer Ministeriums für Bau, Landesentwicklung und Verkehr (TMBLV)

6.2.3.1 Förderung der Modernisierung und Instandsetzung von Mietwohnungen (ThürModR-Mietwohnungen)

Antragsberechtigt sind natürliche und juristische Personen des privaten und öffentlichen Rechts als Eigentümer und sonstige Verfügungsberechtigte der zu fördernden Mietwohnung aus Thüringen. Die Wohnung ist Wohnungssuchenden, deren Gesamteinkommen die Einkommensgrenzen des § 9 WoFG um nicht mehr als 20 % übersteigen, zu überlassen.

Gefördert werden Sanierungsmaßnahmen, um den Gebrauchswert von Wohnungen wiederherzustellen und zu erhöhen, um ältere Wohnviertel zu erhalten, wiederherzustellen und weiterzuentwickeln und Heizenergie einzusparen.

Gefördert werden unter anderem:

1. Bauliche Maßnahmen um und im Gebäude und innerhalb der Wohnungen

Hierzu zählen z. B. Maßnahmen zur Verbesserung der Belichtung und Belüftung, des Zuschnitts der Wohnung und der Funktionsabläufe sowie des allgemeinen Schallschutzes.

2. Maßnahmen zur Heizenergieeinsparung

Hierzu zählen z. B. der Einbau von Wärmedämmfenstern, die Verbesserung der Wärmedämmung der Gebäudehülle sowie die Umstellung der Heizungsanlage.

3. Maßnahmen zur modernisierungsbedingten Instandsetzung von z.B. Dach, Fassade, Treppe

Nach Abschluss der Modernisierungsmaßnahme dürfen die Höchstwerte für den Jahres-Primärenergiebedarf und der spezifische Transmissionsverlust HT gemäß EnEV in der jeweils geltenden Fassung nicht überschritten werden.

Die Höhe des Darlehens beträgt max. 800,- EUR/m2.

Eine Kumulation ist möglich.

6.2.3.2 Städtebauförderungsprogramm

Antragsberechtigt sind Städte und Gemeinden gegenüber dem Land, Eigentümer von Gebäuden gegenüber der jeweiligen Stadt oder Gemeinde.

Zur Förderung städtebaulicher Maßnahmen stellt der Bund jedes Jahr Finanzhilfen zur Verfügung. Das Land Thüringen fördert mit mind. 50 % Landesmitteln folgende Maßnahmen:

1. Bund-Länder-Programm "Städtebauliche Sanierungs- und Entwicklungsmaßnahmen"

2. Bund-Länder-Programm "Städtebaulicher Denkmalschutz"

3. Bund-Länder-Programm "Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf - Die soziale Stadt"

4. Bund-Länder-Programm "Stadtumbau Ost"

5. Bund-Länder-Programm "Förderung der Innenentwicklung der Städte und Gemeinden - Aktive Stadt- und Ortsteilzentren"

6. Bund-Länder-Programm "Kleine Städte und Gemeinden"

Wurde eine Stadt oder Gemeinde in das Förderprogramm aufgenommen, so können Eigentümer/Investoren, die im Programmgebiet ein förderfähiges Vorhaben durchführen wollen, bei der Stadt oder Gemeinde eine Förderung beantragen.

Über diese Programme hinaus können für städtebauliche Maßnahmen auch andere Zuwendungen in Anspruch genommen werden. Dabei ist durch Trennung der Ausgaben eine Doppelförderung auszuschließen. Die Städtebaufinanzhilfen sind nachrangig einzusetzen.

6.2.4 Förderprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

6.2.4.1 Klimaschutzinitiative – Förderprogramm für Kommunen, soziale und kulturelle Einrichtungen

Antragsberechtigt sind Gemeinden sowie Gemeindeverbände, öffentliche und gemeinnützige Träger und kulturelle Einrichtungen in privater oder gemeinnütziger Trägerschaft in der Regel mit gesamtstaatlicher Bedeutung.

Gefördert werden :

- Klimaschutzteilkonzepte in den Bereichen Abfall, Abwasser und Anpassung
- Klimaschutzmanager
- Umsetzung einer Klimaschutzmaßnahme durch den Klimaschutzmanager, die mindestens 80 Prozent Emissionsminderung erbringt
- Fifty-Fifty-Projekte
- Klimaschutztechnologien in der Stromnutzung

- LED-Technik in der Straßen- und Außenbeleuchtung mit Emissionsminderung von 60 %

- "Masterplan 100% Klimaschutz"

6.2.4.2 Marktanreizprogramm

Antragsberechtigt sind unter anderem Kommunen, kommunale Gebietskörperschaften, kommunale Zweckverbände und kommunale Unternehmen.

Gefördert wird die Erzeugung und Nutzung erneuerbarer Energien im Wärmemarkt. Ziel ist es, den Absatz von Technologien der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt zu stärken.

Die Förderung erfolgt durch Investitionszuschüsse (BAFA) oder im Rahmen des KfW-Programms Erneuerbare Energien als Tilgungszuschuss zur vorzeitigen teilweisen Tilgung von langfristigen zinsgünstigen Darlehen.

6.2.5 Förderprogramm des Thüringer Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT)

Richtlinie zur Förderung von innovativen, technologieorientierten Verbundprojekten, Netzwerken und Clustern (Verbundförderung)

1. Zuwendungszweck, Rechtsgrundlage

1.1 Mit dem Programm „Verbundförderung“ soll die Zusammenarbeit der Unternehmen und Forschungseinrichtungen (einschließlich Hochschulen) in Thüringen auf den Gebieten der Zukunftstechnologien unterstützt werden. Dabei stehen die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) Thüringens, deren Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit durch Kooperation und Technologietransfer nachhaltig verbessert werden soll, im Mittelpunkt des Programms.

Die Verbundförderung soll zum einen gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte insbesondere von KMU und Forschungseinrichtungen unterstützen. Zum anderen soll sie die Entwicklung Wachstum versprechender industriegetriebener Netzwerke und Cluster von technologieorientierten KMU in Thüringen und deren Innovationspartnern befördern. Diese Verbünde, Netzwerke und Cluster sollen dazu führen, dass das Niveau der Forschungs-, Entwicklungs-, und Innovationstätigkeit bezüglich Umfang, Reichweite, aufgewendeten Mitteln oder Geschwindigkeit gesteigert wird.

Gesamtziel der Verbundförderung ist es, Anreize zur verbesserten Nutzung des Innovationspotenzials in Thüringen zu geben und im Sinne des Thüringer Mittelstandsförderungsgesetzes ein nachhaltiges Wachstum der KMU in Thüringen zu erreichen.

1.2 Der Freistaat Thüringen gewährt Zuwendungen nach Maßgabe dieser Richtlinie, der allgemeinen haushaltsrechtlichen Vorschriften sowie der europarechtlichen Vorschriften. Insbesondere gelten die §§ 23 und 44 der Thüringer Landeshaushaltsordnung (ThürLHO) und die dazu erlassenen Verwaltungsvorschriften sowie die Strukturfonds1- und Beihilfevorschrif-

ten der Europäischen Union2 in der jeweils geltenden Fassung. Ein Rechtsanspruch des Antragstellers auf Gewährung einer Zuwendung besteht nicht. Die Bewilligungsbehörde entscheidet auf Grund ihres pflichtgemäßen Ermessens im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel. Die Förderung steht unter dem Vorbehalt der jederzeitigen Änderung oder des Widerrufs aus zwingenden Gründen gemäß § 36 Abs. 2 Nr. 3 i.V.m. § 49 Abs. 2 Nr. 1 des Thüringer Verwaltungsverfahrensgesetzes (ThürVwVfG).

2. Gegenstand der Förderung

2.1 Gefördert werden Verbundprojekte der FuE-Stufen industrielle Forschung und experimentelle Entwicklung gemäß dem Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation2 mit technologieorientiertem Inhalt, die der Entwicklung von innovativen Produkten, Verfahren oder technischen Dienstleistungen dienen. Ein Verbund besteht dabei aus mindestens zwei rechtlich voneinander unabhängigen, eigenständigen im Projekt kooperierenden Partnern.

Folgende Projektformen sind möglich:

a) Projekte zwischen mindestens zwei Unternehmen, wobei ein Unternehmen ein KMU sein muss,

b) Projekte zwischen mindestens einem Unternehmen und mindestens einer Forschungseinrichtung.

Kooperationsprojekte dieser beiden Projektformen, die innerhalb des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU (7. FRP) zur Förderung angenommen wurden, gelten für mitwirkende Thüringer Unternehmen bzw. Forschungseinrichtungen als Verbundprojekte im Sinne dieser Richtlinie.

Das bezieht sich auf die nach Einzelfallprüfung mögliche Gewährung einer zusätzlichen Förderung, wenn die aus dem 7. FRP an einen thüringischen Verbundpartner gewährte Förderung die nach dieser Richtlinie mögliche Obergrenze der Förderung unterschreitet. Voraussetzung ist, dass die Förderbedingungen des 7. FRP dadurch nicht verletzt werden. Die Vergabe eines Forschungs- und Entwicklungsauftrages durch ein Unternehmen an eine Forschungseinrichtung gilt nicht als Verbundprojekt. Die Förderung eines Verbundprojektes erfolgt in der Regel für bis zu zwei Jahre. Bei besonders anspruchsvollen Verbundprojekten ist eine Förderung von bis zu drei Jahren möglich.

2.2 Gefördert werden Koordinierungsstellen von Netzwerken und Clustern, die zum Ziel haben, durch ihre Tätigkeit die innovations- und technologieorientierte Kooperation insbesondere von kleinen und mittleren Unternehmen und anderen Innovationspartnern anzuregen, wirksam zu unterstützen, die Voraussetzungen für Innovationen zu verbessern sowie nachhaltige und vitale Kooperationsstrukturen aufzubauen.

Ein Netzwerk bzw. Cluster soll mehrheitlich aus Unternehmen, von denen die Mehrzahl KMU sind, bestehen. Es muss mindestens acht KMU umfassen. Die Förderung einer Koordinierungsstelle erfolgt in der Regel für einen Zeitraum von bis zu fünf Jahren. Über eine Fortset-

zung der Förderung über den Zeitraum von fünf Jahren hinaus wird im Einzelfall entschieden. Sie setzt eine Einzelanmeldung bei der Europäischen Kommission voraus und kann nur bei Vorliegen eines besonders starken Landesinteresses erfolgen. Maximal ist ein Förderzeitraum von 10 Jahren möglich.

2.3 Die Förderung der Zukunftstechnologie erfolgt vorrangig auf folgenden Gebieten:

Mess-, Steuer- und Regeltechnik

Informations-, Kommunikations- und Medientechnik (einschließlich Software)

neue Materialien und Werkstoffe

Optik und Optoelektronik

Produktionstechnik (einschließlich Verfahrenstechnik)

Mikro- und Nanotechniken (einschließlich Systemtechniken)

Biotechnologie

Medizintechnik

Umwelttechnik, Energietechnologien (einschließlich regenerative Energietechnik)

3. Zuwendungsempfänger

3.1 Antragsberechtigt für Verbundprojekte nach Nr. 2.1 sind rechtlich selbständige KMU der gewerblichen Wirtschaft mit einer Betriebsstätte im Freistaat Thüringen sowie in Verbindung mit diesen Großunternehmen mit einer Betriebsstätte in Thüringen und Forschungseinrichtungen. In Ausnahmefällen sind Großunternehmen sowie in Verbindung mit diesen Forschungseinrichtungen antragsberechtigt, wenn zu erwarten ist, dass Forschungsergebnisse, die zu entwickelnden Produkte, Verfahren und technischen Dienstleistungen von allgemeinem Interesse sind und zur Verbesserung der Wirtschafts- und Technologielandschaft in Thüringen beitragen. Die Einstufung von Unternehmen als kleines, mittleres oder großes Unternehmen richtet sich nach der zum Zeitpunkt der Bewilligung geltenden Definition der Europäischen Kommission3.

3.2 Antragsberechtigt für Koordinierungsstellen von Netzwerken und Clustern nach Nr. 2.2 sind organisatorische Zusammenschlüsse (juristische Personen) von Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft mit einer Betriebsstätte in Thüringen, an denen auch Forschungs- und Bildungseinrichtungen beteiligt sein können.

3.3 Als Forschungseinrichtungen gelten solche Einrichtungen, welche die Bestimmungen in Nr. 2.2 Buchstabe d des Gemeinschaftsrahmens für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation4 erfüllen.

3.4 Antragstellern, über deren Vermögen ein Insolvenz-, Vergleichs-, Konkurs-, Sequestrations- oder Gesamtvollstreckungsverfahren beantragt oder eröffnet worden ist, sowie Unter-

nehmen in Schwierigkeiten5 wird kein Zuschuss gewährt. Dasselbe gilt für Antragsteller, die eine eidesstattliche Versicherung nach § 807 Zivilprozessordnung oder § 284 Abgabenordnung 1977 abgegeben haben.

4. Zuwendungsvoraussetzungen

4.1 Die Antragsteller sollen sich, auch im eigenen Interesse, im Umfeld des beabsichtigten Vorhabens mit den Fördermöglichkeiten des Bundes vertraut machen. Sie sollen prüfen, ob für das beabsichtigte Vorhaben eine ausschließliche Förderung durch den Bund möglich ist. Das Ergebnis der Prüfungen soll in der Vorhabenskurzbeschreibung bzw. im Förderantrag dargestellt werden.

4.2 Voraussetzung für die Gewährung von Zuwendungen für Verbundprojekte nach Nr. 2.1 ist, dass die Durchführung des jeweiligen Verbundprojektes im beantragten Umfang ohne die Zuwendung mit einem solchen technischen und wirtschaftlichen Risiko behaftet ist, das die Durchführung des Projektes gefährdet bzw. unmöglich erscheinen lässt oder dass das Vorhaben ohne die Zuwendung nicht oder nicht in der vorgesehenen Zeit oder nicht im erforderlichen Umfang durchgeführt werden könnte. Großunternehmen haben den Anreizeffekt der Förderung bei der Antragstellung nachzuweisen6. Dies gilt auch für Forschungseinrichtungen, wenn sie für wirtschaftliche FuE-Tätigkeiten Förderungen beantragen und als Großunternehmen anzusehen sind.

Das Verbundprojekt muss durch einen anspruchsvollen Innovationsgehalt gekennzeichnet sein. Die neu zu entwickelnden Produkte, Verfahren und technischen Dienstleistungen sollen in ihren Eigenschaften den Stand der bisherigen Produkte, Verfahren und technischen Dienstleistungen der beteiligten Unternehmen deutlich übertreffen, sich am internationalen Stand von Wissenschaft und Technik orientieren und dem Marktbedarf nachvollziehbar entsprechen. Die Bearbeitung des Verbundprojektes muss in einer tatsächlichen und ausgewogenen Zusammenarbeit der Verbundpartner erfolgen. Die Mehrzahl der Verbundpartner soll bereits über spezifische Forschungs- und Entwicklungskapazitäten und -erfahrungen verfügen, die den erfolgreichen Abschluss des Vorhabens erwarten lassen. Für das Vorhaben ist einer der Verbundpartner als Koordinator zu bestimmen. Das Verbundprojekt muss von volkswirtschaftlicher Bedeutung sein. Volkswirtschaftlich bedeutsam im Sinne dieser Förderrichtlinie sind Verbundprojekte insbesondere dann, wenn sie in Thüringen absehbar einen Beitrag zur Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit oder zur Sicherung oder Schaffung hochwertiger Arbeitsplätze erbringen.

4.3 Voraussetzung für die Förderung von Koordinierungsstellen von Netzwerken und Clustern nach Nr. 2.2 ist, dass die Vernetzung der für die jeweiligen Gebiete der Zukunftstechnologie wichtigen Akteure und die daraus resultierende Unterstützung der Wissensverbreitung ohne die Gewährung der Zuwendung nicht oder nicht im erforderlichen Umfang erfolgen würde. Der Anreizeffekt der Förderung für die Koordinierungsstelle ist vom Antragsteller nachzuweisen.

Die Koordinierungsstellen sollen die konkreten Rahmenbedingungen für Innovationen verbessern und dazu insbesondere die FuE-Tätigkeit der KMU steigern, den Weg für eine verstärkte technologische Zusammenarbeit mit den Innovationspartnern ebnen und damit die

Innovationskraft der KMU stärken. Ebenso sollen sie auf die Ausbildung von Fachkräften hinwirken. Die Netzwerke und Cluster müssen von volkswirtschaftlicher Bedeutung sein. Volkswirtschaftlich bedeutsam im Sinne dieser Förderrichtlinie sind Netzwerke und Cluster insbesondere dann, wenn sie in Thüringen absehbar einen Beitrag zur Steigerung der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit oder zur Sicherung oder Schaffung hochwertiger Arbeitsplätze erbringen. Die Netzwerke und Cluster sollen die für die jeweiligen Gebiete der Zukunftstechnologie wichtigen Akteure in Thüringen zusammenführen bzw. umfassen. Sie müssen weiteren Partnern einen diskriminierungsfreien Zugang zum Netzwerk bzw. Cluster gewähren. Die Koordinierungsstelle muss eine ausreichende Kompetenz für den Aufbau, die Erweiterung und Belebung des Netzwerks / Clusters erwarten lassen bzw. besitzen.

4.4 Förderprojekte, die bereits vor der Antragstellung begonnen wurden, sind von der Förderung ausgenommen. Dies gilt ebenso für beantragte Förderprojekte, die vor der Bewilligung begonnen wurden, es sei denn, die Bewilligungsbehörde hat auf begründeten Antrag ausnahmsweise einem vorzeitigen Projektbeginn nach Antragstellung stattgegeben.

4.5 Die Zuwendungsempfänger müssen für die Finanzierung des Vorhabens anteilig Eigen- oder Fremdmittel (Eigenbeitrag) einsetzen, die nicht durch andere öffentliche Finanzierungshilfen ersetzt oder verbilligt werden dürfen. Ausgenommen davon sind Risikokapitalbeihilfen. Der Eigenbeitrag ergibt sich grundsätzlich aus der Differenz zwischen Gesamtkosten/ Gesamtausgaben des Vorhabens und der Zuwendung. Treten nach der Bewilligung gegenüber dem an den geplanten Aufgaben und dem veranschlagten Aufwand ausgerichteten und bestätigten Finanzierungsplan bzw. der bestätigten Vorkalkulation weitere Zuwendungsgeber hinzu oder werden weitere Eigen- oder Fremdmittel eingesetzt, so ermäßigt sich die Zuwendung aus öffentlichen Mitteln entsprechend.

4.6 Werden neben der Zuwendung nach dieser Richtlinie in Bezug auf die nach dem Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation beihilfefähigen Kosten/Ausgaben sonstige Beihilfen (einschließlich De-minimis- Beihilfen7) gewährt, ergibt sich der maximal zulässige Beihilfegesamtbetrag aus der Anwendung der nach Ziffer 5 geltenden Beihilfehöchstintensität auf die im Gemeinschaftsrahmen8 definierten beihilfefähigen Kosten. Wird eine Risikokapitalbeihilfe nach Maßgabe der Leitlinien der Gemeinschaft für staatliche Beihilfen zur Förderung von Risikokapitalinvestitionen in kleine und mittlere Unternehmen gewährt, die ganz oder teilweise zur Finanzierung der förderfähigen Kosten/ Ausgaben verwendet wird, können die zulässigen Beihilfehöchstintensitäten (ohne Kürzung) gewährt werden. Eine Kumulierung bzw. Anrechnung der Risikokapitalbeihilfe auf die zulässigen Beihilfeintensitäten nach Nr. 5 erfolgt demzufolge nicht (Ziffer 6 der Risikokapitalleitlinien). Der Antragsteller hat darzulegen, ob er für das beantragte Vorhaben weitere Zuwendungen erhalten oder beantragt hat.

5. Art und Umfang, Höhe der Zuwendung

5.1 Die Förderung erfolgt im Wege der Projektförderung als Anteilfinanzierung durch Gewährung einer Zuwendung in Form eines nicht rückzahlbaren Zuschusses.

5.2 Anträge, deren Zuwendungssumme voraussichtlich 5.000 EUR nicht überschreitet, werden nicht bewilligt (Bagatellgrenze).

5.3 Bei Verbundprojekten nach Nr. 2.1 wird die zulässige Beihilfeintensität für jeden Verbundpartner entsprechend der Zuordnung seiner Projektarbeiten zu den betreffenden FuE-Stufen (industrielle Forschung, experimentelle Entwicklung) gemäß dem Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation bestimmt10.

Für Unternehmen, deren Projektinhalte der FuE-Stufe der „industriellen Forschung“ gemäß Ziffer 2.2 Buchstabe f des Gemeinschaftsrahmens für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation zugeordnet werden, sind entsprechend ihrer Einstufung als kleine Unternehmen, mittlere Unternehmen und große Unternehmen gemäß der jeweils geltenden Definition der Europäischen Kommission für kleine und mittlere Unternehmen folgende Obergrenzen für die Beihilfeintensitäten zulässig:

kleine Unternehmen: 80%, davon Verbundbonus: 10 Prozentpunkte

mittlere Unternehmen: 75%, davon Verbundbonus: 15 Prozentpunkte

große Unternehmen: 65%, davon Verbundbonus: 15 Prozentpunkte

Für Unternehmen, deren Projektinhalte der FuE-Stufe der „experimentellen Entwicklung“ gemäß Ziffer 2.2 Buchstabe g des Gemeinschaftsrahmens für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation zugeordnet werden, sind entsprechend ihrer Einstufung als kleine Unternehmen, mittlere Unternehmen und große Unternehmen gemäß der jeweils geltenden Definition der Europäischen Kommission für kleine und mittlere Unternehmen folgende Obergrenzen für die Beihilfeintensitäten zulässig:

kleine Unternehmen: 60%, davon Verbundbonus: 15 Prozentpunkte

mittlere Unternehmen: 50%, davon Verbundbonus: 15 Prozentpunkte

große Unternehmen: 40%, davon Verbundbonus: 15 Prozentpunkte

Die Gewährung der oben genannten Verbundzuschläge hängt von der Erfüllung der nachfolgend unter Buchstaben a oder b oder c genannten Voraussetzungen ab:

a) Verbund zwischen eigenständigen Unternehmen

Kein einzelnes Unternehmen darf mehr als 70 % der förderfähigen Gesamtkosten/- ausgaben des Verbundprojekts bestreiten. Darüber hinaus muss mindestens ein kleines oder mittleres Unternehmen am Verbundprojekt beteiligt sein oder es muss sich um ein grenzübergreifendes Verbundprojekt handeln, d. h. die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten müssen in mindestens zwei Mitgliedstaaten der Europäischen Union ausgeführt werden.

b) Verbund zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen

Die Anteile der Forschungseinrichtungen machen insgesamt mindestens 10 % der förderfähigen Gesamtkosten/-ausgaben des Verbundprojekts aus und die Forschungseinrichtungen haben das Recht, die Ergebnisse der jeweils von ihnen durchgeführten Arbeiten zu veröffentlichen.

c) Verbreitung der Ergebnisse bei industrieller Forschung.

Betreffen die Projektarbeiten einzelner oder aller beteiligter Verbundpartner auch die FuE-Stufe „industrielle Forschung“ sind die daraus resultierenden Ergebnisse auf Konferenzen weit zu verbreiten oder in wissenschaftlichen / technischen Zeitschriften zu veröffentlichen oder über sonstige Informationsträger frei zugänglich zu machen.

Forschungseinrichtungen, die als Partner in Verbundprojekten mitarbeiten, können für die Bearbeitung von Inhalten der industriellen Forschung und/oder experimentellen Entwicklung mit einer Intensität von bis zu 100 % gefördert werden. Voraussetzung dafür ist, dass die Forschungseinrichtungen im Projekt nicht wirtschaftlich tätig sind, d. h. unabhängige Forschung und Entwicklung durchführen und die ungeschützten Forschungsergebnisse weit verbreiten oder die Einnahmen aus der Veräußerung geistiger Eigentumsrechte, die im Projekt erworben werden, wieder in nichtwirtschaftliche Tätigkeiten gemäß Ziffer 3.1.1 des Gemeinschaftsrahmens für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation investieren.

Übt eine Forschungseinrichtung sowohl nichtwirtschaftliche als auch wirtschaftliche Tätigkeiten aus, müssen zur Vermeidung von Quersubventionierungen diese beiden Tätigkeitsformen und ihre Kosten und Finanzierungen - entsprechend Pkt. 3.1.1 des Gemeinschaftsrahmens für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation - durch Anwendung einer entsprechenden Buchführung eindeutig voneinander getrennt werden. Die Verwendung dieser Buchführung haben die Forschungseinrichtungen im Rahmen der Antragstellung als Voraussetzung für die Bewilligung schriftlich zu bestätigen.

Forschungseinrichtungen, deren nach dieser Richtlinie geförderten FuE-Tätigkeiten auf Kommerzialisierung ausgerichtet und damit als wirtschaftliche Tätigkeiten anzusehen sind, werden als Unternehmen im Sinne von Artikel 87 Absatz 1 EG-Vertrag und somit als Begünstigte im Sinne des Beihilferechts behandelt. Folglich gelten die für Unternehmen jeweils anwendbaren Beihilfehöchstintensitäten gemäß dieser Richtlinie.

Die Einstufung der Forschungseinrichtung als kleines, mittleres oder großes Unternehmen richtet sich nach der zum Zeitpunkt der Bewilligung geltenden Definition der Europäischen Kommission11. Gemäß Ziffer 3.2.2 Abs. 2 Nr. 2 und 3 des Gemeinschaftsrahmens für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation stellen die Beiträge von Forschungseinrichtungen in Verbundprojekten für die beteiligten Projektpartner aus der gewerblichen Wirtschaft keine mittelbare staatliche Beihilfe dar und sind nicht auf deren Zuwendungen anzurechnen, wenn

die Forschungseinrichtungen die von ihnen erarbeiteten Ergebnisse, für die keine geistigen Eigentumsrechte begründet werden, weit verbreiten können und/oder geistige Eigentumsrechte an solchen FuEuI-Ergebnissen, die aus der Tätigkeit der Forschungseinrichtungen hervorgegangen sind, in vollem Umfang diesen Einrichtungen zugeordnet werden oder

die Forschungseinrichtungen von den beteiligten Unternehmen für die geistigen Eigentumsrechte, die sich aus den von den Forschungseinrichtungen im Rahmen des Vorhabens aus-

geführten Forschungsarbeiten ergeben und auf die beteiligten Unternehmen übertragen werden, ein marktübliches Entgelt erhalten.

Finanzielle Beiträge der beteiligten Unternehmen zu den Kosten der Forschungseinrichtung können von diesem Entgelt abgezogen werden. Die Förderung erfolgt auf Kosten- oder auf Ausgabenbasis. Es sind nur Kosten/ Ausgaben förderfähig, die sich unmittelbar auf das zur Förderung beantragte Forschungs- und Entwicklungsprojekt beziehen und die nachgewiesen werden können.

Eine Förderung auf Kostenbasis ist bei Vorhandensein eines geordneten Rechnungswesens möglich. Zur Abrechnung können die durch das Vorhaben verursachten, angemessenen und nachzuweisenden Selbstkosten nach Nr. 5 der Allgemeinen Nebenbestimmungen für Zuwendungen zur Projektförderung auf Kostenbasis (ANBest-P-Kosten) gebracht werden.

Sofern Antragsteller nicht über ein geordnetes Rechnungswesen verfügen oder es die Bewilligungsbehörde festlegt, erfolgt die Förderung auf Ausgabenbasis. Folgende Kosten/Ausgaben sind förderfähig, sofern nicht Einschränkungen durch die Bewilligungsbehörde vorgenommen werden:

Personalkosten/-ausgaben (Forscher, Techniker und sonstige Personen, soweit diese mit dem Forschungsvorhaben beschäftigt sind);

Kosten/Ausgaben für Instrumente und Ausrüstungen, soweit und solange sie für das Forschungsvorhaben genutzt werden. Werden diese Instrumente und Ausrüstungen nicht während ihrer gesamten Lebensdauer für das Forschungsvorhaben verwendet, gilt (bei Förderung auf Kostenbasis) nur die nach den Grundsätzen ordnungsgemäßer Buchführung ermittelte Wertminderung während der Dauer des Forschungsvorhabens als förderfähig. Bei Förderung auf Ausgabenbasis erfolgt ggf. eine Restwertabgeltung;

Kosten/Ausgaben für Auftragsforschung, technisches Wissen und zu Marktpreisen von Dritten direkt oder in Lizenz erworbene Patente, sofern die Transaktion zu geschäftsüblichen Konditionen durchgeführt wurde und keine Absprachen vorliegen;

Kosten/Ausgaben von KMU zur Erlangung und Validierung von Patenten und anderen gewerblichen Schutzrechten gemäß Ziffer 5.3 des Gemeinschaftsrahmens für staatliche Beihilfen für Forschung, Entwicklung und Innovation. Die Förderquote beträgt für kleine Unternehmen bis zu 45% bzw. für mittlere Unternehmen bis zu 35% der förderfähigen Kosten/Ausgaben. Der Förderhöchstbetrag ist auf 10.000 € begrenzt;

Kosten/Ausgaben für Beratung und gleichwertige Dienstleistungen, die ausschließlich der Forschungstätigkeit dienen;

sonstige Betriebskosten/-ausgaben einschließlich Kosten/Ausgaben für Material, Bedarfsmittel und dergleichen, die im Zuge der Forschungstätigkeit unmittelbar entstehen;

zusätzliche Gemeinkosten (nur bei Förderung auf Kostenbasis), die unmittelbar durch das Forschungsvorhaben entstehen. Es kann eine Förderung von bis zu 400.000 EUR pro Jahr

und Antragsteller gewährt werden. Die Bewilligungsbehörde kann in begründeten Fällen bei besonderem Landesinteresse Ausnahmen zulassen. Die Förderung muss jedoch unterhalb des Beihilfebetrags von 7,5 Mio. EUR je Projektpartner und Projekt liegen.

5.4 Bei der Förderung von Koordinierungsstellen von Netzwerken und Clustern nach Nr. 2.2 sind nur Kosten/Ausgaben förderfähig, die im unmittelbaren Zusammenhang mit folgenden Tätigkeiten der Koordinierungsstellen stehen und nachgewiesen werden können:

i. Werbung, um neue Unternehmen/ Mitglieder zur Mitwirkung zu gewinnen und deren Vernetzung zu erreichen;

ii. Organisation von Bildungsmaßnahmen, Workshops und Konferenzen zur Wissensvermittlung.

Die Koordinierungsstellen von Netzwerken und Clustern müssen für die unter Buchstabe ii genannten Dienstleistungen marktübliche bzw. bestmöglich zu erzielende Preise von den Nutzern verlangen. Von den Mitgliedern des Clusters/Netzwerks im Rahmen einer Netzwerk-/Cluster-Organisationsform gezahlte Mitgliedsbeiträge dürfen bei diesen zu einer Reduzierung der zu entrichtenden Preise für diese Dienstleistungen der Koordinierungsstelle führen. Die Förderung erfolgt auf Kosten- oder Ausgabenbasis. Im Falle einer Förderung auf Kostenbasis muss ein geordnetes Rechnungswesen vorliegen. Es sind folgende Kosten/Ausgaben förderfähig:

a) Personalkosten/-ausgaben (für Projektleiter, Assistenzpersonal oder sonstige Personen, die in der Koordinierungsstelle beschäftigt sind),

b) Verwaltungskosten/-ausgaben für die oben genannten Tätigkeiten (einschließlich Fremdleistungen, die unter marktüblichen Konditionen in Anspruch genommen werden),

c) Investitionskosten/-ausgaben für Geräte/Ausrüstungen

Für die Förderung der unter a) und b) genannten Kosten bzw. Ausgaben darf bei degressiver Staffelung die Beihilfeintensität im ersten Jahr bis zu 100% betragen, muss aber linear bis Ende des fünften Jahres auf Null zurückgehen. Bei nicht degressiver Förderung darf die Beihilfeintensität bis zu 50% betragen.

Für die unter c) genannten Kosten bzw. Ausgaben beträgt die Beihilfeintensität bis zu 30%. Bei kleinen Unternehmen kann die Beihilfeintensität um 20 Prozentpunkte und bei mittleren Unternehmen um 10 Prozentpunkte angehoben werden.

Die Einstufung des Antragstellers als kleines oder mittleres Unternehmen richtet sich nach der zum Zeitpunkt der Bewilligung geltenden Definition der Europäischen Kommission12 Die Förderung beträgt je Netzwerk bzw. Cluster höchstens 200.000 EUR pro Jahr. Die Bewilligungsbehörde kann bei Vorliegen eines besonderen Landesinteresses Ausnahmen bis zu 400.000 EUR pro Jahr zulassen.

6.2.6 Förderprogramme des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV)

Mit dem Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ ca. 250 Projekte zur stofflichen Nutzung von Biomasse im Gesamtwert von ca. 65 Millionen Euro.

Die Förderschwerpunkte sind auf den Gebieten Züchtungsforschung und Züchtung im Bereich der Energiepflanzen, Biopolymerwerkstoffe, holz- und naturfaserverstärkte Kunststoffe, alternative pelletierte Biobrennstoffe für Biomassefeuerungsanlagen im Geltungsbereich der 1. BISchV, stoffliche und konstruktive Nutzung von Holz,

Synthese und Anwendung von Spezial- und Feinchemikalien aus nachwachsenden Rohstoffen, technische Kunststoffe und Spezialpolymere aus nachwachsenden Rohstoffen.

Eine Verwendung der Fördermittel ist für folgende Themenbereiche vorgesehen:

- Aufbau von Produktlinien von der Erzeugung bis zur Verwendung nachwachsender Rohstoffe,
- Durchführung von Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben zur Erschließung weiterer Verwendungsmöglichkeiten im Nichtnahrungsmittelsektor,
- Informationsvermittlung und Beratung, vor allem für Produzenten, Verarbeiter und Anwender nachwachsender Rohstoffe,
- Marketing und Öffentlichkeitsarbeit.

Für das Jahr 2011 sind weitere Förderschwerpunkte geplant für feste Bioenergieträger, nachhaltigen Energiepflanzenanbau, biobasierte Polymere und biobasierte naturfaserverstärkte Kunststoffe (NFK), stoffliche Nutzung von Lignin.

6.2.7 Förderprogramm der Thüringer Aufbaubank

6.2.7.1 Thüringer Modernisierungsdarlehen

Antragsberechtigt sind Gebäudeeigentümer in Thüringen, deren Gesamteinkommen die Einkommensgrenzen des § 9 WoFG um nicht mehr als 60 % überschreiten. Bei der Einkommensermittlung nach den §§ 20 bis 24 erhöhen sich die Freibeträge nach § 24 Abs. 1 WoFG um 60 %.

Gefördert werden die Modernisierung und die Instandsetzung von Eigenwohnraum. Vorrangig werden Bauvorhaben gefördert, die in den Programmgemeinden des Programms Stadtumbau-Ost liegen. Sämtliche anfallenden Modernisierungs- und Instandsetzungsmaßnahmen sind förderfähig. Das Darlehen beträgt bis zu 80 % der förderfähigen Kosten, max. 800,- EUR je m2. Der Darlehensbetrag liegt zwischen 10.000,- EUR und 75.000,- EUR. Die Aus-

zahlung beträgt 98,5 %. Die Eigenleistung muss mind. 20 % betragen. Die Eigenleistung kann max. bis zu einem Wert von 5.000,- EUR in Form von Selbsthilfe erbracht werden. Bei Haushalten mit mind. 3 Kindern oder einem schwerbehinderten Menschen beträgt die Eigenleistung mind. 10 %.

Der Zinssatz wird wahlweise für 5 oder 10 Jahre festgeschrieben. Bei der Tilgung kann zwischen 1,7 % und 3 % gewählt werden. Nach Ablauf der Zinsbindungsfrist wird der Zinssatz neu festgesetzt. Die Bearbeitungskosten betragen 1,5 % der Darlehenssumme.

Eine Kumulation mit dem KfW-Programm "Wohnraum Modernisieren" und der Zuschussvariante des KfW-Programms "Energieeffizient Sanieren" ist nicht möglich.

6.2.7.2 Thüringer Modernisierungsdarlehen - Öko-Plus - Effizienzhausförderung

Antragsberechtigt sind Haushalte in Thüringen, deren Einkommen die Grenzen des § 9 WoFG um nicht mehr als 60 % überschreiten.

Das Programm der KfW wird von der Aufbaubank zu etwas günstigeren Konditionen angeboten. Gefördert werden energetische Maßnahmen an Wohngebäuden, für die vor dem 01.01.1995 der Bauantrag gestellt oder Bauanzeige erstattet wurde bzw. der Erwerb eines sanierten Hauses sowie einer Eigentumswohnung, die dem Niveau eines KfW-Effizienhauses entsprechen.

Unterschieden werden 5 energetische Standards:

- KfW-Effizienzhaus 55

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 55 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 70 % der errechneten Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 70

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 70 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 85 % der errechneten Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 85

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 85 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 100 % der errechneten Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 100

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 100 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 115 % der errechneten Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

- KfW-Effizienzhaus 115

Diese Häuser dürfen den Jahres-Primärenergiebedarf (Qp) von 115 % und den Transmissionswärmeverlust (H'T) von 130 % der errechneten Werte der EnEV 2009 nicht überschreiten.

Ein Tilgungszuschuss wird gewährt, wenn das Erreichen des angestrebten KfW-Effizienzhaus Standards sowie die fachgerechte Durchführung der Maßnahmen durch einen Sachverständigen nachgewiesen wird. Die Höhe des Tilgungszuschusses staffelt sich nach Art des Hauses.

Finanziert werden max. 80 % der förderfähigen Investitionskosten, max. 75.000,- EUR.

Eine Kumulation ist möglich.

6.2.8 Förderprogramm des IWO Instituts für wirtschaftliche Oelheizung e.V.

6.2.8.1 Aktion Energie-Gewinner

Antragsberechtigt sind Eigentümer von bestehenden Wohngebäuden.

Gefördert werden bestehende Wohngebäude, deren Primärenergiebedarf durch eine energetische Modernisierung um mind. ein Drittel reduziert wird.

Folgende Maßnahmen werden gefördert:

- Einbau eines Öl-Brennwertgeräts in Kombination mit Solarthermie oder alternativ eines ölbetriebenen Blockheizkraftwerkes (BHKW)
- die Dämmung der Außenwände, der obersten Geschossdecke, des Dachs und der Kellerdecke/Bodenplatte
- die ergänzende Einbindung eines modernen Kaminofens, der einen wesentlichen Teil seiner Wärme in einen zentralen Wärmespeicher zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung einspeist
- der Austausch von vor 1995 eingebauten Fenstern/Verglasungen durch Wärmeschutzverglasung
- eine sehr gute Dämmung aller zugänglichen Leitungen von Heizung und Trinkwarmwasser
- die Durchführung eines hydraulischen Abgleichs
- der Einsatz einer ventilatorgestützten Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Die von einer IWO Fachjury ausgewählten Teilnehmer werden gefördert. Die Höhe des Zuschusses bemisst sich nach der Höhe der Primärenergieeinsparung durch die geplanten Sanierungsmaßnahmen. Pro jährlich eingesparte kWh Primärenergie werden einmalig 0,25 EUR an die ausgewählten Bewerber ausbezahlt, max. 50 % der Investitionskosten.

Voraussetzung für die Förderung:

- Vorlage eines gültigen bedarfsbasierten EnEV-Energieausweises inkl. Modernisierungsempfehlung
- Vorlage eines Angebots eines Fachbetriebs für die geplante und im Energieausweis dargestellte Modernisierungsvariante
- Durch die geplanten Modernisierungsmaßnahmen wird der Primärenergiebedarf des Wohngebäudes gemäß EnEV-Energieausweis um mind. ein Drittel reduziert
- Das Gebäude muss nach Abschluss der Modernisierung überwiegend ölbeheizt sein (Nachweis durch EnEV-Energieausweis)
- Bereitstellung aussagekräftiger Fotos vom Gebäude und seiner Heizungsanlage in digitaler Form
- Einverständnis des Bauherren zur Nutzung seiner Daten (Projektdaten, Fotos etc.) für Presse, Internet

Eine Kumulation ist möglich.

6.2.9 Förderprogramm der E.ON Thüringer Energie AG

6.2.9.1 Erdgas-Förderprogramm

Antragsberechtigt sind Kunden der E.ON Thüringer Energie AG.

Gefördert werden folgende Maßnahmen:

1. Umstellbonus

Die Umstellung der mind. 10 Jahre alten Heizungsanlage von einem festen oder flüssigen Brennstoff auf Erdgas-Brennwerttechnik wird mit einem Zuschuss gefördert. Voraussetzung ist der Abschluss eines Gas-Liefervertrages. Die Höhe des Zuschusses staffelt sich nach der Laufzeit des Vertrages wie folgt:

- Liefervertrag über 12 Monate: 200,- EUR
- Liefervertrag über 24 Monate: 400,- EUR
- Liefervertrag über 10 Jahre: 800,- EUR. Die Heizung wird zur Verfügung gestellt.

2. Erdgas-Fahrzeuge

Der Ersterwerb eines Erdgas-Fahrzeuges wird mit einem Tankgutschein über 250 kg Erdgas gefördert.

Eine Kumulation ist möglich.

6.2.10 Förderprogramm der Verbraucherzentralen

6.2.10.1 Energieberatung der Verbraucherzentralen

Antragsberechtigt sind private Endverbraucher - Eigentümer, Bauherren, Kaufinteressenten, Vermieter oder Mieter von Mietwohnungen.

Gefördert werden folgende Maßnahmen:

1. Stationäre Energieberatung

Es wird eine Energieberatung in den Verbraucherzentralen der Bundesländer zu folgenden Bereichen durchgeführt:

- Baulicher Wärmeschutz (Konstruktion, Dämmstoffe, Wärmebrücken, Luftdichtheit)
- Haustechnik (Wärmeerzeuger, Regelung, Wärmeverteilung, Lüftungsanlagen)
- Regenerative Energien (Biomasse, Thermische Solaranlagen, Photovoltaik)
- Nutzerverhalten (richtiges Heizen und Lüften)
- Strom sparen (Energie sparende Haushaltsgeräte, Beleuchtung, Stand-by Verluste)
- Wechsel des Stromanbieters
- Fördermöglichkeiten
- Umsetzung von Maßnahmen in Eigenleistung

Die Terminvergabe erfolgt über die Verbraucherzentralen der Bundesländer. Für die Beratung wird ein Entgelt in Höhe von 5,- EUR erhoben.

2. Fallmanagement vor Ort (FMO)

Nach der stationären Beratung besteht die Möglichkeit einer erweiterten Beratung zu einer einzelnen Maßnahme vor Ort. Hierbei werden spezielle Detailprobleme untersucht oder die Umsetzung von Einzelmaßnahmen besprochen. Der Eigenanteil für die Beratungskosten liegt bei 45,- EUR. Der Zuschuss (Förderbetrag) beläuft sich auf 188,- EUR.

Dieser Teil des Förderprogramms gilt nicht in Nordrhein-Westfalen. Dort werden landeseigene Förderprogramme zu diesem Thema angeboten.

Kumulation

Die Förderung unter Punkt 2 wird nicht gewährt, wenn für das Objekt bereits eine Beratung gleicher Qualität und Themenstellung durchgeführt wurde (Verhinderung von Doppelförderung).

6.2.11 Förderprogramme lokaler Stadtwerke in Thüringen

Stellvertretend für viele bundesdeutsche Stadtwerke werden hier die Förderprogramme einiger Thüringer Stadtwerke aufgeführt. Die Förderungen betreffen meist die Umrüstung auf Erdgas als schadstoffarmer Energieträger.

6.2.11.1 Förderprogramme der Stadtwerke Jena-Pößneck

Die Stadtwerke Energie Jena-Pößneck fördern die die Anschaffung von neuen Erdgasfahrzeugen sowie die Umrüstung von Fahrzeugen auf Erdgasantrieb mit einem Tankgutschein über 200 Euro. Zusätzlich wird der Erstkauf eines Erdgaswäschetrockners einmalig mit 150 Euro; der Erstkauf eines Erdgasherdes - mit 75 Euro gefördert.

6.2.11.2 Förderprogramme der Stadtwerke Erfurt

Die Stadtwerke Energie Erfurt fördern die die Anschaffung von neuen Erdgasfahrzeugen durch Übernahme der ersten 200 Kilogramm verbrauchten Erdgases.

6.2.12 Förderungsprogramme auf europäischer Ebene

Jährlich gibt die EU ca. 6 Milliarden Euro für den Bereich Forschung und Entwicklung aus. Insgesamt fließen 22% der Mittel der EU in Programme die zentral in Brüssel verwaltet werden. Zu diesen Programmen zählen auch die aus dem Bereich Forschung. Die Anträge sind also direkt bei der EU-Kommission oder Exekutivagenturen zu stellen. Üblicherweise gibt es über diese Stellen aber keinerlei Zugang zu Beratung. Diese findet im Wesentlichen über nationale Kontaktstellen in jedem Mitgliedsstaat statt. Hier können Antragsteller Informationen, Beratung und Unterstützung bei der Antragstellung erhalten.

Die Programme bzw. Schwerpunkte auf EU-Ebene lassen sich wie folgt gliedern:

- Die europäischen Strukturfonds
- Forschung und Innovation
- Förderschwerpunkt Mobilität
- Aus- und Weiterbildung
- Weitere EU-Programme

ür ein interdisziplinäres Forschungsprojekt ist unter „Forschung und Innovation“ neben anderen Programmen vor allem das 7. Rahmenprogramm zu erwähnen. In diesem werden, unterteilt in die Gruppen „Zusammenarbeit“, „Ideen“, „Menschen“ und „Kapazitäten“, spezifische Programme ausgeschrieben. Diese Programme laufen meist über mehrere Jahre hinweg, darin werden jährlich „Calls“ veröffentlicht. Diese beziehen sich auf Themengebiete, denen ein Projekt zugeordnet wird.

Solche spezifischen Programme sind:

- FP7 Specific Programme 'Cooperation'- Research Theme: 'Energy'
- FP7 Specific Programme 'Cooperation'- Research Theme: 'Environment (including climate change)'
- Competitiveness and innovation framework programme (CIP)(2007-2013)
- FP7 - Specific programme 'Cooperation' - Research theme: 'Transport'

Insbesondere unter den beiden Erstgenannten sind immer wieder Ausschreibungen zu erwarten, die zu einem aus dieser Initiative heraus entwickelten Projekt passen. Derzeit laufen keine Aufrufe in den Programmen, diese werden jedoch schrittweise über das kommende Jahr hinweg erfolgen.

7 ANTRAGSSKIZZE ZUR EINWERBUNG VON BUNDES- UND/ODER EU-MITTELN

7.1 Allgemeine Angaben bei der Antragstellung

Die Antragstellung bei den unter 6. genannten Organisationen ist vom Aufbau und Ablauf her verschieden, im Wesentlichen werden aber immer dieselben bzw. ähnliche Angaben oder Daten gefordert. In diesem Kapitel wird eine Zusammenfassung dieser Daten gegeben. Die Antragsstellung selbst läuft meist über Onlineportale. Es ist zu empfehlen, sich bei einer geplanten Antragsstellung frühzeitig bei diesen Portalen zu registrieren und deren Funktionsweise kennen zu lernen.

Für die Bundesministerien erfolgt die Antragsstellung über das „easy - Antrags- / Angebotsverfahren“. Dieses beinhaltet den Download und die Installation eines Programms, welches die für die Antragsstellung benötigten Formulare bereitstellt und versendet wenn der Antrag fertig gestellt ist. Das Programm kann über den Link http://www.kp.dlr.de/profi/easy/ heruntergeladen werden. Analog geschieht dies bei EU-Programmen über das Internet mittels des „Preparation and Submission of Proposals (EPSS)“ – Portals. Der Link dazu ist http://cordis.europa.eu/fp7/dc/index.cfm?fuseaction=UserSite.FP7SubmitProposalPage.

Zur Antragsstellung sind je nach Programm unterschiedliche Angaben und Inhalte nötig. Nachfolgend werden diejenigen dargestellt, die sich in verschiedenen Programmen immer wieder wiederholen.

Tabelle 45: Angaben und Inhalte bei Antragstellungen

Art	Beschreibung
Titel des Vorhabens	
Dauer des Vorhabens	
Programm	Zuordnung des Projekt zu einem Programm
Abstract	Kurzbeschreibung des Projekts
Angaben über ähnliche Projekte die gerade durchgeführt werden	Betrifft auch solche bei anderen Organisationen
Teilnehmernummer / Identifikationsnummer	Bei EU-Projekten muss sich jeder Partner registrieren und erhält diese Nummer
Juristischer Name	Für öffentliche und private Organisationen ist das der Name unter dem die Organisation registriert ist, für Einzelpersonen der tatsächliche Name
Abkürzung der Organisation	Abkürzung des Namens
Bei gemeinnützigen oder öffentlichen Organisationen Nachweis der Art	Nachweis über Gemeinnützigkeit bzw. dass es sich um eine öffentliche Einrichtung handelt
Kostenplanung nach direkten und indirekten Kosten	
Partnerschaftsverträge	

Zusätzlich zu diesen Angaben sollte ein Antrag immer bestimmte Punkte enthalten, diese sind:

- Zeitplanung inkl. Meilensteinplanung
- Erwartete Ergebnisse
- Methodische Vorgehensweise
- Arbeitsplanung und Arbeitspakete
- Managementstrukturen
- Erwartete Erfüllung von Vorgaben aus dem Programm
- Planung der Verbreitung, Nutzung und des Management von Ergebnissen

Weiterhin sollten auch solche Punkte berücksichtigt werden, die im Wesentlichen das ethische Management des Projekts beschreiben. Solche Punkte sind:

- Gleichberechtigung
- Datenschutz
- Nutzungsrechte

7.2 Antragsskizzen bzw. Projektvorschläge und –ideen

Im folgenden Kapitel werden mögliche Anträge, welche sich thematisch im Bereich der vorliegenden Handlungsoptionen als Zielrichtung eignen, vorgestellt.
Die angerissenen Themen sollen dabei weder als vollständig, noch als Paket aufgefasst werden. Es sind vielmehr einzelne Ideen die verschieden kombinierbar, auch mit hier nicht erwähnten Gebieten, für die Forschung interessant sein können. Die thematische Ausrichtung entspricht dabei dem Profil der teilnehmenden Forschergruppen bzw. Partnern. Eine Beschränkrung auf diese ist daraus aber nicht abzuleiten. Vielmehr sollten diese Themen so offen wie möglich behandelt werden.

Die vorgeschlagenen Projektideen zielen nicht auf spezielle Förderprogramme ab, da dem Team derzeit keine passenden Programme bekannt sind. Vielmehr werden die Ideen an ein hypotetisches Förderprogramm „Energieeffiziente Stadt und Dorf“ gerichtet. Weiterhin ist aber auch denkbar einen Antrag als „Forschergruppenprogramm“ des Freistaates Thüringen zu stellen. Dieser ist relativ offen und schließt die behandelten Themen mit ein. Aus der Handlungsoption ableitbare Projektideen sind:

- Nutzung von Hochgeschwindigkeitscomputernetzwerken zur Verbrauchssteuerung bzw. Effizienzsteigerung im Haushalt
- Kommunaler Energieausweis
- Energetische Nutzung von Brachfallflächen
- Fernwärme und erneuerbare Energieen

- Dezentrale Wärmeversorungslösungen
- Modellprojekt Stadtumbau

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Projektideen kurz näher erläutert. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Darstellung als inhaltlicher Schwerpunkt bzw. Ansatzpunkt.

7.2.1 Nutzung von Hochgeschwindigkeitscomputernetzwerken zur Verbrauchssteuerung bzw. Effizienzsteigerung im Haushalt

Durch den derzeit voranschreitenden Ausbau der Hochgeschwindigkeitscomputernetze ergibt sich die Möglichkeit der Regelung bzw. Effizienzsteigerung des Verbrauchs von Strom, Gas, Wasser und Wärme. Dabei sollte der Rahmen eines Forschungsprojektes den des sogenannten „smart metering“ überschreiten. Neben dem damit verbundenen Ansatz variable Leistungsentgelte, die gekoppelt sind an unterschiedliche Netzauslastungen oder die aktuelle Nachfrage, an den Verbraucher weitergeben zu können, sind auch weitere Aspekte denkbar.

So könnten die intelligenten Verbrauchszähler auch mit einem „Convenient Center“ verbunden werden. Dieser würde als Filiale an Orten zu finden sein, die vom Kunden ohnehin aufgesucht werden müssen, wie z.B. dem Supermarkt. Im Center könnten dann online Verbräuche abgerufen und damit verbundene Serviceleistungen (Vertragsänderungen, etc.) angeboten werden. Nicht zu vernachlässigen ist auch die soziale Komponente dieser neuen Online-Zähler. Gerade in einer überalterten Gesellschaft könnten die Zähler den beschwerlichen Ablesevorgang unnötig machen.

In Bezug auf die IBA – Thüringen im Jahr 2019 könnte das erweiterte Smart Metering mit Betonung auf Effizienzsteigerung, seinen sozialen Punkten und neuer Kundenorientiertheit ein Aufhänger sein.

7.2.2 Kommunaler Energieausweis

Hintergrund dieser Projektidee ist die Formulierung bzw. Schaffung eines Ausweises analog dem Energiepass für Gebäude, welcher den Umgang der Stadt mit Energie bewertet. Weitere Anregungen dazu finden sich auch im Abschnitt 4.5.1. Ziel eines solchen Forschungsprojektes müsste es sein, ein Verfahren zu entwickeln welches die Bewertung einer Stadt mit ihren besonderen Gegebenheiten ermöglicht. Vorstellbar wäre die Anwendung von Visualisierungstechniken wie Sankey-Diagrammen, um den Energiefluss einer Stadt darzustellen und Chancen bzw. Schwachstellen aufzuzeigen.

Der Energieausweis würde einen Wettbewerb / Vergleich der Kommunen ermöglichen und diese so weiter anspornen Energie einzusparen bzw. ihre Energieeffizienz zu steigern.

7.2.3 Energetische Nutzung von Brachfallflächen

Auf diesen Punkt wurde im Abschnitt 3.5.8 näher eingegangen. Im Wesentlichen lässt sich sagen, dass diese Altstandorte prinzipiell keine entgegengesetzten rechtlichen Entwicklungshemmnisse haben und sich grundsätzlich vielfältige energetische Nutzungsmöglichkeiten auf diesen Flächen im Stadtraum bieten. In Abhängigkeit vom Standort sind mit der energetischen Nutzung von Brachflächen unterschiedlich hohe Effizienzsteigerungen bzw. Energieeinsparungen möglich. Ein prominentes Beispiel wäre die Nahwärmeversorgung von Wohngebieten von nahe gelegenen Brachflächen aus (z.B. mittels tiefer Geothermie).

7.2.4 Weitere Projektideen

Weitere Projektideen sind aus dem Abschnitt 5 ableitbar. Dort wird weiter auf die genannten Punkte:

- Fernwärme und erneuerbare Energieen
- Dezentrale Wärmeversorgungslösungen mit Kraft-Wärmekopplung
- Modellprojekt Stadtumbau

eingegangen.

8 FORSCHUNGS- UND HANDLUNGSBEDARF

Energiegerechte Stadt- und Gebäudeplanung sind wesentliche Komponenten zur Realisierung der Klimaschutzziele der Bundesregierung und zum Aufbau flexibler, langfristig sicherer und ökonomisch wie ökologisch effizienter Strukturen der Energiebedarfsdeckung. Im Rahmen dieses Projektes wurden erste Handlungsoptionen zur Steigerung der Energieeffizienz im Bestandsbau für Thüringen erarbeitet. Dazu wurden zunächst eine Analyse des gegenwärtigen wissenschaftlichen und technischen Standes zum Problemfeld des energetischen Stadtumbaus und methodische Untersuchungen zur Klassifizierung, Identifizierung und Bewertung von typischen Stadträumen im Freistaat Thüringen durchgeführt.

Die anschließende beispielhafte Erstellung eines Energiekonzeptes für die Stadt Weimar hat gezeigt, dass der Aufbau energieeffizienter kommunaler Strukturen planerisch lösbar und technisch machbar ist. Allein der gesellschaftliche und persönliche Wille entscheidet bei der Umsetzung. Darüber hinaus bedarf es umfangreicher finanzieller Mittel, die nicht allein von Staat und Kommune aufgebracht werden können. Hier ist auch jeder Immobilieneigentümer und jede Privatperson aufgefordert einen Beitrag zu leisten.

Am Ende der Arbeit konnten Umsetzungsstrategien für den energetischen Stadtumbau differenziert für Stadtraumtypen formuliert werden, die es gilt durch weitere beispielhafte Planungen abzusichern. Die Inanspruchnahme aktueller Förderprogramme zum energetischen Stadtumbau ist eine Voraussetzung für eine Forcierung des Umbaus und steht, ergänzt durch den Entwurf einer Antragskizze, als separates Kapitel am Ende der Arbeit.

Im Ergebnis der Untersuchungen stehen konkreten Maßnahmen, die entscheidend zur Umsetzung eines klimagerechten Stadtumbaus beitragen:

- „Kommunaler Energieausweis“ /[122]/ für alle Kommunen zur Darstellung des Standes der Energetik in der Öffentlichkeit
- Erstellung von integrierten regionalen und kommunalen Energiekonzepten, einschließlich Verkehrsbereich
- Potentialstudien zur Nah- und Fernwärmeversorgung unter Beachtung anthropogener Abwärmepotentiale
- Potentialstudien zur flächendeckenden Nutzung erneuerbarer Energien

[122] Hanfler, M.: Das „energetische Gesicht“ einer Stadt – Energy 2.0-Kompendium 2009, S. 34 – 36, puplish-industriy Verlag GmbH, München

- Ausweisung von Vorranggebieten für Fern- und Nahwärmeversorgung in der Bebauungsplanung
- Solarenergetische Überprüfung von B-Plänen
- Einführung von kommunalen Effizienz- und Energiekriterien bei Neubau und Sanierung
- Förderung der interdisziplinären, ämterübergreifenden Zusammenarbeit
- Flächenbörsen (z.B. Solardachkataster)
- Ernennung von Klimaschutz-/Energiebeauftragten in *jeder* Kommune
- Dauerhafte Einbindung aller am städtebaulichen Umgestaltungsprozess beteiligten-Akteure (Energieversorger, Wohnungsbaugenossenschaften, Bürger etc.)
- Förderprogramme der Gemeinden und Stadtwerke für Privatpersonen und Kleinunternehmen
- Monitoring zur Prüfung der Maßnahmenumsetzung

Darüber hinaus sind für jede Stadt aus den zu erarbeitenden Energie- oder Klimaschutzkonzepten stadtspezifische Maßnahmen ableitbar.

Zur Erarbeitung zukünftiger Konzepte sehen die Verfasser akuten Forschungsbedarf hinsichtlich einer zielführenden Methodik. Schwerpunkt ist die Datenanalyse und Visualisierung der Ergebnisse. Beides sollte zukünftig mit entsprechender Software erfolgen, um die Vielzahl der notwendigen Klimaschutzkonzepte bearbeiten zu können. Erste Ansätze dazu sind unter 4. (Sankey-Diagramm Weimar) dargestellt. Daneben sind verstärkt Detailuntersuchungen zum aktuellen flächenspezifischen Energiebedarf der Stadtraumtypen durchzuführen. Am Beispiel der Stadt Weimar konnten erste Erkenntnisse gewonnen werden, welche durch andere Beispielstädte untersetzt werden müssen. Dazu ist es notwendig kommunale Klimaschutzkonzepte für Thüringen voranzutreiben und aus bereits erstellten Konzepten Daten auszuwerten. Das gegenwärtig parallel in Bearbeitung befindliche Klimaschutzkonzept für die Stadt Weimar *www.uni-weimar.de/Bauing/klimaschutz* hat gezeigt, dass die Daten grundsätzlich bei den Stadtwerken detailliert in GIS vorliegen und nur mit Hilfe der städtischen Planungsämter datenschutzgerecht für größere städtebauliche Planungseinheiten aggregiert werden müssen.

Für stadtteilbezogene Konzepte wäre die Auswertung von Energieausweisen denkbar, um belastbare Daten zu erhalten. Das gilt auch für die dort formulierten Aussagen zu den Sanierungszielen und dem monetären Aufwand.

Quellenverzeichnis

AG Bio-Rohstoffe Witzenhausen, Nachwachsende Rohstoffe in Kommunen, www.nawaro-kommunal.de/bioenergie/info-biomasse.php

Agentur für Erneuerbare Energien, „Erneuerbare-Energien-Projekte in Kommunen - Erfolgreiche Planung und Umsetzung“, www.unendlich-viel-energie.de/de/detailansicht/article/225/erneuerbare-energien-projekte-in-kommunen.html

Agentur für Erneuerbare Energien, „Erneuerbare-Energien-Projekte in Kommunen - Erfolgreiche Planung und Umsetzung“, www.kommunal-erneuerbar.de

Alfen Hans Wilhelm, Daube Dirk (2006): Der Wirtschaftlichkeitsvergleich, in: Littwin/Schöne (Hrsg.): Public Private Partnership im öffentlichen Hochbau, Stuttgart 2006.

Alheim / Hessen, www.alheim.de

Aschheim / Bayern, www.aschheim.de

B.A.U.M. Consult GmbH, (2008), „Auf dem Weg zur 100%-Region - Handbuch für eine nachhaltige Energieversorgung von Kommunen“, 3. Auflage

Bardt, H., M. Demary & M. Voigtländer (2008) Immobilien und Klimaschutz: Potenziale und Hemmnisse. IW-Trends(2): 1-16.

Bauhaus-Universität (Hrsg.), Thüringen – Wege des Städtebaus,

BauNVO (1993) Verordnung über die bauliche Nutzung der Grundstücke, in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 1990 (BGBI. I S. 132), zuletzt geändert durch Art. 3 des Gesetzes v. 22.04.1993 (BGBI. I S. 466).

BBR/BBSR & BMVBS (2009) Nutzung städtischer 'Freiflächen' für erneuerbare Energien (Bearbeitung: Dieter D. Genske, Ariane Ruff, Thomas Joedecke / Redaktion: Lars Porsche, Doris Lorenz). Bonn, Berlin, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), 140.

BDEW (2010) Energiemarkt Deutschland. Zahlen und Fakten zur Gas, Strom- und Fernwärmeversorgung. Sommer 2010. Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., www.bdew.de.

Berger, T., D. D. Genske, L. Hüsler, T. Joedecke & A. Ruff (2011) Energetische Optimierung des Kantons Basel-Stadt. Basel, Kanton Basel-Stadt.

Berliner Energieagentur, Energetische Modernisierung in Wohngebäuden, www.eggesin.de/eggesin/buergerservice/Energiesparen.php

Bioenergiedorf 2010 Lieberhausen / Nordrhein-Westfalen, www.bioenergie-doerfer.de

Bioenergiedorf Breuberg-Rai-Breitenbach / Hessen, www.bioenergiedorf-odenwald.de

Bioenergiedorf Jühnde / Niedersachsen, www.bioenergiedorf.de

Bioenergiedorf Lippertsreute / Baden-Württemberg, www.bioenergiedorf-lippertsreute.de

Bioenergiedorf Mauenheim / Baden-Württemberg, www.bioenergiedorf-mauenheim.de

Bioenergiedorf Oberrosphe / Hessen, www.bioenergiedorf-oberrosphe.de

Bioenergiedorf Randegg / Baden-Württemberg, www.Bioenergiedorf-randegg.de

Bioenergiedorf Schlatt am Randen / Baden-Württemberg, www.bioenergiedorf-schlatt.de

Bioenergiepark Dahlenburg / Niedersachsen, www.ewerk-dahlenburg.de

Bioenergieregion Altmark / Sachsen-Anhalt, www.bioenergie-regionen.de, www.altmark.eu

Bioenergieregion Thüringer Vogtland, www.bioenergieregion-thüringer-vogtland.de

Biogasanlage Martinshöhe / Rheinland-Pfalz, www.martinshoehe.de

Breuberg-Rai-Breitenbach / Hessen, www.bioenergiedorf-odenwald.de

Bucar et al. (2005) Dezentrale erneuerbare Energie für bestehende Fernwärmenetze. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 78/2006. 146.

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle BAFA

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, „Nachhaltige Wärmekonzepte“,www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/BMU_AEE_Broschuere_Nachhaltige_Waermekonzepte.pdf

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2002): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zu § 13 der Energieeinsparverordnung, Berlin 2002.

Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, „Nutzung von Biomasse in Kommunen“, www.duh.de/1645.html

Bürgersolarkraftwerk Aschheim / Bayern, www.aschheim.de

Burgjoß / Hessen, www.dorfplanerin.de/burgjoss.htm, www.jossgrund.de

Bürstadt / Hessen, www.energiepark-buerstadt.de, www.energietrends-buerstadt.de

BWP/DBU (2005) Heizen und Kühlen mit Abwasser: Ratgeber für Bauherren und Kommunen. Bundesverband WärmePumpe BWP, Deutsche Bundesstiftung Umwelt DBU, 33.

Dahlenburg / Niedersachsen, www.ewerk-dahlenburg.de

Dardesheim / Sachsen-Anhalt, www.energiepark-druiberg.de

Deilmann, C. & M. Möbius (2002): Heizkosten bei Wohnungsleerstand. In: Bundesbaublatt 51 (2002), S.42-44

DENA (2006) Besser als ein Neubau: Hocheffizientes Sanieren leicht gemacht. Berlin, Deutsche Energie-Agentur DENA, auf CD.

Deutsche Umwelthilfe e.V., IZES gGmbH, Broschüre Bioenergie - Eine Chance für Kommunen und Regionen, www.duh.de/1645.html

Deutschen Bahn AG

Deutschen Institutes für Wirtschaftsforschung DIW Berlin

Die Bioenergieregion Jena-Saale-Holzland, www.bioenergie-region.de

Droege, P., D. D. Genske, T. Joedecke, M. Roos & A. Ruff (2011) Erneuerbares Liechtenstein. Vaduz, Universität Liechtenstein, im Druck

Ecofys, RWTH-Aachen & FH-Köln (2004) Leitbilder und Potenziale eines solaren Städtebaus. Köln, Aachen, Köln, Ecofys GmbH Köln, RWTH Aachen, Fachhochschule Köln, 257.

Eggenstein-Leopoldshafen / Baden-Württemberg, www.egg-leo.de

EnergieAgentur . NRW, EnergetischeGebäudesanierung, www.energieagentur.nrw.de/_infopool/search.asp?rubrik=1&TopCatID=5275&CatID=5414&RubrikID=5414&offset=10

Energielandschaft Morbach / Rheinland-Pfalz, www.energielandschaft.de, www.morbach.de

Energien. Energetische Nachnutzung brachliegender, ökologisch beeinträchtigter Flächen im ländlichen Raum Thüringens, Erfurt.

Energieökologische Modellstadt Ostritz / Sachsen, www.ostritz.de

energieZENTRUM Wolpertshausen / Baden-Württemberg, www.wolpertshausen.de

EnEV (2009) Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung. Bundesregierung, Bundesgesetzblatt Jg. 2009 T. I Nr.23, ausgegeben zu Bonn 30. April 2009.

EnEV (2009) Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung. Bundesregierung, Bundesgesetzblatt Jg. 2009 T. I Nr.23, ausgegeben zu Bonn 30. April 2009.

Engelsberg / Bayern, www.engelsberg-info.de

Europäische Vereinigung für Erneuerbare Energien e.V., „EUROSOLAR-Leitfaden: Erneuerung von Städten und Gemeinden durch Erneuerbare Energien“, www.eurosolar.de/de/index.php?option=com_content&task=view&id=235&Itemid=52

Everding, D. (Hrsg.)(2007) Solarer Städtebau – Vom Pilotprojekt zum planerischen Leitbild. Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart.

Everding, D., ECOFYS, FH-Köln & RWTH-Aachen (2004) Leitbilder und Potenziale des solaren Städtebaus. Köln, Ecofys GmbH, FH-Köln (Institut für Regenerative Energien), RWTH Aachen (Lehrstuhl für Städtebau und Landesplanung), Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), 18.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, „Wege zum Bioenergiedorf“, 3. Auflage, Dezember 2010, www.wege-zum-bioenergiedorf.de/literatur/leitfaden.html

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Bundesministeriums für Ernährung,Landwirtschaft und Verbraucherschutz, „Wege zum Bioenergiedorf“, www.wege-zum-bioenergiedorf.de/literatur/leitfaden.html

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, www.nachwachsende-rohstoffe.de

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, www.nawaro-kommunal.de/documents/Leitfaden-Bioenergie.pdf

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Leitfaden Bioenergie - Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, www.nawaro-kommunal.de/documents/Leitfaden-Bioenergie.pdf

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Leitfaden Bioenergie im Gartenbau, www.izu.bayern.de/publikationen/detail_publikationen.php?pid=0903010100512

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., www.nachwachsende-rohstoffe.de

FEKA (2009). FEKA-Energiesysteme: Energie aus Abwasser. FEKA-Energiesysteme AG. Retrieved 03.08.2008, from www.feka.ch.

Fischer, J., D. D. Genske, T. Joedecke, S. Klenner, M. Nuschke, A. Ruff & M. Schwarze (2011) Erstellung eines Thüringer Bestands- und Potenzialatlasses für erneuerbare Energien. Erfurt, Freistaat Thüringen (Wirtschaftsministerium), Zwischenbericht

Freiamt / Baden-Württemberg, www.freiamt.de/erneuerbare_energien.php

Gans & Bricks (Hg.) (1993) Thüringen: Zur Geografie des neuen Bundeslandes, Erfurter geographische Studien, Bd. 1, Erfurt, , S. 29.

Gehrden-Lenthe / Niedersachsen, www.gehrden.de

Genske, D. D. & A. Ruff (2011) Klimaschutzkonzept des Landkreises Osnabrück. Osnabrück, Ingenieurbüro Graw, Teilbericht "Datenbasis, GIS, Expertensystem" (unveröffentlicht)

Genske, D. D., J. Henning-Jacob & A. Ruff (2009) Energetische Optimierung des Modellraums IBA Hamburg. Research project in progress for the Internationale Bauausstellung IBA Hamburg.

Genske, D. D., J. Henning-Jacob, T. Joedecke & A. Ruff (2010a) Methodik und Strategieentwicklung / Zukunftsszenarien für Wilhelmsburg. IBA-Hamburg (Eds.) Energieatlas Zukunftskonzept Erneuerbares Wilhelmsburg der Internationalen Bauausstellung IBA Hamburg. Berlin, Jovis, 43-66, 79-119

Genske, D. D., J. Henning-Jacob, T. Joedecke & A. Ruff (2010b) Methodik und Strategieentwicklung / Zukunftsszenarien für Wilhelmsburg. Internationale-Bauaustellung-IBA-Hamburg (Eds.) Energieatlas Zukunftskonzept Erneuerbares Wilhelmsburg. Berlin, Jovis, 42-67/79-115

Goretzki, P. (2007) Energieeffiziente Bauleitplanung – Grundlagen, Anforderungen, Umsetzung, Wettbewerbsfähigkeit, Beispiele. GOSOL Solarbüro, Stuttgart.

Görisried / Bayern, www.goerisried.de

Hanfler, M. „Der energiewirtschaftliche Umbruch“ - Einzelbeitrag in: Stadtland Thüringen – Wege des Städtebaus, Hrsg. Bauhaus-Universität Weimar und Thüringer Ministerium für Bau und Verkehr, 2007

Hanfler,M.: Analyse der komplexen Energetik der Stadt Apolda 2004, Forschungsstudie, Bauhaus-Universität Weimar, 2005, unveröffentlicht

Hartwig, (2010) Kosten und Erträge des Zukunftskonzepts Erneuerbaren Wilhelmsburg. Internationale-Bauaustellung-IBA-Hamburg (Eds.) Energieatlas Zukunftskonzept Erneuerbares Wilhelmsburg. Berlin, Jovis, 130-144.

Heidenreich, (1993) In: Erfurter Geografische Studien, Bd. 1, Erfurt, , S. 31f.

Hemau / Bayern, www.hemau.de

Herrnhut / Sachsen, www.herrnhut.de

Honigsee / Schleswig-Holstein, www.energieversorgung-honigsee.de

Hutzschenreuter Thomas (2009): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Wiesbaden 2009.

Iden / Sachsen-Anhalt

Institut für Energieforschung (2009): STE Research Report, Entwicklung eines Berechnungstools zur ökonomischen Bewertung des EEWärmeG und der EnEV 2009, Jülich 2009.

Institut Wohnen und Umwelt (2003a): Leitfaden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand, Darmstadt 2003.

Institut Wohnen und Umwelt (2003b): Deutsche Gebäudetypologie, Darmstadt 2003.

Institut Wohnen und Umwelt (2006): Energetische Gebäudesanierung und Wirtschaftlichkeit, Darmstadt 2006.

IWU (1994) Empirische Überprüfung der Möglichkeiten und Kosten, im Gebäudebestand und bei Neubauten Energie einzusparen und die Energieeffizienz zu steigern (Endbericht für die Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des Deutschen Bundestags). Darmstadt, Institut für Wohnen und Umwelt.

IZNE - Universität Göttingen, Bioenergiedörfer - Dörfer mit Zukunft, www.bioenergiedorf.info/pubs/AST.html

Jühnde / Niedersachsen, www.bioenergiedorf.de

Jung Hans (2001): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 7. überarb. Aufl., München 2001.

Kalberer, D. (2010) Fachauskunft zur Abwasserwärmerückgewinnung der FEKA-Energiesysteme AG. Bad Ragaz, Schweiz.

Kaltschmitt, M., W. Streicher & A. Wiese (2006) Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Berlin Heidelberg New York, Springer, 702.

Karlsbad / Baden-Württemberg, www.karlsbad.de

klimAktiv (2011) Vattenfalls erweitert Virtuelles Kraftwerk. Retrieved 02.03.2011, from www.klimaktiv.de/article266_11267.html

König Holger, Mandl Wolfgang (2007): Baukosten-Atlas 2008, Kissing 2007.

Korda, M. (2005) Städtebau – Technische Grundlagen. Teubner Verlag, Wiesbaden.

Kraftfahrtbundesamt

Kross. H.: Potentialstudie zur Solarthermie in Weimar, Bauhaus-Universität Weimar, Belegarbeit, 200

Kulmer Veronika (2010): Eine ökonomische Analyse der Zersiedelung anhand des Fallbeispiels Bezirk Hartberg, Graz 2010.

Leese / Niedersachsen, www.landesbergen.de

Leitfaden Bioenergie im Gartenbau

Lieberhausen / Nordrhein-Westfalen, www.egl-lieberhausen.com

Lippertsreute / Baden-Württemberg, www.bioenergiedorf-lippertsreute.de

Martinshöhe / Rheinland-Pfalz, www.martinshoehe.de

Matthes, F. C. & M. Cames (2000) Energiewende 2020: Der Weg in eine zukunftsfähige Energiewirtschaft. Berlin, Heinrich Böll Stiftung, 95.

Mauenheim / Baden-Württemberg, www.bioenergiedorf-mauenheim.de

Merkendorf / Bayern, www.merkendorf.de

Mineralölwirtschaftsverband

Morbach / Rheinland-Pfalz, www.energielandschaft.de, www.morbach.de

Muhmann Christian (2007): Effiziente Energieversorgung nach EnEV, Heidelberg 2007.

Mun Johnathan (2006): Modeling Risk: Applying Monte Carlo Simulation, Real Options Analysis, Forecasting, and Optimization Techniques, Hoboken 2006.

NABU Bundesverband – Naturschutzbund Deutschland e.V., Leitfaden ökologische Dämmstoffe, www.nabu.de/downloads/studien/leitfadendaemm.pdf

Nahwärmeversorgung Engelsberg / Bayern, www.engelsberg-info.de

Niestetal / Hessen, www.niestetal.de

Oberrosphe / Hessen, www.bioenergiedorf-oberrosphe.de

Oederan / Sachsen, www.energietag.de

Ostritz / Sachsen, www.ostritz.de

Pellworm / Schleswig-Holstein, www.pellworm.de, www.oeko-verein-pellworm.de, www.pellworm-energy.org

Pelzeter, A. (2005) Ursache und Wirkung: Beeinflussung der Lebenszykluskosten eines Gebäudes durch seine Gestaltung. *Facility Managment* (5): 37-40.

Randegg / Baden-Württemberg, www.Bioenergiedorf-randegg.de

Rheinbraun Brennstoff GmbH

Rohde Christoph (2008): Die Energieeinsparverordnung 2007, Hamburg 2008.

Rosner Bernhard (2009): Beurteilung von Objektstrategien unter Berücksichtigung von Risiken, Zürich 2009.

Salzhemmendorf / Niedersachsen, www.salzhemmendorf.de

Schlatt am Randen / Baden-Württemberg, www.bioenergiedorf-schlatt.de

Schmied, D. & G. Henkel (Hg.)(2007): Leerstände von Gebäuden in Dörfern – Beginn der Dorfauflösung oder Chancen durch Umnutzung? Göttingen, Cuvellier Verlag.

Simons Harald (2010): Wirtschaftlichkeit energetischer Sanierungen im Berliner Mietwohnungsbestand, Berlin 2010.

Solarpark Görisried / Bayern, www.goerisried.de

Solarpark Hemau / Bayern, www.hemau.de

Stadt der erneuerbaren Energien Dardesheim / Sachsen-Anhalt, www.energiepark-druiberg.de

Stadtwerke Weimar, Stadtversorgungs-GmbH, Industriestr. 14, 99427 Weimar

Statistischen Jahrbuch der Stadt Weimar

Steinmüller, A. (1974) Physisch-georafischer Überblick, in: Hoppe, Seidel, Seidel (Hg.), Geologie von Thüringen, Gotha/Leipzig, S. 27ff.

Süchting Joachim (1995): Finanzmanagement, 6. überarbeit. Aufl., Wiesbaden 1995.

Trendelburg / Hessen, www.trendelburg.de

Tümmler, H. (1990) Städte, Historische Landeskunde Mitteldeutschlands - Thüringen, Verlag Weidlich, Würzburg.

Umweltbundesamt und Daten nach GEMIS, Nationaler inventarbericht 2010

Universität für Bodenkultur Wien, Leitfaden Biogas, www.encrop.net

Verbandes der Deutschen Biokraftstoffindustrie

Verbandsgemeinde Neuerburg / Rheinland-Pfalz, www.vg-neuerburg.de

Wanleben /Sachsen-Anhalt

WärmeschutzV (1994) Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden, in der Fassung der Bekanntmachung vom 16. August 1994.

Weglage, A. (Hrsg.)(2008[2]) Energieausweis – Das große Kompendium, Grundlagen – Erstellung – Haftung. Wiesbaden, Viehweg+Teubner Verlag, S. 151 ff.

Weimar und Thüringer Ministerium für Bau und Verkehr, 2007

Wesselak, V. & T. Schabbach (2009) Regenerative Energietechnik. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 527.

Wildpoldsried / Bayern, www.wildpoldsried.de

Windpark Trendelburg / Hessen, www.kommunal-erneuerbar.de

Wolpertshausen / Baden-Württemberg, www.wolpertshausen.de

Anhang 1: Berechnung zum Wohngebiet Humboldstraße

				Wämreversorgung WE, Humboldtstr.					
			Faktor	1a	1b	2a	2b	2c	2d
	Basisdaten	**Einheit**							
1	Wärmeleistung	kW_{th}		449	449	955	955	955	955
2	Jahreswärmebedarf (Arbeit)	MWh_{th}/a		718	718	1.529	1.529	1.529	1.529
3	Benutzungsstunden (Wärme insgesamt)	h/a		1.600	1.600	1.600	1.600	1.600	1.600
	Kapitalgebundene Kosten								
	(1) Heizzentrale (Gebäude)			bestehende Gebäude werden verwendet					
				Einbaukosten in Gebäuden werden vernachlässigt					
	(2) BHKW								
4	installierte elektrische Leistung BHKW	kW_{el}		0	150	250	0	250	0
5	installierte thermische Leistung BHKW	KW_{th}		0	150	250	0	250	0
6	Investitionskosten BHKW	€		0	125.189	176.281	0	176.281	0
7	Vollbenutzungsstunden	h/a		0	4.280	4.280	0	4.280	0
8	Jahresstromerzeugung	MWh_{el}/a		0	642	1.070	0	1.070	0
9	Jahreswärmeerzeugung	MWh_{th}/a		0	642	1.070	0	1.070	0
	(3) Spitzenlastkessel (SK)								
10	Leistung Spitzenkessel	kW_{th}		500	350	750	1.000	750	1.000
11	Investitionskosten SK (€/kW_{th})	€	50	25.000	17.500	37.500	50.000	37.500	50.000
12	Vollbenutzungsstunden	h/a		1.511	324	719	1.609	719	1.609
13	Jahreswärmeerzeugung	MWh_{th}/a		755	113	539	1.609	539	1.609
	(4) Wärmeverteilung (Fernwärmetrasse)								
14	Pauschale Wärmeleitungsverluste (%)	MWh_{th}/a	5%	38	38	80	80	80	80
15	Länge Nahwärmetrasse	m		280	280	616	616	553	553
16	Investitionskosten Trasse (€/m)	€	200	55.900	55.900	123.200	123.200	110.500	110.500
	(5) Gesamt								
17	Summe Investitionskosten	€		80.900	198.589	336.981	173.200	324.281	160.500
18	Planung/Genehmigung (2,5% Ik)	€	2,50%	2.023	4.965	8.425	4.330	8.107	4.013
19	Gesamtinvestitionskosten	€		**82.923**	**203.554**	**345.406**	**177.530**	**332.388**	**164.513**
	Finanzierung								
20	Förderung	€	0%	0	0	0	0	0	0
21	Eigenkapital	€	5%	4.146	10.178	17.270	8.877	16.619	8.226
22	Fremdkapital	€	95%	78.776	193.376	328.135	168.654	315.769	156.287
23	Kreditzins	%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
24	Laufzeit	a	10	10	10	10	10	10	10
25	Annuitätenfaktor			0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
26	Annuität der Investiton	€		**10.202**	**25.043**	**42.495**	**21.841**	**40.894**	**20.240**
	Verbrauchsgebundene Kosten								
27	Brennstoffkosten (Erdgas), Mischpreis	€/kWh	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400
28	Nutzungsgrad BHKW elektrisch	%	35%	35%	35%	35%	35%	35%	35%
29	Nutzungsgrad Spitzenkessel	%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
30	Summe verbrauchsgeb. Kosten	€/a		**33.574**	**78.413**	**146.244**	**71.513**	**146.244**	**71.513**
	Betriebsgebundene Kosten								
31	Personalkosten (40.000 €/a p.P.)	€/a	25%	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
32	Instandhaltung BHKW (4% der Ik)	€/a	4%	0	5.008	7.051	0	7.051	0
33	Instandhaltung Spitzenkessel (1% der Ik)	€/a	1%	250	175	375	500	375	500
34	Summe betriebsgeb. Kosten	€/a		**10.250**	**15.183**	**17.426**	**10.500**	**17.426**	**10.500**
	Erlöse								
35	Einnahmen Wärme (€/kWh_{th})	€/a	0,0600	43.059	43.059	91.716	91.716	91.716	91.716
36	Einnahmen Strom (€/kWh_{el})	€/a	0,1200	0	77.041	128.402	0	128.402	0
37	Steuererstattung BHKW-Erdgas (€/kWh)	€/a	0,0055	0	10.089	16.815	0	16.815	0
38	**jährliche Verluste (-)/ Gewinne (+)**	€/a		**-10.967**	**11.550**	**30.766**	**-12.139**	**32.368**	**-10.537**
	Erlöse			43.059	120.100	220.117	91.716	220.117	91.716
	Kosten			54.026	118.639	206.166	103.855	204.564	102.253

Anhang 2: Berechnung zum Wohngebiet Asbachviertel

			Nahwärmenetz WE, Asbachviertel				
			Faktor	I	II	III	IV
	Basisdaten	**Einheit**					
1	Wärmeleistung	kW_{th}		1.966	2.451	3.566	3.082
2	Jahreswärmebedarf (Arbeit)	MWh_{th}/a		3.146	3.921	5.705	4.931
3	Benutzungsstunden (Wärme insgesamt)	h/a		1.600	1.600	1.600	1.600
	Kapitalgebundene Kosten						
	(1) Heizzentrale (Gebäude)						
	(2) BHKW						
4	installierte elektrische Leistung BHKW	kW_{el}		400	500	800	650
5	installierte thermische Leistung BHKW	KW_{th}		400	500	800	650
6	Investitionskosten BHKW	€		241.527	280.476	384.288	334.378
7	Vollbenutzungsstunden	h/a		5.506	5.489	4.992	5.310
8	Jahresstromerzeugung	MWh_{el}/a		2.202	2.745	3.994	3.452
9	Jahreswärmeerzeugung	MWh_{th}/a		2.202	2.745	3.994	3.452
	(3) Spitzenlastkessel (SK)						
10	Leistung Spitzenkessel	kW_{th}		900	1200	1800	1500
11	Investitionskosten SK (€/kW_{th})	€	50	45.000	60.000	90.000	75.000
12	Vollbenutzungsstunden	h/a		1.232	1.152	1.118	1.159
13	Jahreswärmeerzeugung	MWh_{th}/a		1.109	1.383	2.012	1.739
	(4) Wärmeverteilung (Fernwärmetrasse)						
14	Pauschale Wärmeleitungsverluste (%)	MWh_{th}/a	5%	166	206	300	260
15	Länge Nahwärmetrasse	m		725	1085	1770	1500
16	Investitionskosten Trasse (€/m)	€	200	145.000	217.000	354.000	300.000
	(5) Gesamt						
17	Summe Investitionskosten	€		431.527	557.476	828.288	709.378
18	Planung/Genehmigung (2,5% Ik)	€	2,50%	10.788	13.937	20.707	17.734
19	Gesamtinvestitionskosten	€		**442.316**	**571.413**	**848.995**	**727.113**
	Finanzierung						
20	Förderung	€	0%	0	0	0	0
21	Eigenkapital	€	5%	22.116	28.571	42.450	36.356
22	Fremdkapital	€	95%	420.200	542.842	806.545	690.757
23	Kreditzins	%	5%	5%	5%	5%	5%
24	Laufzeit	a	10	10	10	10	10
25	Annuitätenfaktor			0,13	0,13	0,13	0,13
26	Annuität der Investiton	€		**54.418**	**70.301**	**104.451**	**89.456**
	Verbrauchsgebundene Kosten						
27	Brennstoffkosten (Erdgas), Mischpreis	€/kWh	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400
28	Nutzungsgrad BHKW elektrisch	%	35%	35%	35%	35%	35%
29	Nutzungsgrad Spitzenkessel	%	90%	90%	90%	90%	90%
30	Summe verbrauchsgeb. Kosten	€/a		**301.000**	**375.118**	**545.819**	**471.747**
	Betriebsgebundene Kosten						
31	Personalkosten (40.000 €/a p.P.)	€/a	25%	10.000	10.000	10.000	10.000
32	Instandhaltung BHKW (4% der Ik)	€/a	4%	9.661	11.219	15.372	13.375
33	Instandhaltung Spitzenkessel (1% der Ik)	€/a	1%	450	600	900	750
34	Summe betriebsgeb. Kosten	€/a		**20.111**	**21.819**	**26.272**	**24.125**
	Erlöse						
35	Einnahmen Wärme (€/kWh_{th})	€/a	0,0600	188.760	235.260	342.300	295.860
36	Einnahmen Strom (€/kWh_{el})	€/a	0,1200	264.288	329.340	479.232	414.180
37	Steuererstattung BHKW-Erdgas (€/kWh)	€/a	0,0055	34.609	43.128	62.757	54.238
38	**jährliche Verluste (-)/ Gewinne (+)**	€/a		**112.129**	**140.490**	**207.747**	**178.949**
	Erlöse			453.048	564.600	821.532	710.040
	Kosten			375.529	467.238	676.541	585.329

Anhang 3: Berechnung zum Wohngebiet Kirschbach

			Nahwärmenetz WE, Kirschbachtal - Schönblick - Zöllnerviertel		
			Faktor	I	II
	Basisdaten	**Einheit**			
1	Wärmeleistung	kW_{th}		6.243	6.243
2	Jahreswärmebedarf (Arbeit)	MWh_{th}/a		9.989	9.989
3	Benutzungsstunden (Wärme insgesamt)	h/a		1.600	1.600
	Kapitalgebundene Kosten				
	(1) Heizzentrale (Gebäude)				
	(2) BHKW				
4	installierte elektrische Leistung BHKW	kW_{el}		1.500	1.450
5	installierte thermische Leistung BHKW	KW_{th}		1.500	1.450
6	Investitionskosten BHKW	€		585.554	814.040
7	Vollbenutzungsstunden	h/a		4.662	4.823
8	Jahresstromerzeugung	MWh_{el}/a		6.993	6.993
9	Jahreswärmeerzeugung	MWh_{th}/a		6.993	6.993
	(3) Spitzenlastkessel (SK)				
10	Leistung Spitzenkessel	kW_{th}		3.200	3.200
11	Investitionskosten SK (€/kW_{th})	€	50	160.000	160.000
12	Vollbenutzungsstunden	h/a		1.101	1.100
13	Jahreswärmeerzeugung	MWh_{th}/a		3.522	3.521
	(4) Wärmeverteilung (Fernwärmetrasse)				
14	Pauschale Wärmeleitungsverluste (%)	MWh_{th}/a	5%	526	526
15	Länge Nahwärmetrasse	m		1.595	1.510
16	Investitionskosten Trasse (€/m)	€	200	319.000	302.000
	(5) Gesamt				
17	Summe Investitionskosten	€		1.064.554	1.276.040
18	Planung/Genehmigung (2,5% Ik)	€	2,50%	26.614	31.901
19	Gesamtinvestitionskosten	€		**1.091.168**	**1.307.941**
	Finanzierung				
20	Förderung	€	0%	0	0
21	Eigenkapital	€	5%	54.558	65.397
22	Fremdkapital	€	95%	1.036.610	1.242.544
23	Kreditzins	%	5%	5%	5%
24	Laufzeit	a	10	10	10
25	Annuitätenfaktor			0,13	0,13
26	Annuität der Investiton	€		**134.246**	**160.915**
	Verbrauchsgebundene Kosten				
27	Brennstoffkosten (Erdgas), Mischpreis	€/kWh	0,0400	0,0400	0,0400
28	Nutzungsgrad BHKW elektrisch	%	35%	35%	35%
29	Nutzungsgrad Spitzenkessel	%	90%	90%	90%
30	Summe verbrauchsgeb. Kosten	€/a		**955.722**	**955.666**
	Betriebsgebundene Kosten				
31	Personalkosten (40.000 €/a p.P.)	€/a	25%	10.000	10.000
32	Instandhaltung BHKW (4% der Ik)	€/a	4%	23.422	32.562
33	Instandhaltung Spitzenkessel (1% der Ik)	€/a	1%	1.600	1.600
34	Summe betriebsgeb. Kosten	€/a		**35.022**	**44.162**
	Erlöse				
35	Einnahmen Wärme (€/kWh_{th})	€/a	0,0600	599.340	599.340
36	Einnahmen Strom (€/kWh_{el})	€/a	0,1200	839.160	839.118
37	Steuererstattung BHKW-Erdgas (€/kWh)	€/a	0,0055	109.890	109.885
38	**jährliche Verluste (-)/ Gewinne (+)**	€/a		**423.400**	**387.600**
	Erlöse			1.438.500	1.438.458
	Kosten			1.124.990	1.160.743

Anhang 4: Berechnung zum Wohngebiet Tiefurt

			Nahwärmenetz WE, Tiefurt Faktor	 I
	Basisdaten	**Einheit**		
1	Wärmeleistung	kW_{th}		1.683
2	Jahreswärmebedarf (Arbeit)	MWh_{th}/a		2.692
3	Benutzungsstunden (Wärme insgesamt)	h/a		1.600
	Kapitalgebundene Kosten			
	(1) Heizzentrale (Gebäude)			
	(2) BHKW			
4	installierte elektrische Leistung BHKW	kW_{el}		202
5	installierte thermische Leistung BHKW	KW_{th}		300
6	Investitionskosten BHKW	€		152.817
7	Vollbenutzungsstunden	h/a		5.789
8	Jahresstromerzeugung	MWh_{el}/a		1.169
9	Jahreswärmeerzeugung	MWh_{th}/a		1.737
	(3) Spitzenlastkessel (SK)			
10	Leistung Spitzenkessel	kW_{th}		1.200
11	Investitionskosten SK (€/kW_{th})	€	50	60.000
12	Vollbenutzungsstunden	h/a		914
13	Jahreswärmeerzeugung	MWh_{th}/a		1.097
	(4) Wärmeverteilung (Fernwärmetrasse)			
14	Pauschale Wärmeleitungsverluste (%)	MWh_{th}/a	5%	142
15	Länge Nahwärmetrasse	m		1.791
16	Investitionskosten Trasse (€/m)	€	200	358.200
	(5) Gesamt			
17	Summe Investitionskosten	€		571.017
18	Planung/Genehmigung (2,5% Ik)	€	2,50%	14.275
19	Gesamtinvestitionskosten	€		**585.292**
	Finanzierung			
20	Förderung	€	0%	0
21	Eigenkapital	€	5%	29.265
22	Fremdkapital	€	95%	556.028
23	Kreditzins	%	5%	5%
24	Laufzeit	a	10	10
25	Annuitätenfaktor			0,13
26	Annuität der Investiton	€		**72.008**
	Verbrauchsgebundene Kosten			
27	Brennstoffkosten (Erdgas), Mischpreis	€/kWh	0,0200	0,0200
28	Nutzungsgrad BHKW elektrisch	%	35%	35%
29	Nutzungsgrad Spitzenkessel	%	90%	90%
30	Summe verbrauchsgeb. Kosten	€/a		**91.199**
	Betriebsgebundene Kosten			
31	Personalkosten (40.000 €/a p.P.)	€/a	25%	10.000
32	Instandhaltung BHKW (4% der Ik)	€/a	4%	6.113
33	Instandhaltung Spitzenkessel (1% der Ik)	€/a	1%	600
34	Summe betriebsgeb. Kosten	€/a		**16.713**
	Erlöse			
35	Einnahmen Wärme (€/kWh_{th})	€/a	0,0600	161.520
36	Einnahmen Strom (€/kWh_{el})	€/a	0,1200	140.325
37	Steuererstattung BHKW-Erdgas (€/kWh)	€/a	0,0055	0
38	**jährliche Verluste (-)/ Gewinne (+)**	€/a		**121.926**
	Erlöse			301.845
	Kosten			179.920

Anhang 5: Akteursdatenbank

Akteure	Anschrift	Telefon
Hochschulen, Forschungseinrichtungen:		
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fakultät V - IBU	Ammerländer Heerstr. 114-118 26129 Oldenburg	0441 798-0
Forschungszentrum Jülich GmbH	Wilhelm-Johnen-Straße 52428 Jülich	02461 61-4622
Fraunhofer Institut für Bauphysik	Nobelstraße 12 70569 Stuttgart	0711-970-3337
Fraunhofer-Institut für Bauphysik Kassel, Abteilung Energiesysteme, Exergiebilanzierung / Bewertung Versorgungssysteme	Gottschalkstraße 28a 34127 Kassel	0561-804-1874
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE	Heidenhofstr. 2 79110 Freiburg	0761 / 45 88 0
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg)	Berliner Tor 5 20099 Hamburg	040 428 75 8331
Hochschule Karlsruhe –Technik und Wirtschaft, Fakultät Elektro- und Informationstechnik	Moltkestraße 30 76133 Karlsruhe	07 21 / 9 25-0
Hochschule Magdeburg-Stendal	Breitscheidstr. 2 39114 Magdeburg	0391 8 86 30
Hochschule Rosenheim	Hochschulstraße 1 83024 Rosenheim	08031-805-0
ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH	Wilckensstraße 3 69120 Heidelberg	06221 / 47 67 -0
RWTH Aachen, Lehrstuhl für Gebäude und Raumklimatechnik	Templergraben 55 52056 Aachen	0241 80-95305
Technische Universität Darmstadt	Hochschulstraße 1 64289 Darmstad	06151 16-3923
Technische Universität Hamburg-Harburg	Schwarzenbergstrasse 95 21073 Hamburg	040 / 42878-0
Technische Universität München, Professur für Betriebswirtschaftslehre, Brauerei- und Lebensmittelindustrie	Alte Akademie 14 85350 Freising	08161 / 71 4472
Universität Duisburg-Essen, Profilschwerpunkt „Urbane Systeme“	Universitätsstraße 15 45117 Essen	0201 183 - 1
Universität Karlsruhe (TH)	76128 Karlsruhe	+0721 - 608- 0
Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER)	Heßbrühlstraße 49a 70565 Stuttgart	0711/685-87854
Behörden:		
Forsten, Umwelt und Naturschutz		
Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG)	Mainzerhofstraße 12 99084 Erfurt	0361 5603-460

Thüringer Energie- und GreenTech-Agentur	Mainzerhofstraße 12 99084 Erfurt	0361 5603 460
Thüringer Ministerium für Landwirtschaft,	Beethovenstraße 3 99096 Erfurt	0361 37 9 00
Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie	Max-Reger-Straße 4-8 99096 Erfurt	0361 / 37 97 999
Vereine, Verbände, Stiftungen:		
AKT Architektenkammer Thüringen	Bahnhofstr. 39 99084 Erfurt	0361 210500
AKT Architektenkammer Thüringen, AG Ökologisches Bauen & Planen	Jakobstr. 10 99423 Weimar	03643 772114
Bauindustrieverband Hessen-Thüringen e. V.	Blosenburgstr. 4 99096 Erfurt	0361 60056-15
Bauschule Erfurt bip-group outplacement GmbH	Juri-Gagarin-Ring 152 99084 Erfurt	0361 5661336
BIC Bauherrn Informations Center Genossenschaft e. G.	Mainzerhofstr. 10 99084 Erfurt	0361 5504155
Bildungswerk für berufsbezogene Aus- und Weiterbildung Thüringen gGmbH "Thüringer Kompetenzzentrums für	Herman-Hollerith-Str. 3 99099 Erfurt	0361/ 60146-0
Eigenbetrieb Zentrale Grundstücks- und Gebäudewirtschaft der Stadt Gera	Ernst Toller-Str. 15 07545 Gera	0365 8384500
Energie- und Umweltpark Thüringen e.V.	Knebelstraße 7 98693 Ilmenau	03677 871880
ErdwärmeThüringen e.V.	Zum Wilden Graben 6 99423 Weimar	
Fachverband Biogas e.V. , Regionalbüro Ost	Alfred-Hess-Straße 8 99094 Erfurt	0361 2625 3366
Handwerkskammer Südthüringen BTZ Rohr-Kloster + VITT	Rohr-Kloster 98530 Rohr	036844 47250
IHK Industrie- und Handelskammer Erfurt	Arnstädter Str. 34 99096 Erfurt	0361 3484218
Ingenieurkammer Thüringen - Körperschaft des öffentlichen Rechts	Flughafenstraße 4 99092 Erfurt	361 22873 - 0
Institut für Photonische Technologien e.V.	Postfach 100239 07702 Jena	03641 206-438
Klimaschutzstiftung Jena-Thüringen	Rudolstädter Str. 39 07745 Jena	03641 688210
KNOTEN WEIMAR, Internationale Transferstelle Umwelttechnologien GmbH	Coudraystraße 7 99423 Weimar	03643 58 46 02
Ökonomie durch Ökologie Verein zur Förderung einer Nachhaltigen Stadtentwicklung e.V.	Moritzhof 4 99084 Erfurt	0163 466 2061
SolarInput e.V.	Konrad-Zuse-Str. 14 99099 Erfurt	0361 663 1154
Solarvalley Mitteldeutschland e. V.	Konrad-Zuse-Str. 14 99099 Erfurt	0361 427-6840
Stiftung für Technologie, Innovation und Forschung Thüringen	Mainzerhofstr. 10 99084 Erfurt	0361 77892375

Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie	Carl-August-Allee 8-10 99423 Weimar	03643 684-0
UBAT Umweltberatung/Umweltanalytik Thüringen e.V.	Haarbergstr. 37 99097 Erfurt	0361 7920720
Umweltinstitut für Forschung und Technologie in Ostthüringen e.V.	Wiesestraße 115 07548 Gera	0365 8 30 19 25
Verbraucherzentrale Thüringen e. V.	Eugen-Richter-Str. 45 99085 Erfurt	0361 55514-0
Verein d. Ingenieure u. Techniker in Thüringen e. V. (VITT)	Juri-Gagarin-Ring 152 99084 Erfurt	0361 2250800
Verein Energiewende Thüringen e.V.	Frauenberg 1 99817 Eisenach	
Hochschulen in Thüringen:		
Bauhaus-Universität Weimar	Geschwister-Scholl-Straße 8 99423 Weimar	036 43/58 -0
Fakultät Bauingenieurwesen		
Fakultät Architektur		
Friedrich-Schiller-Universität Jena	Fürstengraben 1 07743 Jena	03641/9300
Chemisch-geowissenschaftliche Fakultät,		
Institut für Geographie, AG Regionalklima und Nachhaltigkeit		
Institut für Energiewirtschaftsrecht		
Fachhochschule Erfurt	Postfach 450155 99051 Erfurt	0361 6700 7 01
Studiengang Gebäude- und Energietechnik		
Studiengang Verkehrs- und Transportwesen		
Fachhochschule Jena	Postfach 10 03 14 07703 Jena	03641 20 50
Fachbereich Sci Tec		
Technische Universität Ilmenau	Postfach 10 05 65 98684 Ilmenau	03677 69-0
Institut für Energie-, Antriebs- und Umweltsystemtechnik		

FG Thermo- u. Fluiddynamik, AG Regen. Energien		
Fachhochschule Nordhausen	Weinberghof 4 99734 Nordhausen	03631 4200
Studiengang Regenerative Energietechnik		
Studiengang Flächen- und Stoffrecycling		
Studiengang Public Management & Governance		
ADAM-RIES-FACHHOCHSCHULE GmbH	Juri-Gagarin-Ring 152 99084 Erfurt	0361 653120-10
Studiengang Management nachhaltiger Energien		
Forschungseinrichtungen:		
CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH	Konrad-Zuse-Str. 14 99099 Erfurt	0361 6631 410
FITR - Forschungsinstitut für Tief- und Rohrleitungsbau gemeinnützige GmbH	Gutenbergstraße 29a 99423 Weimar	03643-82680
Fraunhofer Anwendungszentrum Systemtechnik Ilmenau (AST)	Am Vogelherd 50 98693 Ilmenau	03677/461 - 0
Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Institutsteil Hermsdorf	Michael-Faraday-Straße 1 07629 Hermsdorf	03660193013902
Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik e.V. (iba)	Rosenhof 37308 Heilbad Heiligenstadt	03606 - 671 - 0
Thüringer Institut für Nachhaltigkeit und Klimaschutz (ThINK)	Leutragraben 1 07743 Jena	03641-5733250
Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL)	Naumburger Str. 98 07743 Jena	03641 - 683 0
MFPA Materialforschungs- und Prüfanstalt a. d. Bauhaus-Universität Weimar	Amalienstr. 13 99423 Weimar	03643 564-347
Energieversorgungsunternehmen:		
E.ON Thüringer Energie AG	Schwerborner Straße 30 99087 Erfurt	03 61-6 52-0
Eisenacher Versorgungs-Betriebe GmbH	An der Feuerwache 4 99817 Eisenach	03691 682-0
Energieversorgung Greiz GmbH	Mollbergstraße 20 07973 Greiz	03661/614-0
Energieversorgung Nordhausen GmbH	Straße der Genossenschaften 93 99734 Nordhausen	0 36 31 6 34 - 5
Energieversorgung Rudolstadt GmbH	Oststraße 18 07407 Rudolstadt	03672 444-0

EVA Energieversorgung Apolda GmbH	Heidenberg 52 99510 Apolda	03644 50280
EVI Energieversorgung Inselsberg GmbH	Albrechtstr. 14 99880 Waltershausen	03622 9200-0
EWA Energie- und Wasserversorgung Altenburg GmbH	Franz-Mehring-Straße 6 04600 Altenburg	03447 866-444
EWZ Energiewerke Zeulenroda GmbH	Lohweg 8 07937 Zeulenroda-Triebes	03 66 28 720 - 0
Licht- und Kraftwerke Sonneberg GmbH	Bismarckstraße 11 96515 Sonneberg	0 36 75 89 27 - 0
Sömmerdaer Energieversorgung GmbH	Uhlandstraße 7 99610 Sömmerda	0 36 34 37 11-0
Stadtwerke Arnstadt GmbH	Elxlebener Weg 8 99310 Arnstad	0 36 28/7 45-0
Stadtwerke Bad Langensalza GmbH	Illebener Weg 11a 99947 Bad Langensalza	03603/8508-0
Stadtwerke Eisenberg GmbH	Etzdorfer Str. 2 07607 Eisenberg	036691 / 666-22
Stadtwerke Energie Jena-Pößneck GmbH	Rudolstädter Straße 39 07745 Jena	03641 688 - 0
Stadtwerke Gera AG	De-Smit-Straße 18 07545 Gera	0365 - 856 0
Stadtwerke Gotha GmbH	Pfullendorfer Str. 83 99867 Gotha	03621 433-185
Stadtwerke Ilmenau GmbH	Auf dem Mittelfeld 5 98693 Ilmenau	03677/788-0
Stadtwerke Meiningen GmbH	Utendorfer Str. 122 98617 Meiningen	03693 484-0
Stadtwerke Mühlhausen GmbH	Windeberger Landstraße 73 99974 Mühlhausen	0 36 01 434 - 3
Stadtwerke Neustadt an der Orla GmbH	Ernst-Thälmann-Straße 18 07806 Neustadt an der Orla	036481 247-0
Stadtwerke Saalfeld GmbH	Remschützer Straße 42 07318 Saalfeld	03671 590-0
Stadtwerke Schmölln GmbH	Sommeritzer Str. 74/1 04626 Schmölln	034491 644-0
Stadtwerke Sömmerda GmbH	Poststraße 1 99610 Sömmerda	03634 350 170
Stadtwerke Sondershausen GmbH	Am Schlosspark 18 99706 Sondershausen	03632 6048-0
Stadtwerke Stadtroda GmbH	Breiter Weg 58 07646 Stadtroda	036428 443-0
Stadtwerke Suhl/Zella-Mehlis GmbH	Fröhliche-Mann-Str. 2 98528 Suhl	0 36 81 495-0
Stadtwerke Weimar Stadtversorgungs-GmbH	Industriestraße 14 99427 Weimar	03643 4341 - 0
SWE Stadtwerke Erfurt GmbH	Magdeburger Allee 34 99086 Erfurt	0361 564-0

SWS Stadtwerke Schmalkalden GmbH	Altmarkt 1 98574 Schmalkalden	03683 667-110
Wärmeversorgung Neuhaus GmbH	Am Bornhügel 20 98724 Neuhaus/Rwg.	03679 720001
Werraenergie GmbH	August-Bebel-Straße 36-38 36433 Bad Salzungen	03695 87 60 - 0
WINGAS GmbH, Betriebsbereich Ost	Wingas Weg 1 99334 Eischleben	0361 737791610
Architekur- und Ingenierbüros:		
Architekt Michael Bieheim	Humboldtstr. 60e 99423 Weimar	03643 513392
Architektur & Baustatik Dres. E.-Ch. & A. Scholz	Andreasstr. 35 99084 Erfurt	0361 2114570
Architektur- & Ingenieurbüro A. Dietrich	Meininger Str. 113 98529 Suhl	03681 304734
Architektur- & Ingenieurbüro B + P Bohmann und Peltsch	Schenkendorfstr. 28 07548 Gera	0365 7344222
Architektur- und Ingenieurbüro Bachmann & Schiller	Alexander-Puschkin-Str. 17 04626 Schmölln	034491 82884
Architektur- und Planungsbüro Seidel	Freiherr-vom-Stein-Allee 23 99425 Weimar	03643 512710
Architektur-, Ingenieur-, Bau-Sachverständigenbüro v. Drusche	Amselweg 3 99423 Weimar	03643 772275
Architekturbüro Arndt-Rank	Taunussteinerstr. 1 07570 Wünschendorf	036603 88261
Architekturbüro Backhaus	Ludwig-Jahn-Str. 22 98544 Zella-Mehlis	03682 487212
Architekturbüro Brigitte Agsten	Schillbachstr. 27 07743 Jena	03641 448537
Architekturbüro Bugdol	Mauergasse 3 99947 Bad Langensalza	03603 811025
Architekturbüro Dipl.-Ing. Thomas Dellemann	Knickhagen 3 37308 Heilbad Heiligenstadt	03606 606013
Architekturbüro Köcher	Hauptstr. 23 99439 Berlstedt	036452 72201
Architekturbüro Marcel Borcherdt	Wallröder Str. 14 37345 Großbodungen	036077 29092
Architekturbüro Schlotter und Thimm	August-Bebel-Str. 10 07646 Stadtroda	036428 61074
Architekturbüro Voigt	Max-Greil-Siedlung 51a 99428 Weimar-Tröbsdorf	03643-4989939
bauer architekten BDA	Gunta-Stölzl-Str. 11 99425 Weimar	03643 850566
Bauplanung Dipl.-Ing. Ute Cyriax	Lietzscher Straße 4 07551 Gera	0365 7732438
BIT Tiefbauplanung GmbH	Kirchplatz 7 07552 Gera-Roschütz	0365 4304812

Björnsen Beratende Ingenieure Erfurt GmbH	Brühler Herrenberg 2a 99092 Erfurt	03 61 22 49 - 0
CTK-Planungsgesellschaft mbH	Urbicher Weg 160 99102 Erfurt, OT Niedernissa	0361 66 33 930
die "bauhütte" formann-nobis-danz - partner architektur & denkmalpflege	Felchtaer Str. 28 99974 Mühlhausen	03601 816575
Dipl.-Ing (FH) Patrick Bischoff - Ingenieurbüro für Energiewirtschaft, Erfurt	Auf dem Rade 12 99100 Erfurt	036208 80772
Dr. Dieter Achilles - Ingenieurbüro für Umwelt- und Energietechnologie, Jena	Keßlerstraße 27 07745 Jena	03641 22 53 85
E + P Ingenieure	Schillerstr. 9a 99423 Weimar	03643 772400
ENVISYS GmbH & Co. KG	Graben 1 99423 Weimar	03643 77 70 44
EPC Engineering Consulting GmbH	Breitscheidstraße 152 07407 Rudolstadt	03672 30 23 30
ETB Bauprojekt Architektur- & Ingenieurbüro GmbH	A.-Puschkin-Platz 5 07745 Jena	03641 616755
Gildehaus.Reich Architekten, Weimar	Scherfgasse 1 99423 Weimar	0 36 43 77 86 0
Haustechnisches Planungsbüro Heiner Focke	Neundorfer Str. 24 98527 Suhl	03681 301477
HKL Ingenieurgesellschaft mbH, Erfurt Stotternheim	Erfurter Landstr. 9 99195 Stotternheim	0362 04 6 16 - 0
HPI Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft	Rießnerstr. 18 99427 Weimar	03643 746-314
IBH - Herold & Partner Ingenieure	Humboldtstr. 58b 99425 Weimar	03643 775836
IBW Ingenieurbüro für Bauwerkserhaltung	Industriestr. 1a 99423 Weimar	03643 43960
IDG Ingenieurbüro Dworrak & Gatzer	Am Stadtberg 12 98642 Hildburghausen	03685 71044
IGS Ingenieurgemeinschaft Setzpfandt	Kantstr. 5 99425 Weimar	03643 5428-0
IHU Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH	Am Sportplatz 1 99735 Nordhausen-Leimbach	03631 89060
IKB Ingenieurbüro Krause	Am Hopfberge 6 99444 Blankenhain	036459 62206
Industrievertretungen Greiner	Rudolstädter Str. 38-40 07422 Bad Blankenburg	036741 3311
Ing.-Büro Dr. Lauenroth Wärme Technik Umwelt CONSULT	Am Kieshügel 15 07743 Jena	03641 829246
Ingenieurbüro Dr. Götze - UHL Jena	Lutherstr. 131 07743 Jena	03641 575950
Ingenieurbüro für Automation Peter Walther	Markusweg 13 99087	0361 7462958
Ingenieurbüro für Energie- und Umweltberatung Dr. Markert	Eisenacher Strasse 10 36452 Kaltennordheim / Rhön	036966 80001

Ingenieurbüro für Energiewirtschaft Dr. Dirk Schramm (VBI) GmbH	Landsberger Straße 2 98617 Meiningen	03693 47 87 00
Ingenieurbüro für Energiewirtschaft Dr.-Ing. Dirk Schramm (VBI) GmbH	Landsberger Straße 18 a 98617 Meiningen	03693 8800916
Ingenieurbüro für Haustechnik GbR Endter & Butler	Hermann-Kiese-Str. 2 99189 Vieselbach	036203 94070
Ingenieurbüro für TGA, Gebäudemanagement u. Informationssysteme Jens Mewes	Schillerstr. 6 99096 Erfurt	0361 3452920
Ingenieurbüro für Wasser und Boden	Clara-Zetkin-Str. 10 99734 Nordhausen	03631 984879
Ingenieurbüro Gerhard Rink	Lindenstr. 37 99718 Greußen	03636 703224
Ingenieurbüro Dr.-Ing. Manfred Hanfler	Windmühlenstr. 20 99425 Weimar	03643 502927
Ingenieurbüro IBU Dipl.-Ing. Karl-Heinz Bartl	Am Wachtelberg 10 07407 Rudolstad	03672 41 27 42
Ingenieurbüro Lopp Planungsgesellschaft mbH	Freiherr-vom-Stein-Allee 5 99425 Weimar	0 36 43 54 31 0
Ingenieurbüro Mißbach & Gärtner	Rathsfelder Str. 1 99734 Nordhausen	03631 476742
Ingenieurbüro Peter Putze	Falkenburg 1 99425 Weimar	03643 414973
Ingenieurbüro Sommer	Zillestraße 14a 07318 Saalfeld	03674 35813
Ingenieurgesellschaft "Tempelwald" mbH	Carolinenstr. 40 07973 Greiz	03661 7043-0
Ingenieurgesellschaft TGA mbH	Am Bahnhof 8 98529 Suhl	03 681 3 93 70
IPH Klawonn.Selzer - Ingenieurbüro für Technische Gebäudeausrüstung Weimar	Friedrich-Ebert-Straße 38 99423 Weimar	3643 77 36 984
ITK Industrie Thermografie Krüll	Am Burgholz 26 99891 Tabarz	036259 50991
Jena-Geos®-Ingenieurbüro GmbH	Saalbahnhofsstr. 25 c 07743 Jena	0 36 41 4535 0
Ji Jena-Investitionen Planungs- und Ingenieurgesellschaft mbH	Prüssingstraße 40 07745 Jena	03641 67 02 40
KuK Kiefer und Krebs - Beratende Ingenieure für das Bauwesen, Erfurt	Am Seegraben 2 99099 Erfurt	0361 4206415
Lässig Ingenieurbüro	Braugasse 1 99423 Weimar	03643 490560
Martin Davignon - Freier Architekt	Glockengasse 31 99084 Erfurt	0361 5615770
MWW Ingenieurbüro Weimar (Alpha-Innotec GmbH)	Georg-Haar-Str. 16 99427 Weimar	03643 7737484
PEE GmbH i. G.	Hattenhoferstr. 29a 36124 Eichenzell	06659 915689
PEEG mbH, Planungsbüro für erneuerbare Energien	Hattenhoferstraße 29a 36124 Eichenzell	06659 915689

Planungsbüro für Architektur und Baumanagment Dr. Krista Blassy	Alfred-Hess-Str. 20 99094 Erfurt	0361 6013360
Planungsbüro Kiesel	Freiherr-vom-Stein-Allee 12 99425 Weimar	03643 499099
Planungsgemeinschaft MLP	Washingtonstr. 53a 99423 Weimar	03643 851280
Planungsgruppe Mitte GmbH	Emminghausstr. 3 99867 Gotha	03621 751415
Pöyry Deutschland GmbH, NL Erfurt	Dittelstedter Grenze 3 99099 Erfurt	0361 486-0
REGIOBAU, Regionale Bauplanungsgesellschaft mbH	Hans-Ehrhardt-Str. 6 98544 Zella-Mehlis	03682 8940-0
RPI Ingenieurconsult	Adolf-Tegtmeier-Allee 1 99438 München / Thür.	036458 49160
Schubert Hamann Dinkler Architekten + Ingenieure	Carolinenstr. 29 07973 Greiz	03661 70670
SIGMA PLAN Weimar GmbH	Am Kirschberg 33 99423 Weima	3643 86 00
SolarPlan GmbH	Flinsberger Straße 6 37359 Wachstedt	036075 56 10
TBJJ Technische Baubegutachtung Dipl.Ing. John und Archtiekt Jope Partnerschaft	Schwabestraße 3 99423 Weimar	03643 51 50 55
TPG Techno-Projekt Gesellschaft mbH	Fritz-Koch-Straße 14 99817 Eisenach	03691 21 36 55
UniWork GmbH	Am Eichberg 43 36341 Lauterbach	06641 64655-21
vgs Ingenieure Dr. Köhler & Kirschstein GmbH	Arnstädter Str. 28 99096 Erfurt	0361 78934-22
Worschech Architekten Planungsgesellschaft mbH	Fischersand 2 99084 Erfurt	0361-59082-0
Unternehmen:		
2K Moxa Lighting GmbH	Ortsstraße 31 07381 Moxa	036483 7610
ABERA Alternative Energie-Beratung und Anwendung	Bäckerberg 7 99198 Erfurt-Urbich	0361 4232546
adapt engineering GmbH	Motorenstraße 1a 99734 Nordhausen	03631 60 54-0
AEP Energie-Consult GmbH	Wiesestraße 115 07548 Gera	0365 830 19 41
AIG Gotha GmbH	Gartenstraße 46-50 99867 Gotha	03621 356-0
AING Nordhausen gmbH	Köllingstr. 13 99734 Nordhausen	03631 61320
Akzo Nobel Functional Chemicals GmbH & Co. KG	Liebigstraße 7 07973 Greiz	03661 78251
Analytik Jena AG	Konrad-Zuse-Straße 1 07745 Jena	036 41 77-70

Apparate- & Behältertechnik Heldrungen GmbH	Straße der RTS 06577 Heldrungen	03 46 73 95 40
Apparatebau Nordhausen GmbH	Bochumer Straße 14 99734 Nordhausen	0 36 31 538 0
APV Deutschland GmbH, NL Artern	Saline 2/3 06556 Artern	03466 74 27 0
ARCADIS Consult GmbH, NL Erfurt	Eugen-Richter-Str. 44 99085 Erfurt	0361 569 34 0
ARCON Bauplanungs GmbH	Bahnhofstr. 36 37308 Heilbad Heiligenstadt	03606 619000
asola Advanced and Automotive Solar Systems GmbH	Konrad-Zuse-Str. 25 99099 Erfurt	0361 24 1425-0
AWP Wärmepumpen GmbH	Elxlebenerweg 10 99310 Arnstadt	03628 58108-30
AWU GmbH	Leimbacher Str. 100 36433 Bad Salzungen	03695 6974-0
Bau-Consult Hermsdorf Gesellschaft beratender Ingenieure mbH	Uthmannstraße 14 07629 Hermsdorf	036601 5740
Bauhaus Akademie Schloss Ettersburg gGmbH	Am Schloß 1 99439 Ettersburg	0361 6449524
Berndt Bio Energy GmbH	Geraer Straße 10 07570 Wünschendorf	036603 8450
BEUG Biogas und Energie GmbH	Hauptstraße 4 a 99820 Hörselberg-Hainich OT Be.	03 62 54 8657-0
BEUG Biogas und Energie GmbH	Kommunikationsweg 11 99734 Nordhausen	036 31 65 69 61
Bezold GmbH	Nauendorfer Str. 24 99887 Herrenhof/Thür.	036253 4618-0
BIC Nordthüringen GmbH	Waldstraße 2 99706 Sondershausen	03632-6230
BIGUS GmbH	Schwanseestr. 113a 99427 Weimar	03643 502366
B-K-B Knaak Rohrvortrieb GmbH	Volkenrodaer Weg 16 99994 Schlotheim	036021 9970
BOG Bohr- und Umwelttechnik GmbH	Eselsteig 17 07586 Caaschwitz	036605 20757-0
Bohlen & Doyen Bauunternehmung GmbH, Zweigniederlassung Südost	Heinrich-Credner-Str. 18 99087 Erfurt	0361 77848-0
Böhm Solar Equipment Technology GmbH	Böhmstraße 1 / Industriegebiet 98544 Zella-Mehlis	03682 452-262
Bohrgesellschaft Greiz GmbH	Liebigstr. 7 07973 Greiz	03661 674237
Bohrunternehmen Hennig	Ludwig-Jahn-Str. 5 07545 Gera	0365 8329129
Bohrunternehmen Petnik GbR	Am Anger 9 07389 Knau	036484 60090
Bo-Ra-tec GmbH	Damaschkestr. 19a 99425 Weimar	03643 7736920

Bosch Solar Energy AG	Wilhelm-Wolff-Straße 23 99099 Erfurt	0361 2195-0
Bosch Solar Thin Film GmbH	Wilhelm-Wolff-Straße 23 99099 Erfurt	0361 2195-0
Bosch Solar Wafers GmbH	Wilhelm-Wolff-Straße 23 99099 Erfurt	0361 2195-0
Brunnenbau Bohrbetrieb Pumpenschlosserei Weigandt	Ohrdrufer Str. 17 99869 Emleben	03621 755344
Brunnenbau Conrad GmbH	Thamsbrücker Str. 10 99947 Merxleben	03603 3906-0
BTN Biotechnologie Nordhausen GmbH	Kommunikationsweg 11 99734 Nordhausen	03631 656961
CWG Calbenser Wohnungsbaugesellschaft mbH	Karl-Marx-Str. 39 39240 Calbe (Saal)	039291 43717
Dipl.-Ing. Lutz Kurth Bohr- und Brunnenausrüstungen GmbH	Kohnsteinbrücke 12 99734 Nordhausen	036331 328-31
DÖRING Haustechnik & Gebäudemanagement GmbH	Am Wickerstedter Weg 7 99510 Niederroßla	03644 555012
Dornburger Zement GmbH & Co. KG	In der Oberaue 07778 Dornburg-Steudnitz	036427 861120
E.S.C. H. Engineering Service Center und Handel GmbH	Maxhüttenstraße 19 07333 Unterwellenborn	03671 67 40 10
e.t.a. Sachverständigenbüro Reyer	Haarbergstraße 37 99097 Erfurt	0361 4229000
EAW Energieanlagenbau GmbH Westenfeld	Oberes Tor 106 98631 Westenfeld	03 69 48 8 41 32
Elektro-Pönicke GmbH	Adolph-Herbert-Straße 12 07950 Zeulenroda-Triebes	036622 7640
ELTEC Dieter Lilienthal	Herrenstr. 16 99428 Nohra	03643 851010
Energie Software Winfried Schöffel	Malerstieg 23 99425 Weimar	03643 777044
EPC Anlagenbau Rudisleben GmbH	Dr.-Bonnet-Weg 1 99310 Arnstadt	03628 6604829
erd bohr GbR Uhlig & Keilhauer	Dorfstr. 11a 07586 Bad Köstritz	0365 8008115
Eurofins Umwelt Ost GmbH	Löbstedter Straße 78 07749 Jena	03641 4649-0
EW Wasser GmbH	Philipp-Reis-Straße 2 37308 Heilbad Heiligenstadt	03606 655183
Extrawatt, Gesellschaft für erneuerbare Energien mbH	Schlachthofstr. 8-10 99423 Weimar	03643 743088
Fa. Bernd Faupel Zukunftsweisende Wärmesysteme (Wärmepumpe IDM Terra)	Schenkengasse 6 99947 Weberstedt	036022 91777
Fa. Harald Kellner Heizung & Bäder	Ellichlebener Weg 4 99326 Stadtilm	03629 3387
Fa. Steffen Krieg, Meisterbetrieb für Gas - Heizung - Sanitär (Wärmepumpe Neura)	Henneberger Straße 10a 98617 Meiningen	03693 820359

Fresnel Optics GmbH	Flurstedter Marktweg 13 99510 Apolda	03644 50110
Fugro-HGN GmbH	Grimmelallee 4 99734 Nordhausen	03631 6570
GEALAN Tanna Fenster-Systeme GmbH	Industriegebiet Kapelle 07922 Tanna	09286 772710
GeoLith®	Auf dem Stufenberg 74 99334 Elleben	0361 2263240
GEON Holding GbR	Stadtrodaer Str. 69 07548 Gera	0365 82450-0
Geo-Service Juhre	Wesserstr. 32 07950 Zeulenroda-Triebes	036622 79096
GEOTEC Erfurt	Julius-König-Str. 6 99085 Erfurt	0361 65851837
Geotechnik Dr. Nottrodt Weimar GmbH	Industriestr. 1a 99427 Weimar	03643 8857-0
Geotechnik Heiligenstadt GmbH	Aegidienstrasse 14 37308 Heilbad Heiligenstad	03606 55 40 0
German Pipe Industrie- und Fernwärmetechnik GmbH	Darrweg 43 99734 Nordhausen	03631 46267-0
GESO Gesellschaft für Sensorik, geotechnischen Umweltschutz und mathematische Modellierung mbH Jena	Löbstedter Straße 47b 07749 Jena	03641 4698-0
Global Lightz GmbH	Nordstr. 5 98597 Breitungen/Werra	036848-2593300
GLU Gesellschaft für Geotechnik, Landschafts- und Umweltplanung mbH	Saalbahnhofstraße 27 07743 Jena	03641 46280
GSS Gebäude-Solarsysteme GmbH	Wiesenring 2 07554 Korbußen	036602 90490
GTG Geologisch Technische Gesellschaft mbH	Kirchplatz 7 07552 Gera-Roschütz	0365 430493
Häring Gebäude- und Energietechnik	Backhausgasse 2 99869 Goldbach	036255 82996
HBS Bohrgesellschaft mbH	Langensalzaer Str. 3 99947 Schönstedt	036022 980821
Heizung Daume & Todt GmbH	Am Alten Speicher 7 99427 Weimar	03643 42800
Heizung Sanitär und Wärmepumpenspezialist Uwe Wunderlich	Zum langen Tal 4 07639 Tautenhain	036601 9265-0
Herbert Rill Elektroinstallation, Solar- und Wärmepumpentechnik	Wanfrieder Str. 13 99974 Mühlhausen/Thür.	03601 440439
Herzog Heizungsbau	Richard-Strauss-Str. 6 99423 Weimar	03643 902424
HGT Hydro-Geotechnik GmbH Nordhausen	Kommunikationsweg 4 99734 Nordhausen	03631 623-0
HTI Thüringen Handel KG, Niederlassung Erfurt	Justus-Liebig-Str. 34 99087 Erfurt	0361 7403910
Huber Haustechnik GmbH	Weg zum Sportplatz 9 99438 Weimar-Legefeld	03643 849383

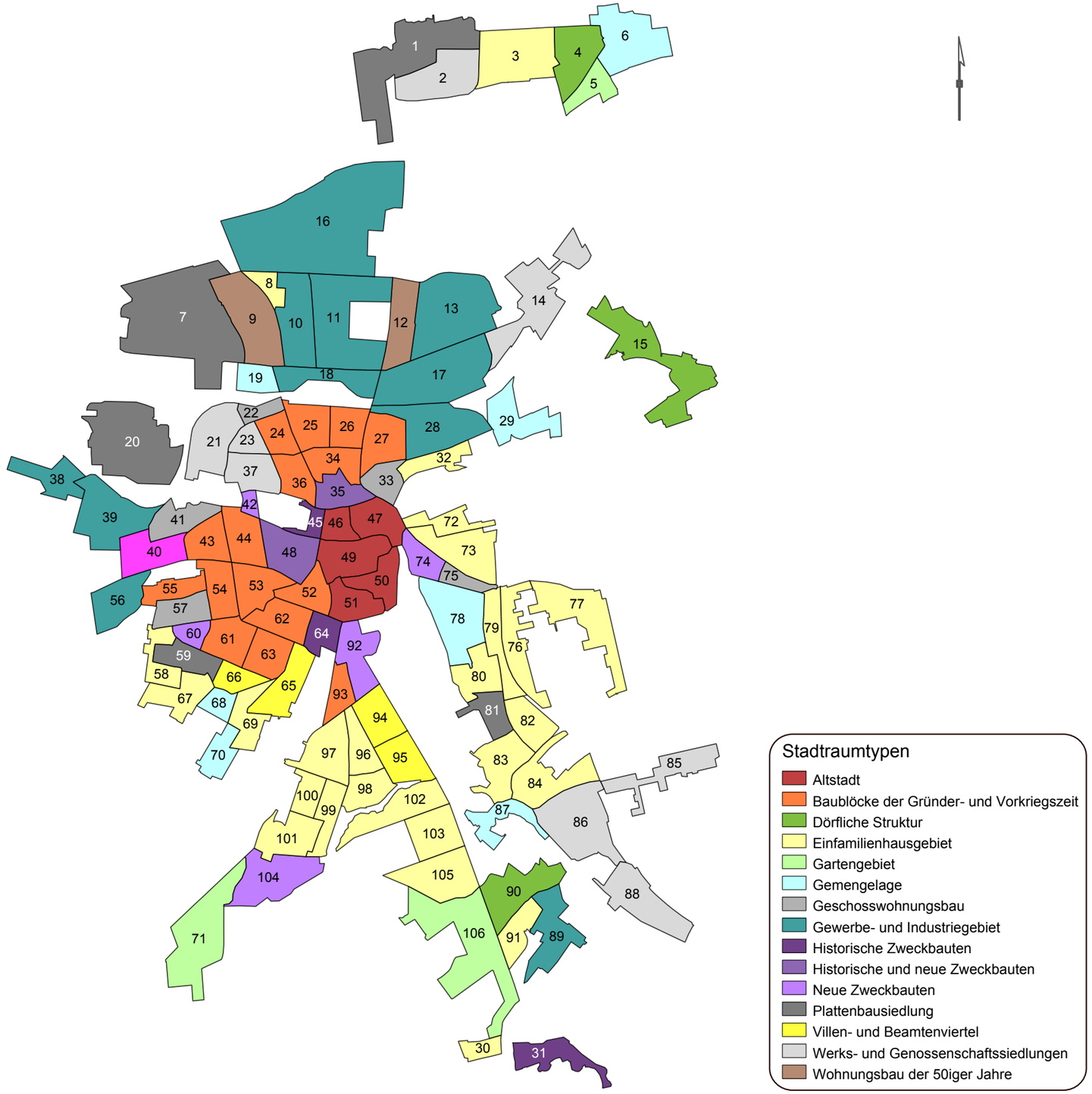
IB Installationsbau Läbe GmbH	Goethestr. 2 99310 Arnstadt	03628 722817
IMG Institut für Maschinen, Antriebe und elektronische Geräte gGmbH	Postfach 100 162 99721 Nordhausen	03631 924-141
IMOSI Industrie Montage-Service Ichtershausen GmbH	Am Sülzenbrückener Weg 10 99334 Ichtershausen	036202 98 50
Intergeo Suhl GmbH	Silbergrund 5 98528 Suhl-Heidersbach	3681 449031
ITD Ing. Technik + Design GmbH & Co. KG	Goethestr. 2 99867 Gotha	03621 709150
Jenconsult Laasdorf Planungs- u. Handelsges. für Anlagenbau mbH	Dorfring 2 07646 Laasdorf	036428 578 0
Jenoptik AG (Holding)	Carl-Zeiss-Str. 1 07743 Jena	03641 65 0
Jenoptik Automatisierungstechnik GmbH	Carl-Zeiß-Straße 1 07739 Jena	03641 65-0
Jenoptik Polymer Systems GmbH	Am Sandberg 2 07819 Triptis	03 64 82 45-0
Jens Götze Heizung-Lüftung-Sanitär	Dorfstr. 45b 99976 Hollenbach	03601 815104
Jens Schüller Heizung Sanitär Bauklempnerei	Blumenstr. 70 99092 Erfurt	0361 6549430
JOMA-Dämmstoffwerk GmbH	Hauptstraße 31 07554 Gera-Cretzschwitz	036695 8 10
Jura-Kälte GmbH	Aberzhausen 15 91180 Heideck	09177 49480
Karber & Breitwieser GmbH	Bornrand 1, 99326 Ilmtal OT Griesheim	03629 800020
Kieback & Peter GmbH & Co. KG	Weimarische Str. 16a 99099 Erfurt	0361 442670
Klimabau Volk GmbH & Co. KG	Lauchaer Höhe 14 99880 Waltershausen	03622 6521-0
Knauf Insulation GmbH, Werk Bad Berka	Am Schloßberg 3 99438 Bad Berka	03 64 58 37-0
KoCoS Automation GmbH, Betriebsstätte Weimar	Döbereinerstraße 22 99427 Weimar	03643 90 63 80
Konrad Kunze AG	Ausspanne 15 98693 Ilmenau	03677 67 69-0
Kössel Heizungstechnik	Herressener Str. 36 99510 Apolda	03644 562456
Köthen Energie GmbH	Lelitzer Str. 27b 06366 Köthen	03496 5055-0
Krey & Partner GmbH	Brühl 8-16 99423 Weimar	03643 512719
Kumatec GmbH	Industriestrasse 14 96524 Neuhaus / Schierschnitz	036764 7840
Lehmbaustoffe Thilo Schneider	Anger 56 99100 Gierstädt	036206 2 34 70

Leuchtstoffwerk Breitungen GmbH	Lange Sömme 17 98597 Breitungen	03 68 48 84 0
Liapor GmbH & Co. KG, Werk Liaver Ilmenau	Gewerbepark Am Wald 17 98693 Ilmenau	03677 8629-0
LuZie GmbH Erfurt	Rudolfstr. 55 99084 Erfurt	0361 6726249
Masdar PV GmbH	Wolff-Knippenberg-Str. 4 99334 Ichtershausen	03628 5868-0
MATEC Elektro- und Automatisierungsanlagenbau GmbH	Friedrich-Adolf-Richter-Straße 5 07407 Rudolstadt	03672 4676-0
MAZeT GmbH	Göschwitzer Straße 32 07745 Jena	03641 28 09 0
Menningen KG, NL Weimar	Otto-Schott-Str. 99425 Weimar	03643 9006-0
Menz Gernhardt Partnerschaft MGP	Ratstannenweg 20a 99425 Weimar	03643 8729-0
MUT Advanced Heating GmbH	Fritz-Winkler-Straße 1 - 2 07749 Jena	03641 56 56 - 0
MWB AG Niederlassung Nordhausen	Alte Leipziger Straße 50 99735 Nordhausen/Bielen	03631 918350
NP Nöring & Preißler Brunnenbau- und Bohr- GmbH	Dingelstädter Straße 15 99976 Beberstedt	036023 50221
Öko-Energiesysteme GmbH	Hauptstraße 8 37355 Deuna	036076 5 13 13
Öko-Haustechnik InVENTer GmbH	Ortsstraße 4 a 07751 Löberschütz	036427-21 92 0
PATZAK Heizung & Sanitär GmbH	Erfurter Str. 58 99423 Weimar	03643 852210
Pleitz GmbH	Golzener Str. 4 06636 Laucha/Unstrut	034462 329-0
PowerPlus Technologies GmbH	Fasaneninsel 20 07548 Gera	0365 830403-0
PowerThermie Energieanlagen GmbH & Co. KG	Am Kalkhügel 28 99706 Sondershausen	03632 70 69 0
PRO-G.E.O. Therm mbH	Mühlgasse 2 36469 Tiefenort	03695 825314
ProGeoS Kremser & Kremser GbR	Wolferoder Weg 5 99976 Beberstedt	036023 18731
Proteku Umwelttechnik GmbH	Ahornstr. 14 36469 Tiefenort	03695 825676
RAB Rohrleitungs- und Anlagenbau GmbH	Großensteiner Str. 10 04626 Löbichau OT Beerwalde	036602 155-0
Rainer Lang Sanitär- und Heizungstechnik	Teutleber Str. 12 99880 Laucha	03622 408200
Rautal Wohnbau Verwaltungs und Beteiligungs GmbH	Jena Closewitzer Str. 4e 07743 Jena	03641 504270
Reinhard Feikert GmbH Allgemeiner Ingenieurbau	Am Felsenkeller 71 c 99310 Witzleben/Ilm	036200 6340

ROHN & Co. GmbH	Paitzdorf 63a 07580 Paitzdorf	036602 22678
Sachverständigenbüro Lind	Geschwister-Scholl-Platz 1a 99891 Gotha	03621 706812
Saller Unternehmensgruppe	Zum Hospitalgraben 6 99425 Weimar	03643 8674-35
SAVUS Haustechik Fachmarkt Service GmbH	Georg-Haar-Str. 11 99423 Weimar	03643 2457-50
Schachtbau Nordhausen GmbH	Industrieweg 2a 99734 Nordhausen	03631 632-462
Schilling Bohr GmbH	Crimmitschauer Str. 54 04626 Schmölln	034491 544-0
Schlotzhauer & Kahl GbR Wärmepumpen	Haarbergstr. 63 99097 Erfurt	0361 7896453
SCHOTT Solar Thin Film GmbH	Otto-Schott-Straße 13 07745 Jena	03641 681-0
SET Solar- und Energiespartechnik	Knebelstr. 7 98693 Ilmenau	03677 4669977
SHE Sanitär- und Heizungstechnik Erhardt GmbH	Kirchberg 5 98593 Martinroda	03677 797073
Siemens AG, Fossil Power Generation Erfurt	Werner-von-Siemens-Straße 1 99086 Erfurt	03617 53 10 10
Sokratherm GmbH & Co. KG, ZNL Nordhausen	Helmestraße 20 99734 Nordhausen	03631 9076 0
Solar Valley GmbH	Konrad-Zuse-Str. 14 99099 Erfurt	0361 427-6840
SolarDomo Moderne Haustechnik GmbH, Zentrum Alternative Energie	Kreuzstr. 8 98617 Meiningen	03693 81289-0
Staudt Haustechnik	Grabental 30 98634 Unterweid	036946 22031
Streicher GmbH Tief- und Ingenieurbau Jena	In den Teichen 2 07751 Jena-Maua	03641 610453
SYSTA System-Automatisierung GmbH	Elsteraue 3 07586 Bad Köstritz	036605 90 090
TABERG-OST GmbH	Stadtrodaer Str. 69 07548 Gera	0365 82450-0
Terra Calidus GmbH	Siemensstr. 37 07546 Gera	0365 161 8989
TERRA MONTAN Gesellschaft für angewandte Geologie mbH	Dombergweg 1 98527 Suhl	03681 7106-0
Terratec Energie GmbH & Co. KG	Ravolzhäuser Str. 31a 63543 Neuberg	06185-8997434
TGA SFF GmbH	Bodelschwingstr. 80 99425 Weimar	03643 49230
THÜMAG	Magdalaer Weg 4 99441 Döbritschen	036454 59964
Thüringer Bohrgesellschaft mbH	Meienbergstr. 25 99084 Erfurt	0361 5507858

TPQ Technische Produkte Quast GmbH Wenden, NL Thüringen	Lange Gasse 7 98597 Breitungen	036848 87831
TRACTO-TECHNIK GmbH & Co. KG	Postfach 4020 57356 Lennestadt	02723 808219
Tridelta Thermprozess GmbH	Marie-Curie-Straße 14	03660193 89 0
TUT Thüringer Umwelttechnik GmbH	Magdeburger Allee 34 99086 Erfurt	0361 564 0
TÜV Thüringen Anlagentechnik GmbH & Co. KG	Melchendorfer Straße 64 99096 Erfurt	0361 42 83 0
TWA Wärmeanlagenbau Thüringen GmbH & Co. KG	Rudolstädter Straße 15 07422 Bad Blankenburg	036741 56- 0
Uponor GmbH, PS Zella-Mehlis	Am Köhlergehäu 17 98544 Zella-Mehlis	03682 89 75 50
UTK - Klima Consult GmbH	Platanenweg 45 06712 Zeitz	03441 224224
Uwe Rametsteiner Heizung-Sanitär-Wärmepumpen	Zillbacher Str. 1 98590 Schwallungen	036848 20664
Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG, Vertriebsbüro Erfurt	Am Seegraben 2 99099 Erfurt	03643 772459
VIEGA GmbH & Co. KG, Planungsberatung	Neue Straße 6 99734 Nordhausen	03631 901456
Vogelsang Maschinenbau GmbH	Gew.geb.Rothenschirmbach Nr.8 06295 Lutherstadt Eisleben	03477 62 05 81
Vollack GmbH & Co. KG	Wartburgstr. 1 99817 Eisenach	03691 813114
W/T Geoingenieure	Friesenstr. 5 99734 Nordhausen	03631 4659075
Wachsenburg-Massiv-Haus AG	Burgstr. 7 99310 Wachsenburggemeinde	03628 6155-0
Weber GmbH Service für Öl-Gas-Wärmeanlagen	Kraftstraße 1 07548 Gera	0365 811316
Weißenborn Service und Haustechnik GmbH	Salinenstr. 8 99089 Erfurt	0361 6530953
WGT Wärme- und Gebäudetechnik GmbH	E.-Rosenthal-Str. 22b 99423 Weimar	03643 244312
WUS Wiese-Umwelt-Service GmbH	Bahnhofstraße 27 07980 Berga	036623 3 10 09
Ziegelwerk Nordhausen Dipl.-Ing. Sourell GmbH	Stolberger Straße 141 99734 Nordhausen	03631 88 10 42
Ziller Sanitär	Beethovenstr. 11 96515 Sonneberg	03675 702266

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten
6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West
11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt
16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West
21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West
26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf
31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz
36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße
41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle
46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt
51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße
54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße
56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick
61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße
66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldtstraße
71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd
76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße
81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofstraße
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord
91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße
96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße
106 Unterm Tälchen



Karte 1: Stadtraumtypen

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

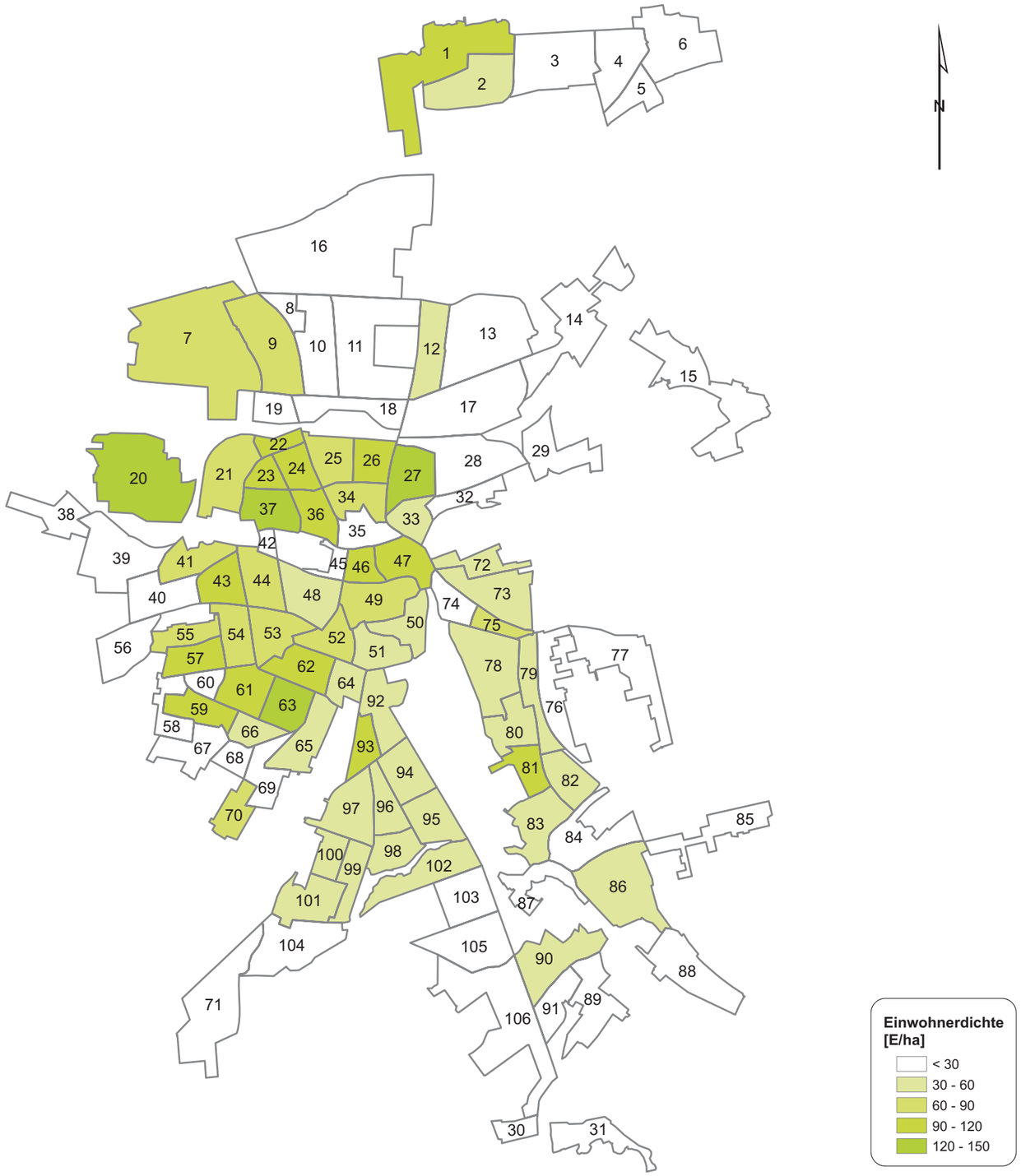
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



Karte 2: Einwohnerdichte

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

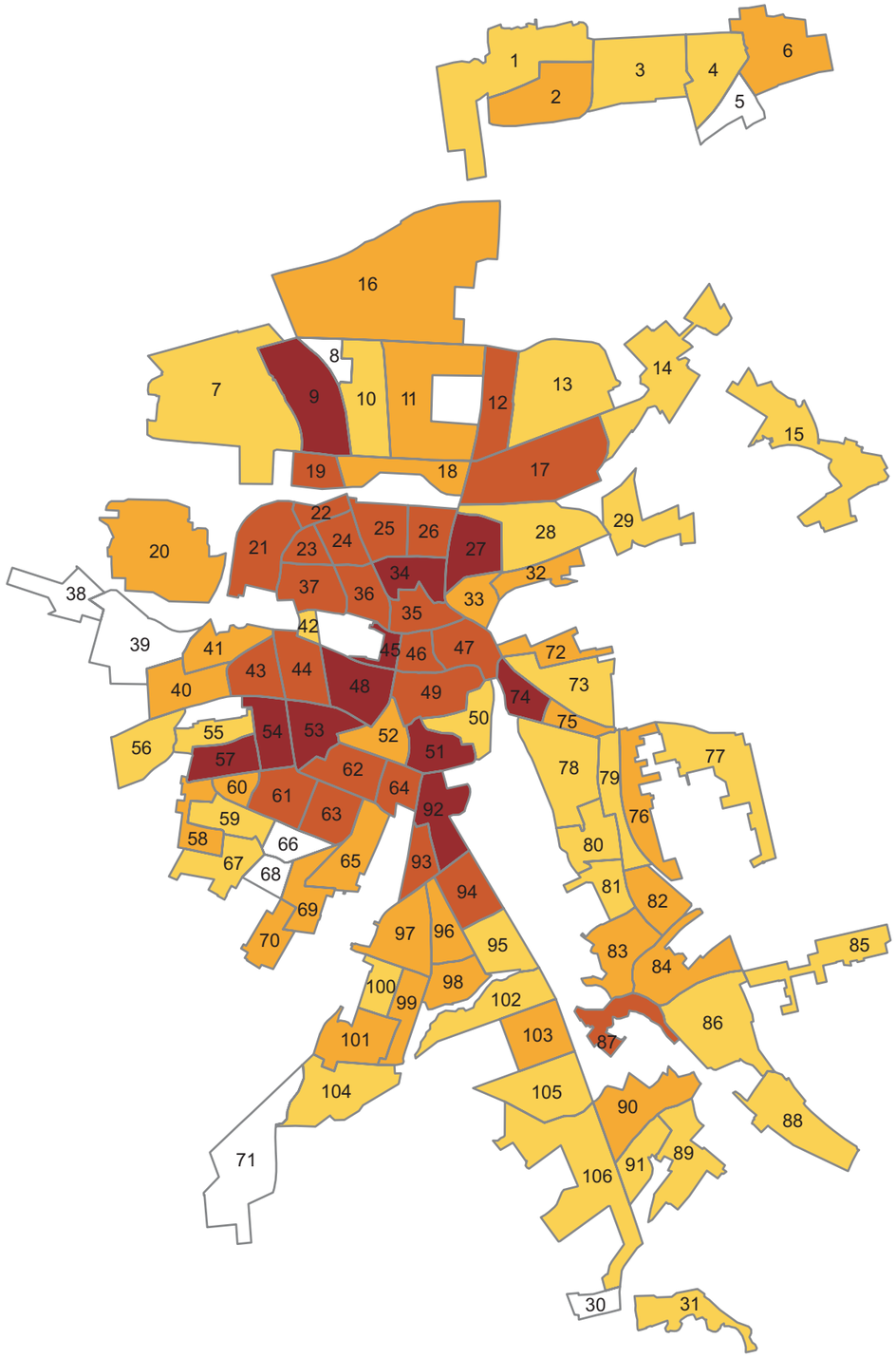
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



Karte 3: Bebauungsdichte

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

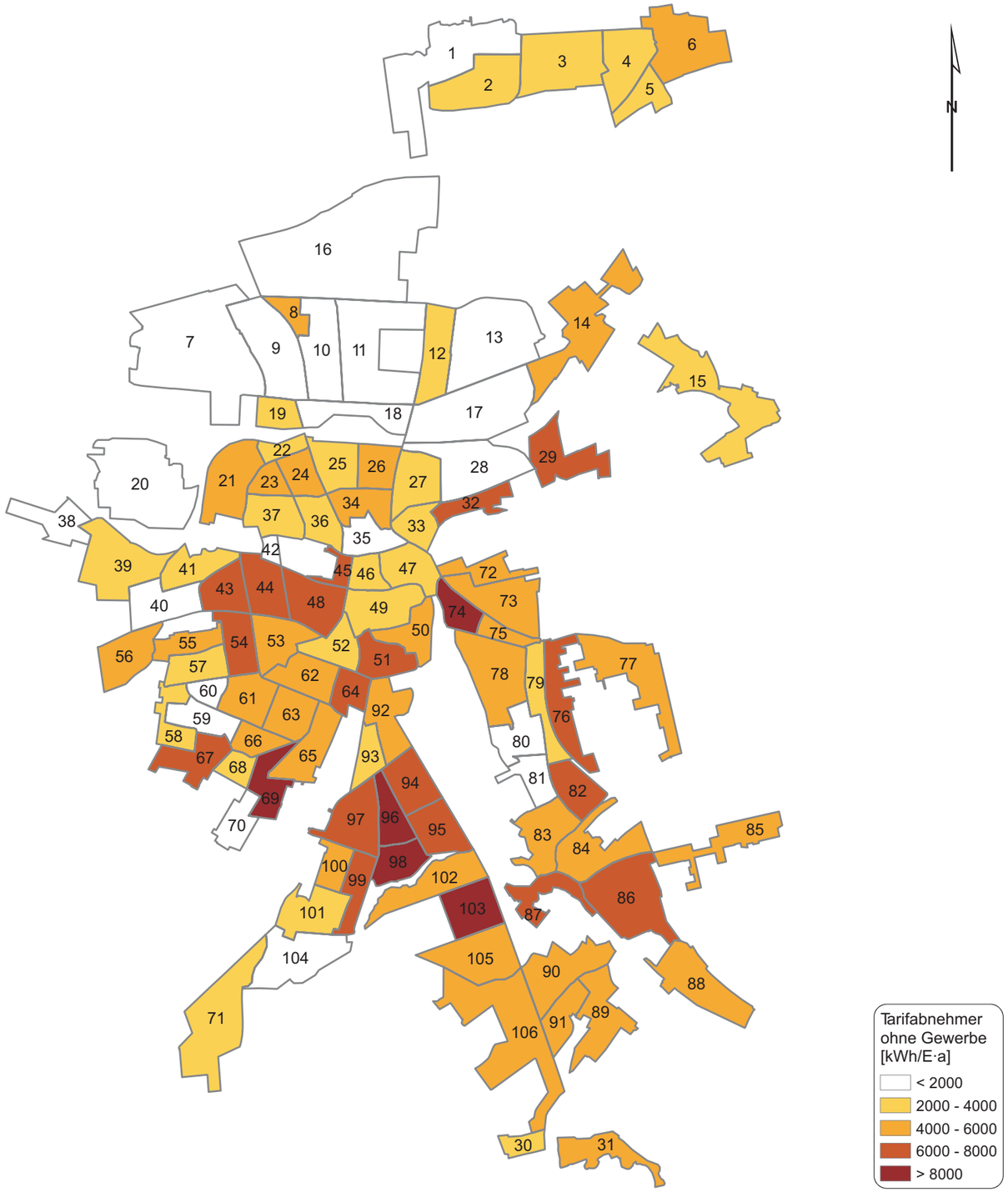
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



Karte 4: Gasverbrauch - Tarifabnehmer ohne Gewerbe

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

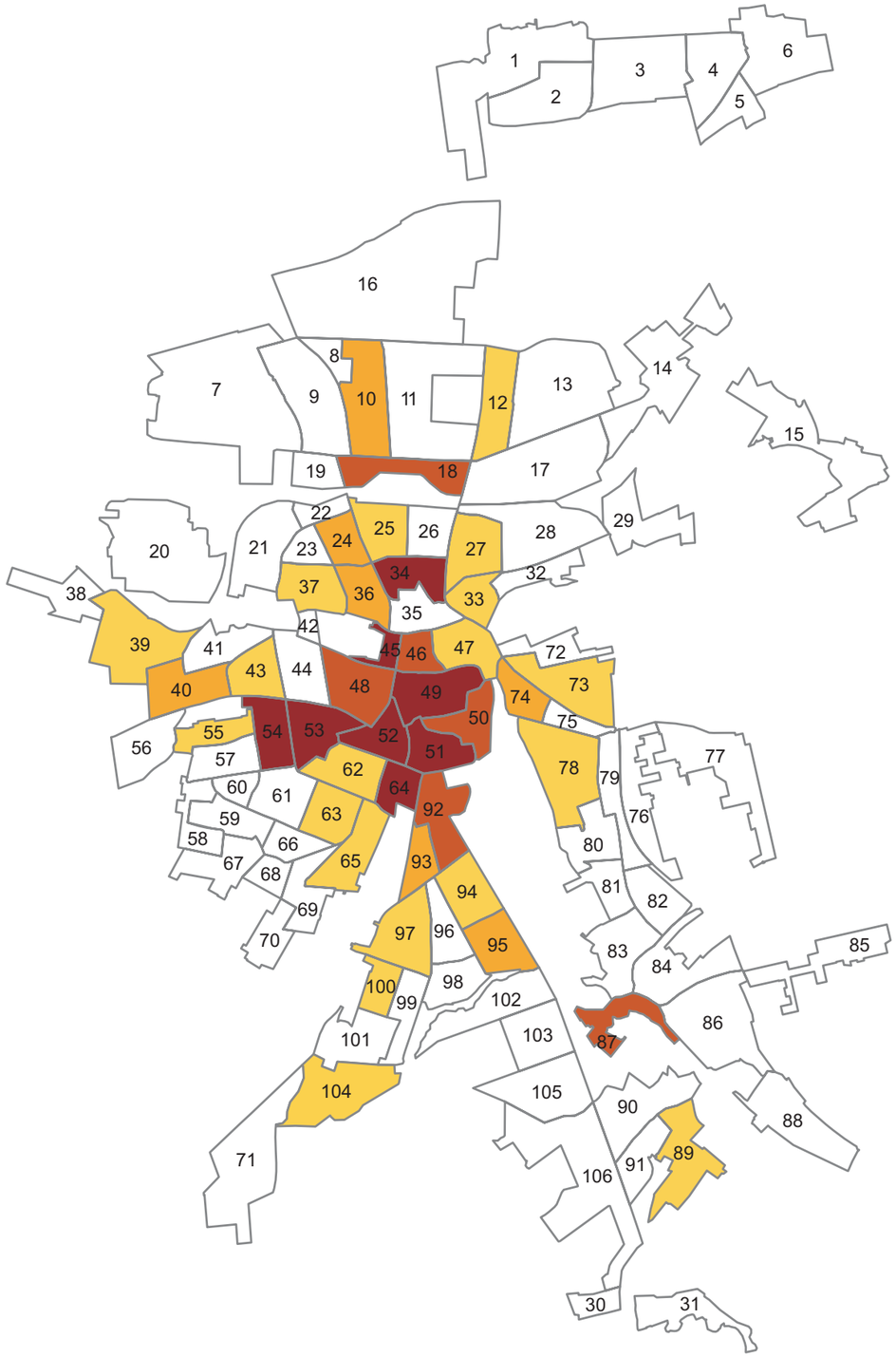
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



Karte 5: Gasverbrauch - Gewerbeabnehmer

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

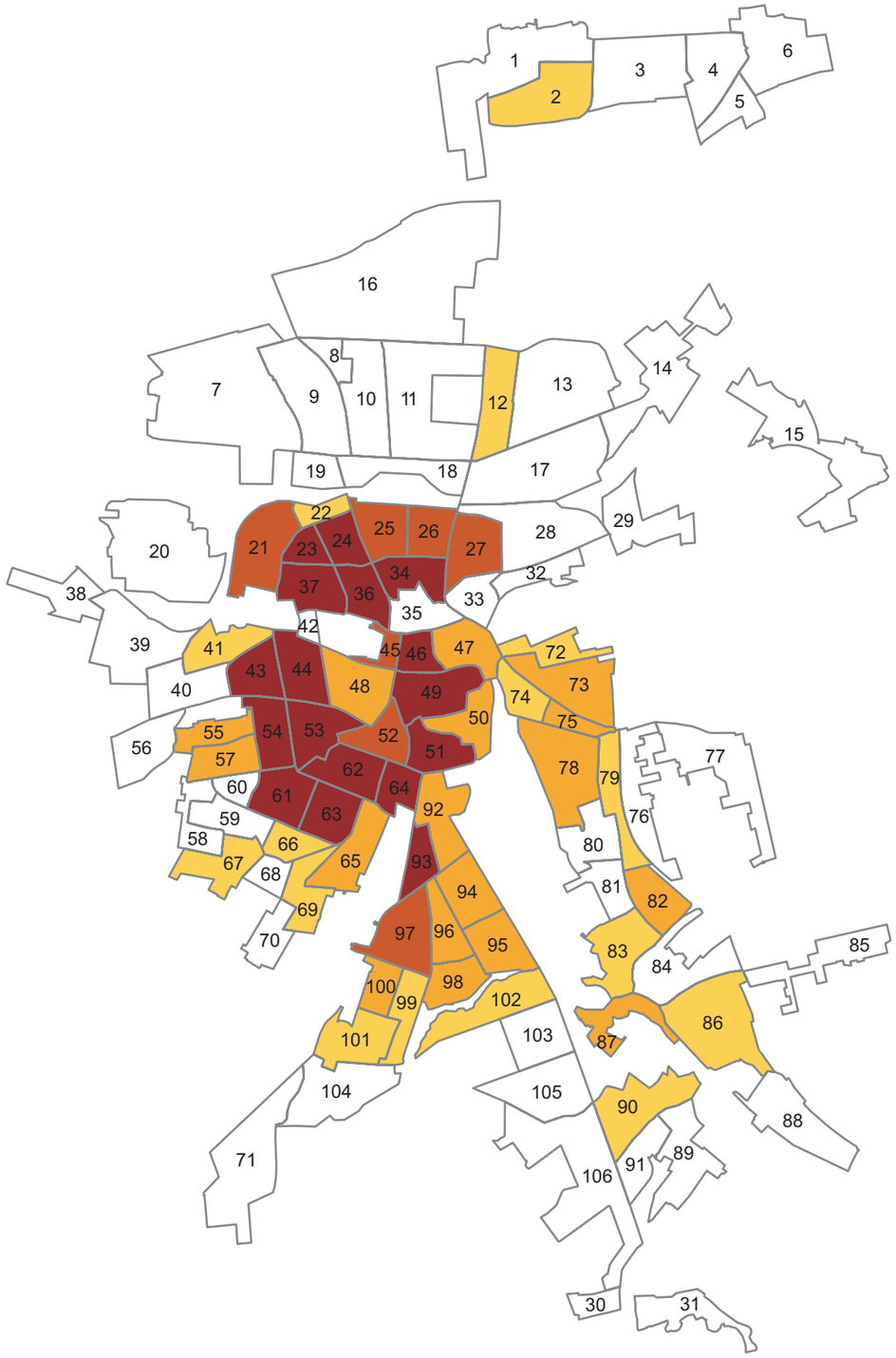
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



Karte 6: Gasverbrauch - Tarifabnehmer Gesamt

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

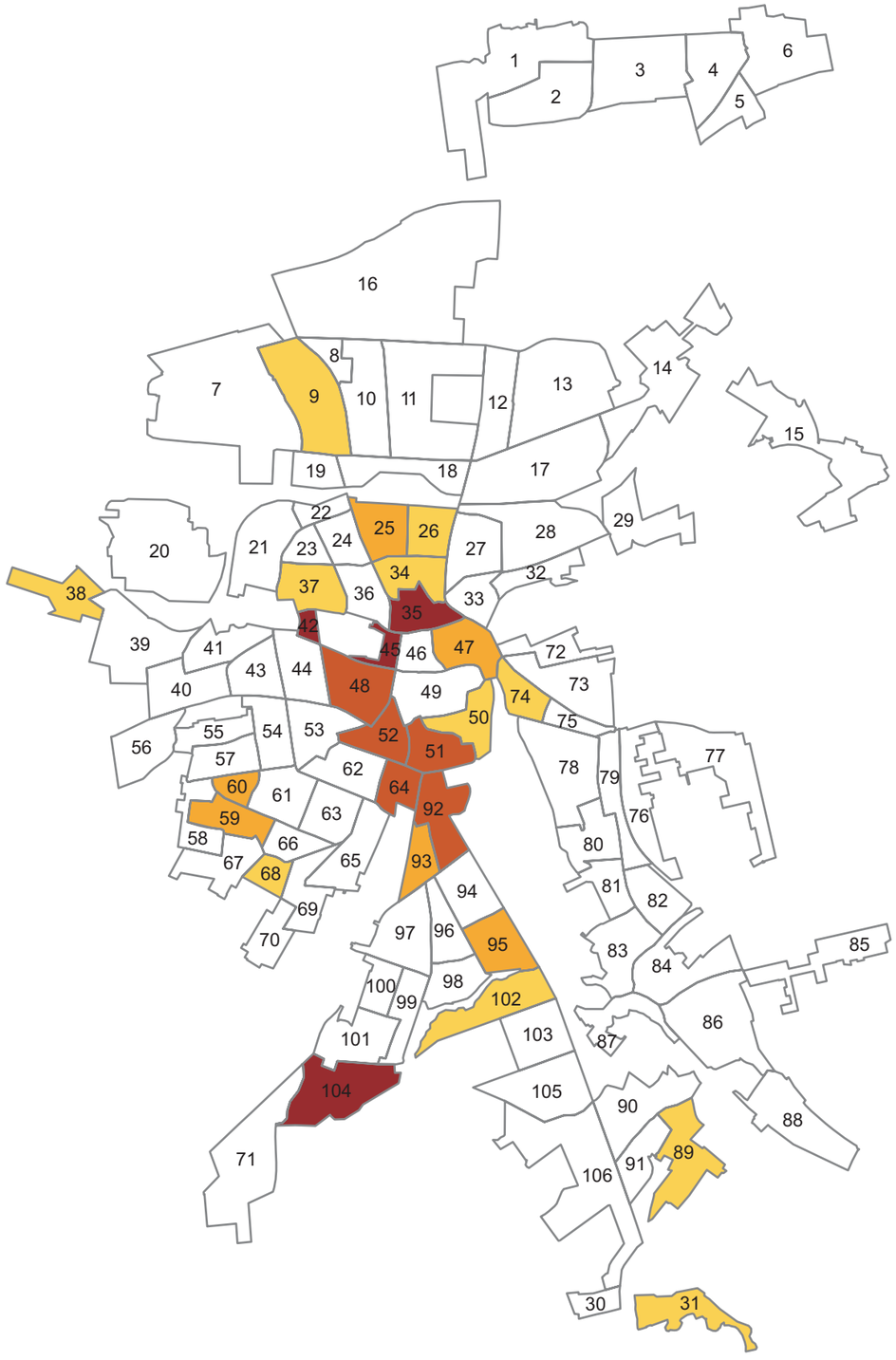
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



Karte 7: Gasverbrauch - Sonderabnehmer

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

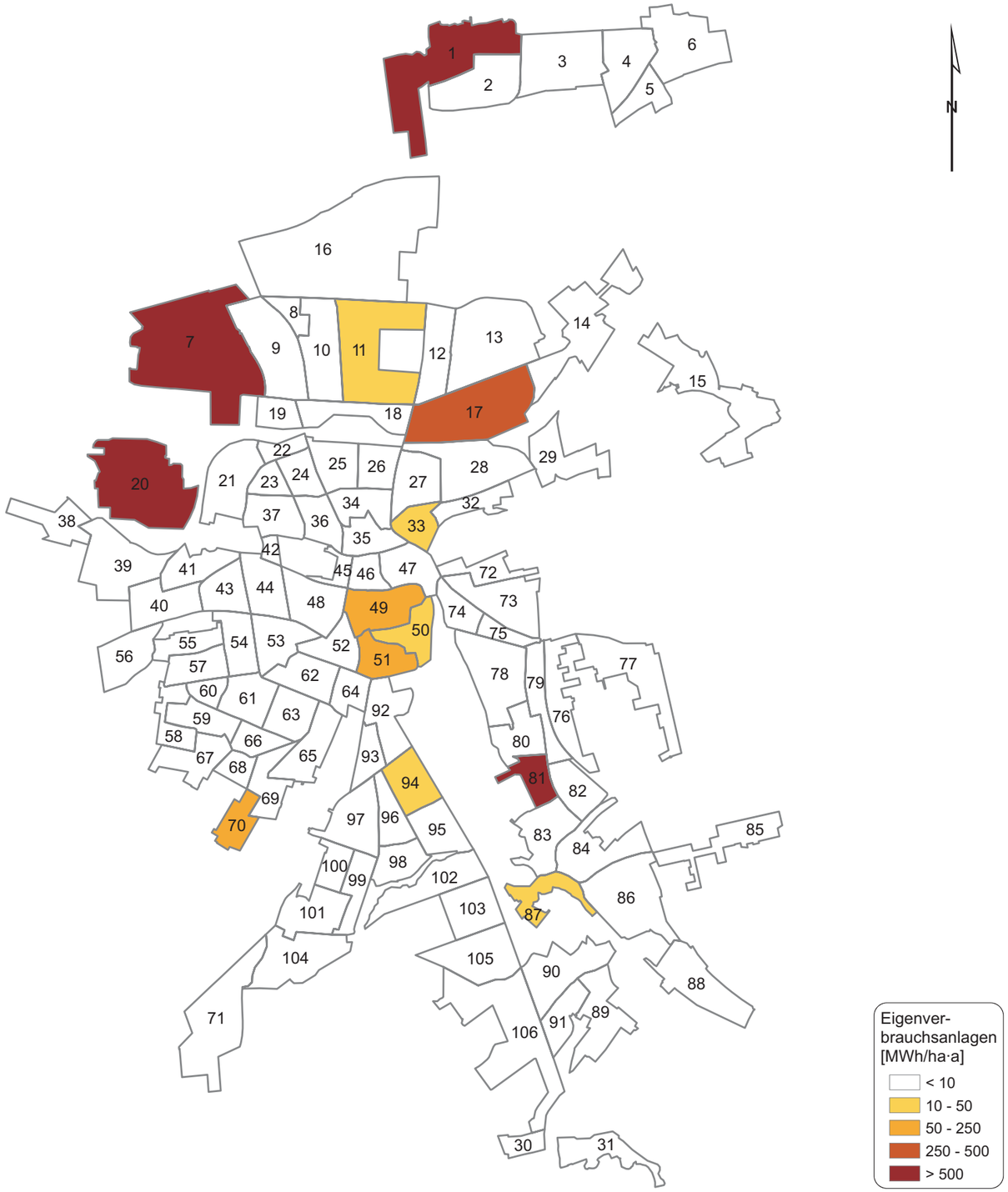
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



Karte 8: Gasverbrauch - Eigenverbrauchsanlagen

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

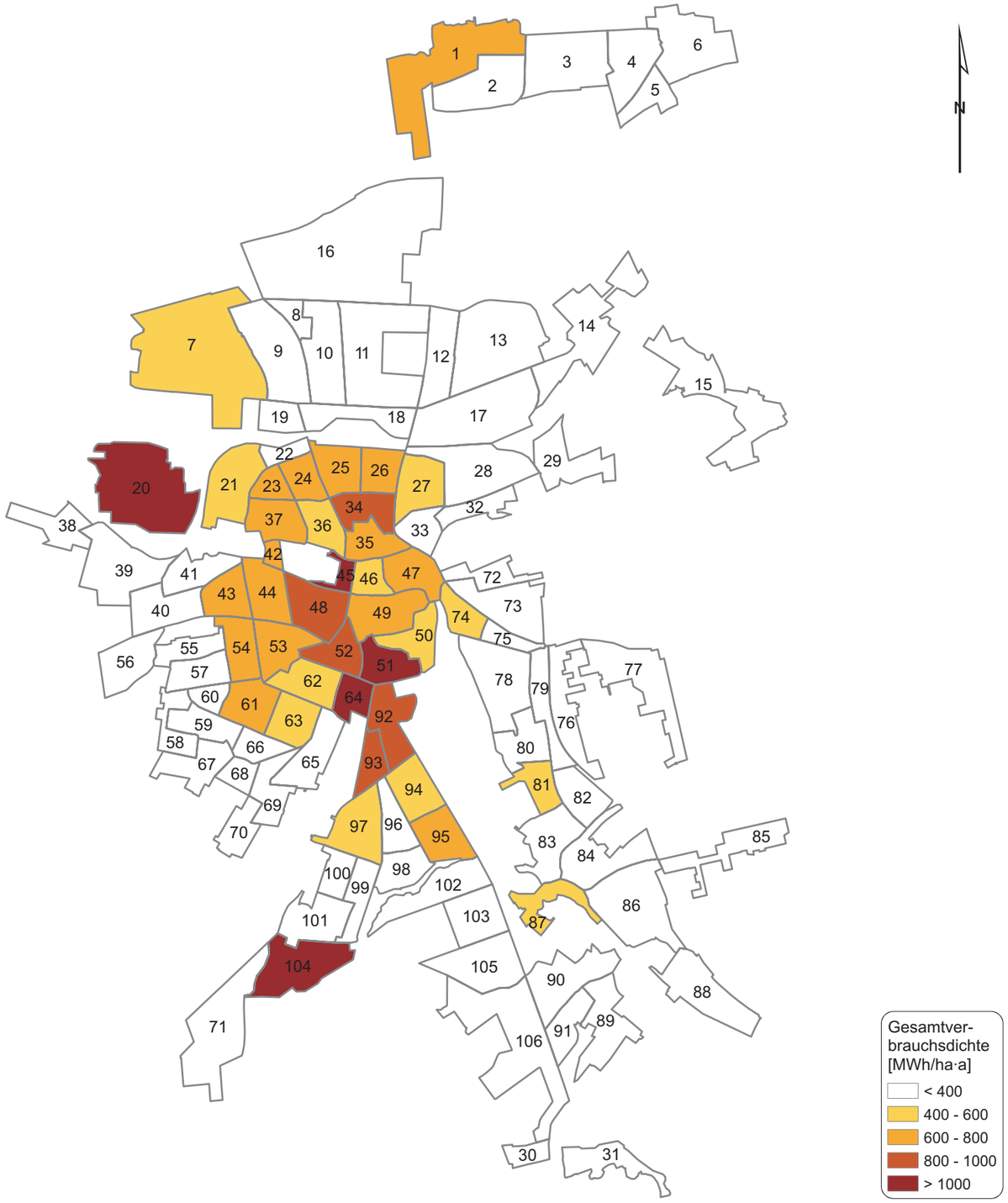
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

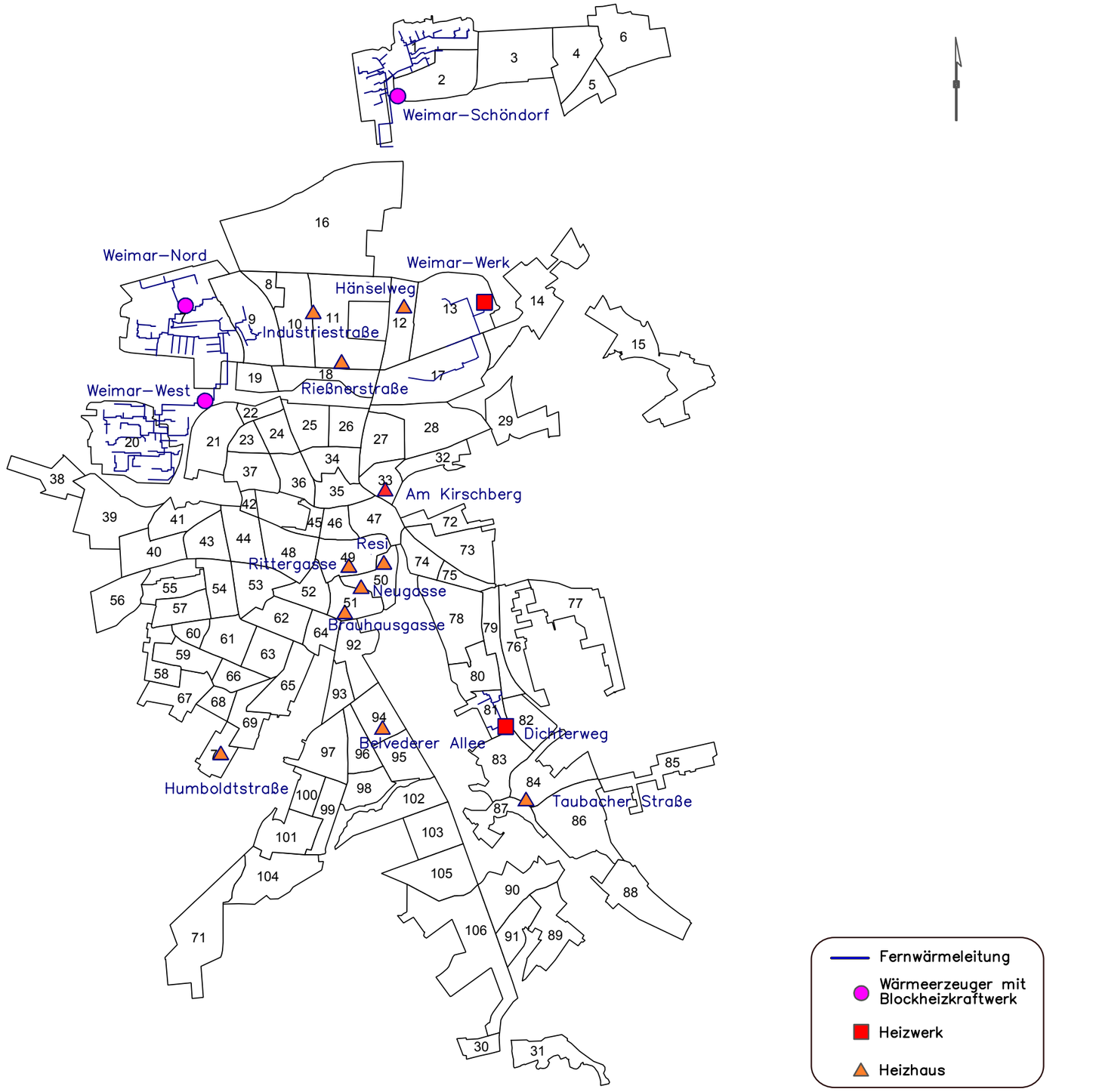
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



Karte 9: Gasverbrauch - Gesamtverbrauchsdichte

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten
6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West
11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt
16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West
21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West
26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf
31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz
36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße
41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle
46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt
51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße
54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße
56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick
61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße
66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldtstraße
71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd
76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße
81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofstraße
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord
91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße
96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße
106 Unterm Tälchen



Karte 10: Zentrale Wärmeversorgung

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten

6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West

11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt

16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West

21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West

26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf

31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz

36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße

41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle

46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt

51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße

54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße

56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick

61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße

66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldstraße

71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd

76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße

81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofsstraße

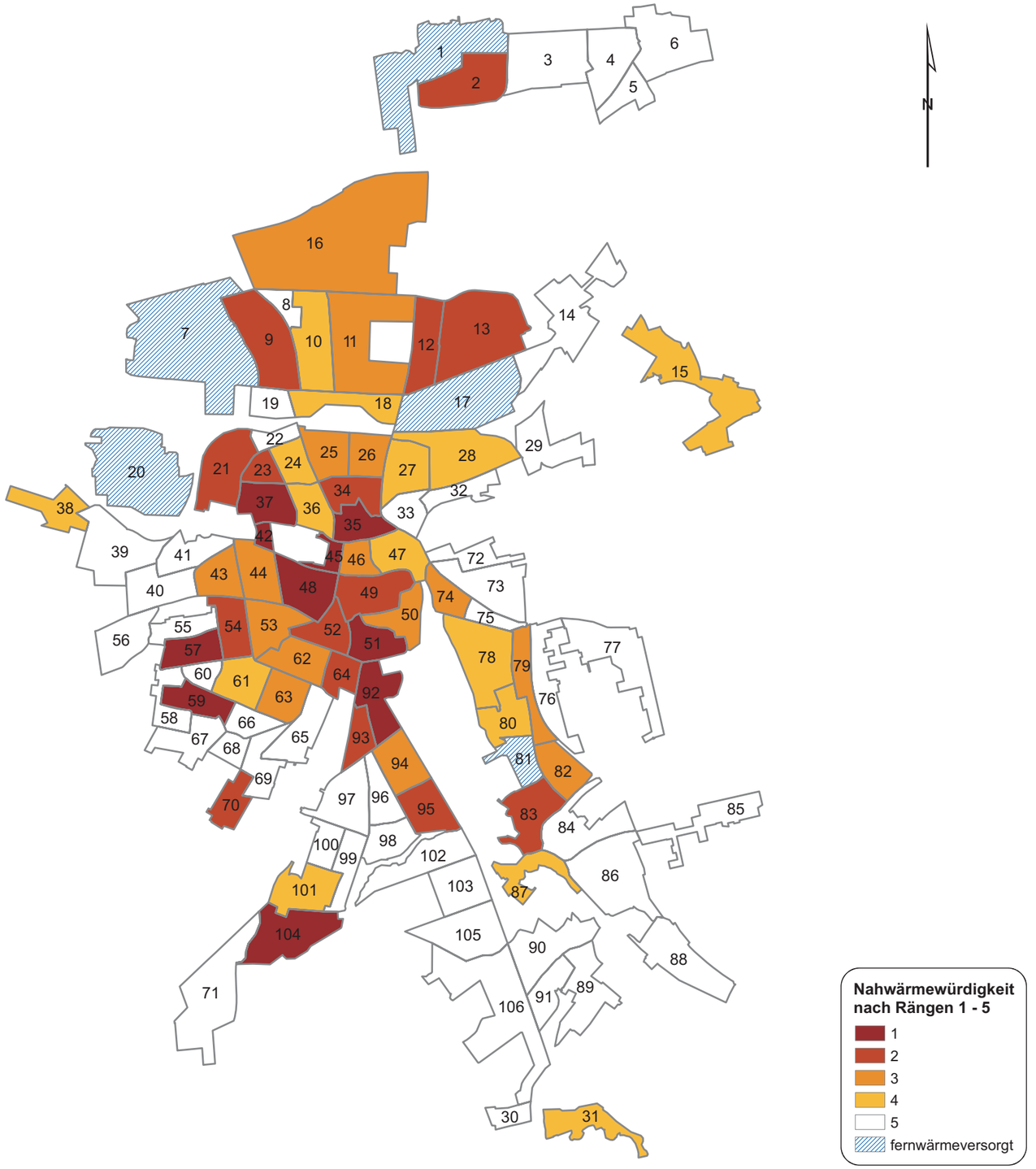
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord

91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße.

96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg

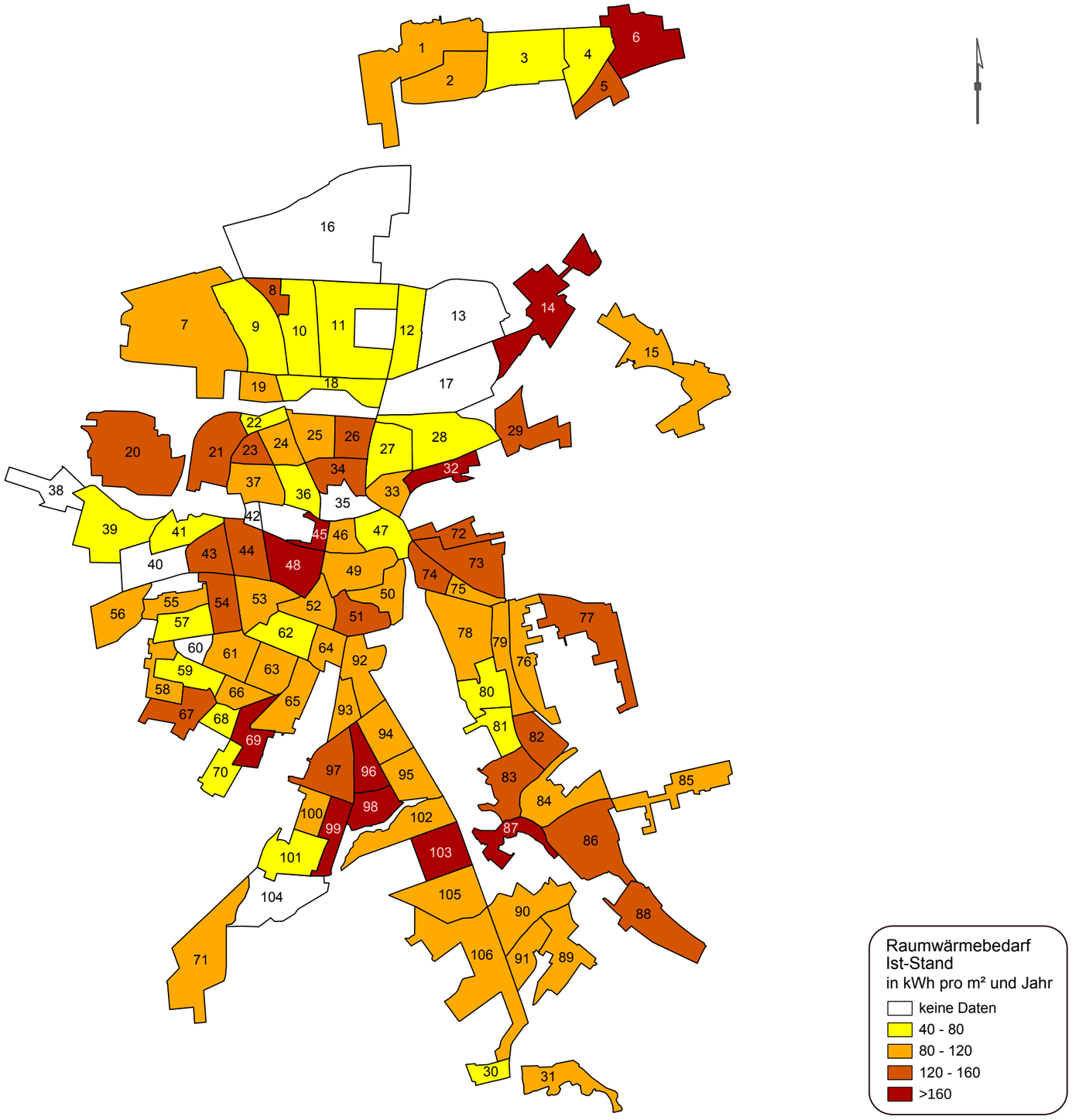
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße

106 Unterm Tälchen



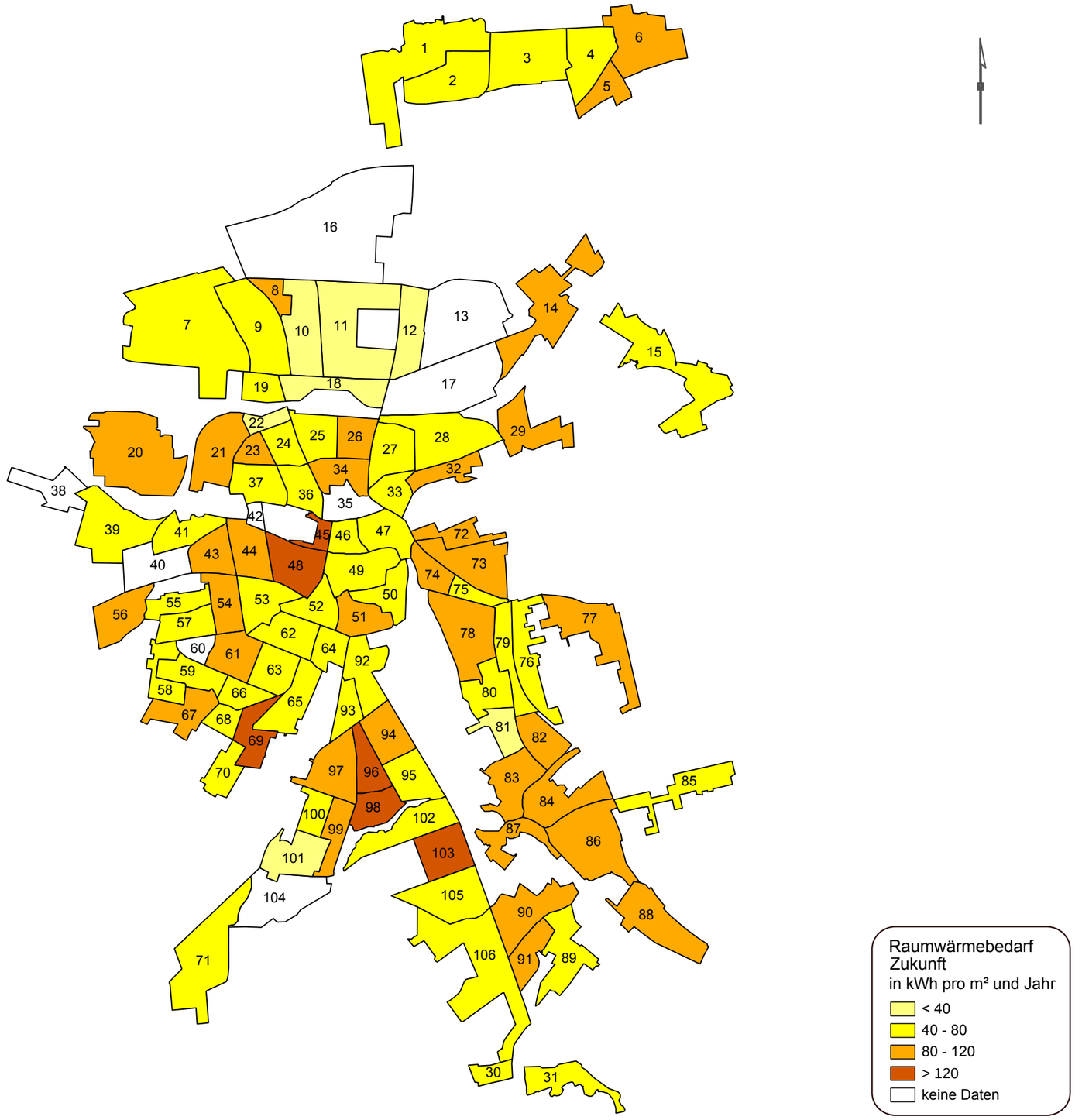
Karte 11: Nahwärmewürdigkeit

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten
6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West
11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt
16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West
21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West
26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf
31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz
36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße
41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle
46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt
51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße
54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße
56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick
61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße
66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldtstraße
71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd
76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße
81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofstraße
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord
91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße
96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße
106 Unterm Tälchen



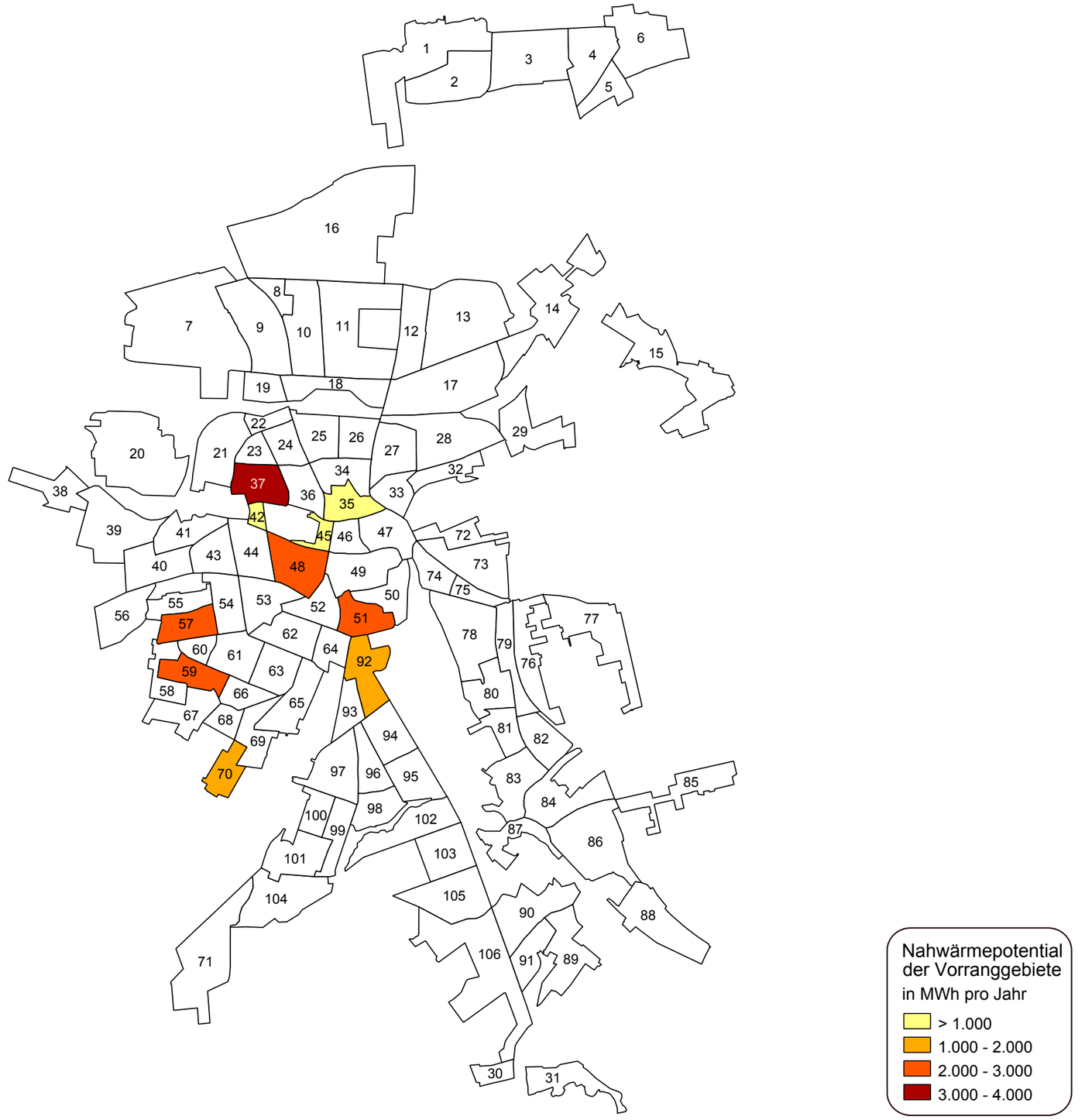
Karte 12: Raumwärmebedarf pro m² Wohnfläche - Ist-Stand

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten
6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West
11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt
16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West
21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West
26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf
31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz
36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße
41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle
46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt
51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße
54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße
56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick
61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße
66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldtstraße
71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd
76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße
81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofstraße
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord
91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße
96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße
106 Unterm Tälchen



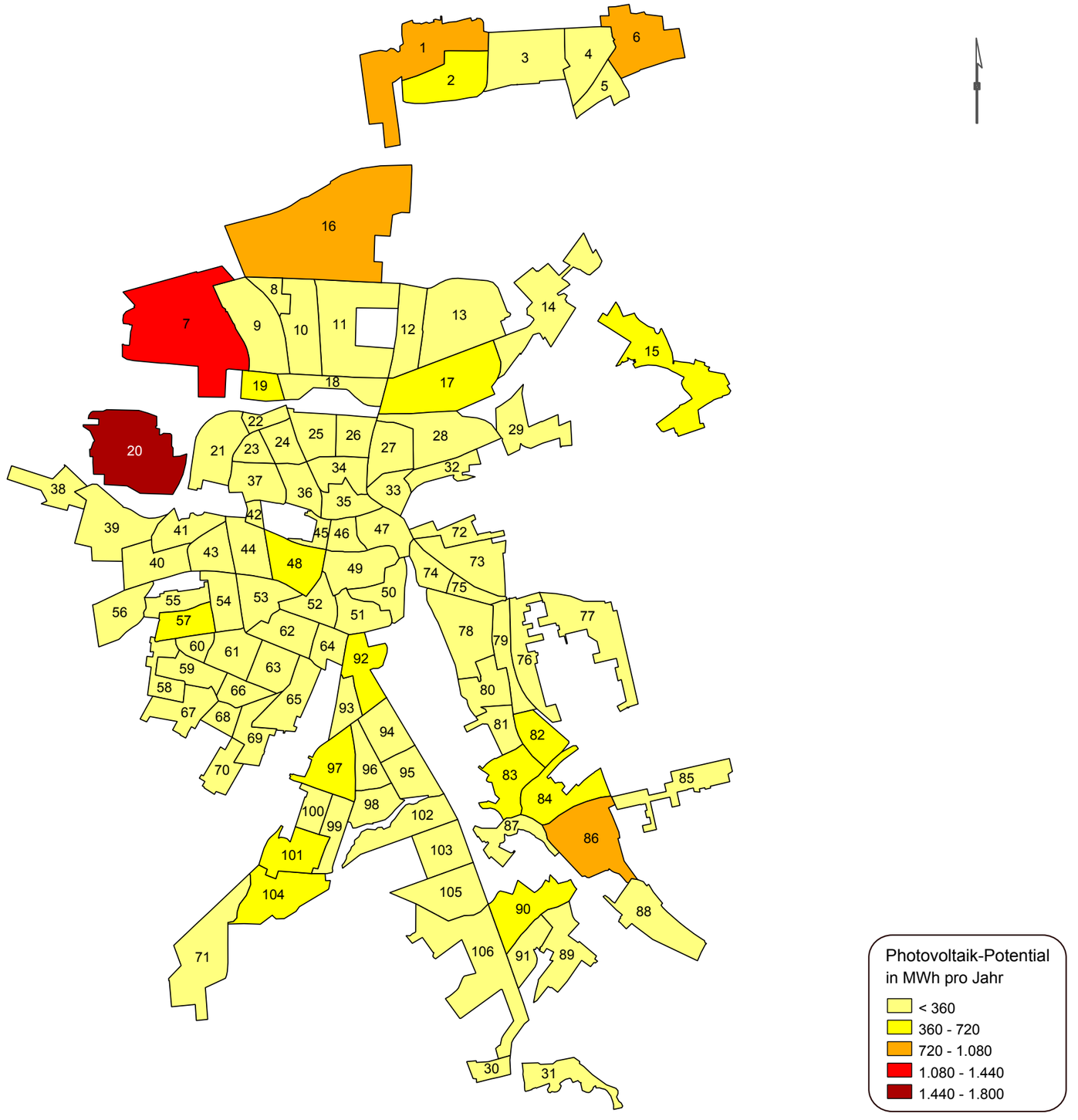
Karte 13: Raumwärmebedarf pro m² Wohnfläche - Zukunft

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten
6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West
11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt
16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West
21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West
26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf
31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz
36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße
41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle
46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt
51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße
54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße
56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick
61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße
66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldtstraße
71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd
76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße
81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofstraße
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord
91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße
96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße
106 Unterm Tälchen



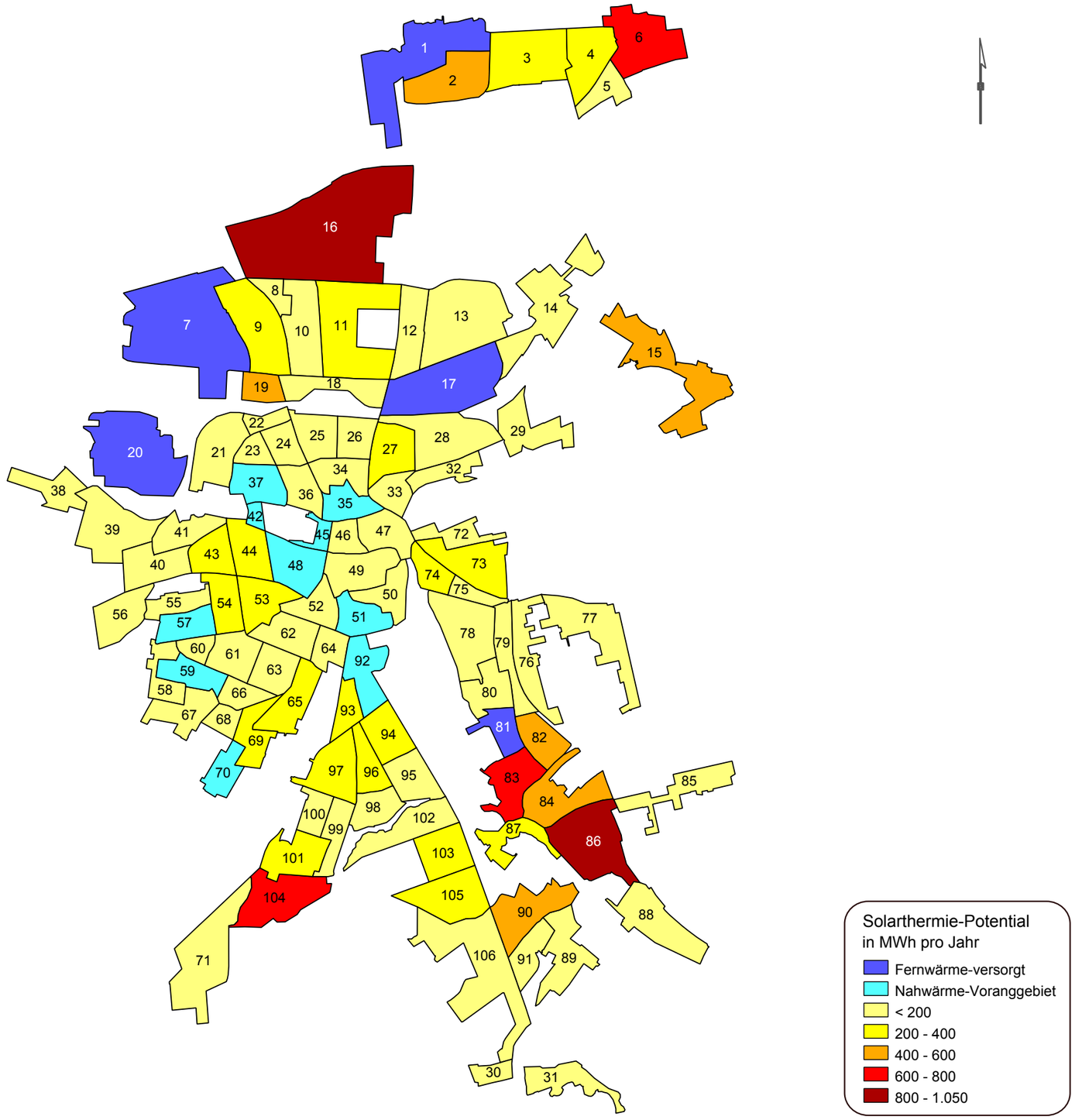
Karte 14: Potential der Nahwärme-Vorranggebiete

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten
6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West
11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt
16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West
21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West
26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf
31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz
36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße
41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle
46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt
51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße
54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße
56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick
61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße
66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldtstraße
71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd
76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße
81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofstraße
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord
91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße
96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße
106 Unterm Tälchen



Karte 15: Photovoltaikpotential

1 Schöndorf Waldstadt
2 Schöndorf Siedlung
3 Schöndorfer Hauptstraße
4 Schöndorf Dorfstraße
5 Schöndorf Gärten
6 Schöndorf Gut
7 Weimar Nord
8 Rödchenweg
9 Ettersburger Straße
10 Industriestraße West
11 Industriestraße Ost
12 Märchenviertel
13 IG Kromsdorfer Straße
14 Dürrenbacher Hütte
15 Tiefurt
16 Industriegebiet Nord
17 IG Weimarwerk
18 IG Rießnerstraße
19 Güterbahnhof
20 Weimar West
21 Heimfried
22 Florian-Geyer-Straße
23 Zeppelinplatz
24 Bertuchstraße Nord
25 Bahnhofsviertel West
26 Bahnhofsviertel Mitte
27 Bahnhofsviertel Ost
28 Am alten Schlachthof
29 Rosenthalstraße Ost
30 Neuehringsdorf
31 Belvedere
32 Rosenthalstraße West
33 Am Kirschberg
34 Bahnhofsviertel Süd
35 Weimarplatz
36 Bertuchstraße Süd
37 Asbachviertel
38 IG Coca Cola
39 IG Schwanseestraße
40 IG Erfurter Straße
41 WG Schwanseestraße
42 Schwimmhalle
43 Bachstraße
44 Brucknerstraße
45 Weimarhalle
46 Jacobsviertel
47 Brühl
48 Coudraystraße
49 Herderplatz
50 Markt
51 Frauenplan
52 Nationaltheater
53 Mozartstraße
54 Jahnstraße
55 Paul-Schneider-Straße
56 Damaschkestraße
57 Kirschbachtal
58 Heinrich-Jäde-Straße
59 Am Schönblick
60 Schule Schönblick
61 Zöllnerstraße
62 Schubertstraße
63 Lisztstraße Süd
64 Humboldtstraße Nord
65 Wilhelm-Külz-Straße
66 Hasenwäldchen
67 Alter Schönblick
68 Windmühle
69 Humboldtstraße Süd
70 WG Humboldtstraße
71 Possendorfer Weg
72 Tiefurter Allee
73 Jenaer Straße Nord
74 Rothäuserbergweg
75 Jenaer Straße Süd
76 Waldschlößchen
77 Lindenberg
78 Am Horn
79 Bodelschwinghstraße
80 Eduard-Möricke-Straße
81 WG Dichterweg
82 Richard-Dehmel-Straße
83 Johannes-Schlaf-Straße
84 Quellenberg
85 Verlängerte Bahnhofstraße
86 Oberweimar
87 Steinbrückenweg
88 Siedlersfreud
89 Brauerei
90 Ehringsdorf Nord
91 Ehringsdorf Süd
92 Bauhaus-Universität
93 Rudolf-Breitscheid-Straße
94 Haeckelstraße
95 Helmholtzstraße
96 Wilhelm-Bode-Straße
97 Zum Wilden Graben
98 Max-Liebermann-Straße
99 Gustav-Freytag-Straße
100 Ratstannenweg
101 An der Sackpfeife
102 Merketal
103 Ziegeleiweg
104 Klinik
105 Robert-Siewert-Straße
106 Unterm Tälchen



Karte 16: Potential für Solarthermie

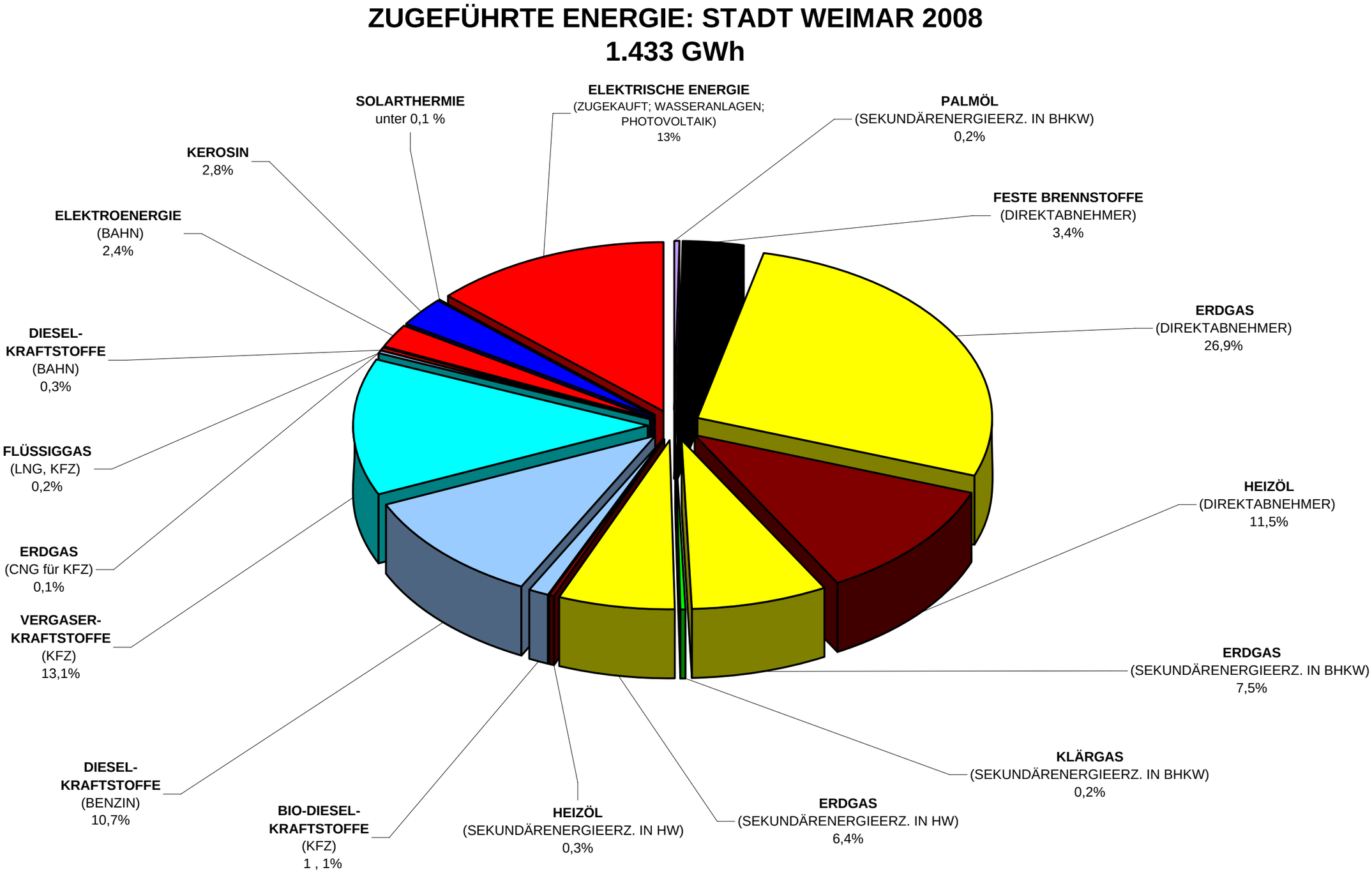


Bild 1: Zusammensetzung der zugeführten Energie

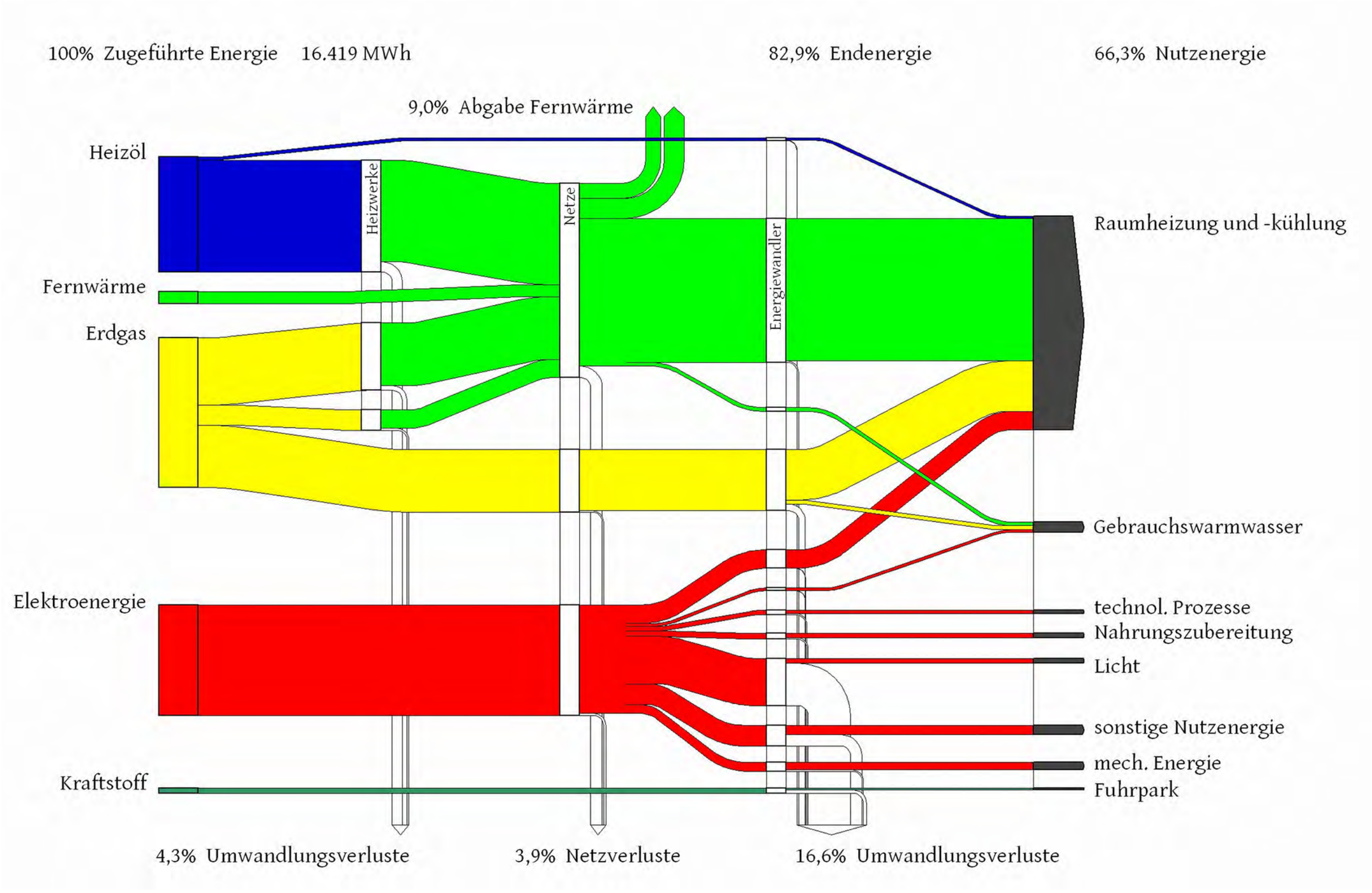


Bild 2: Energieflussbild Bauhaus-Universität Weimar

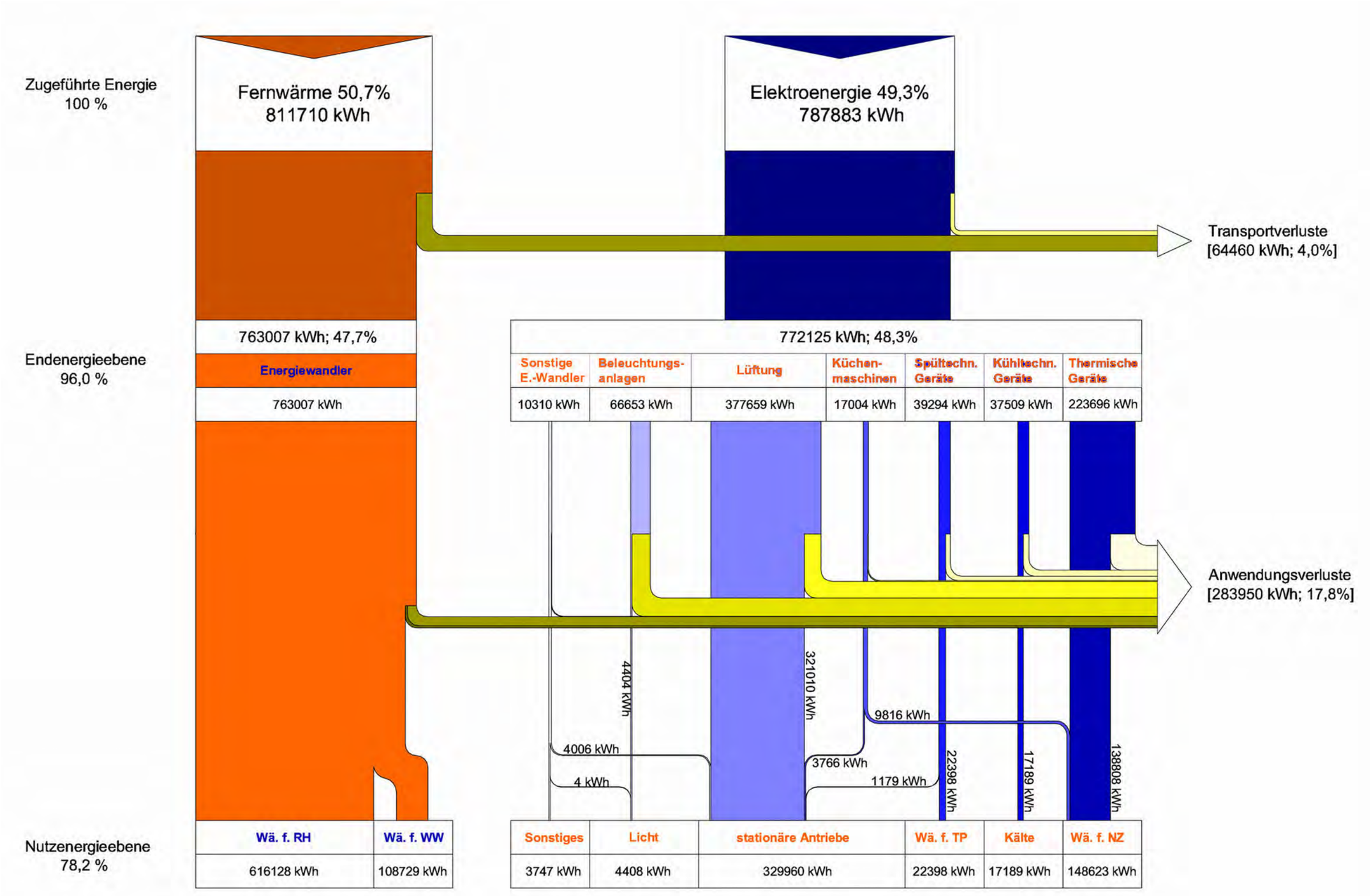


Bild 3: Energieflussbild Mensa der Bauhaus-Universität Weimar

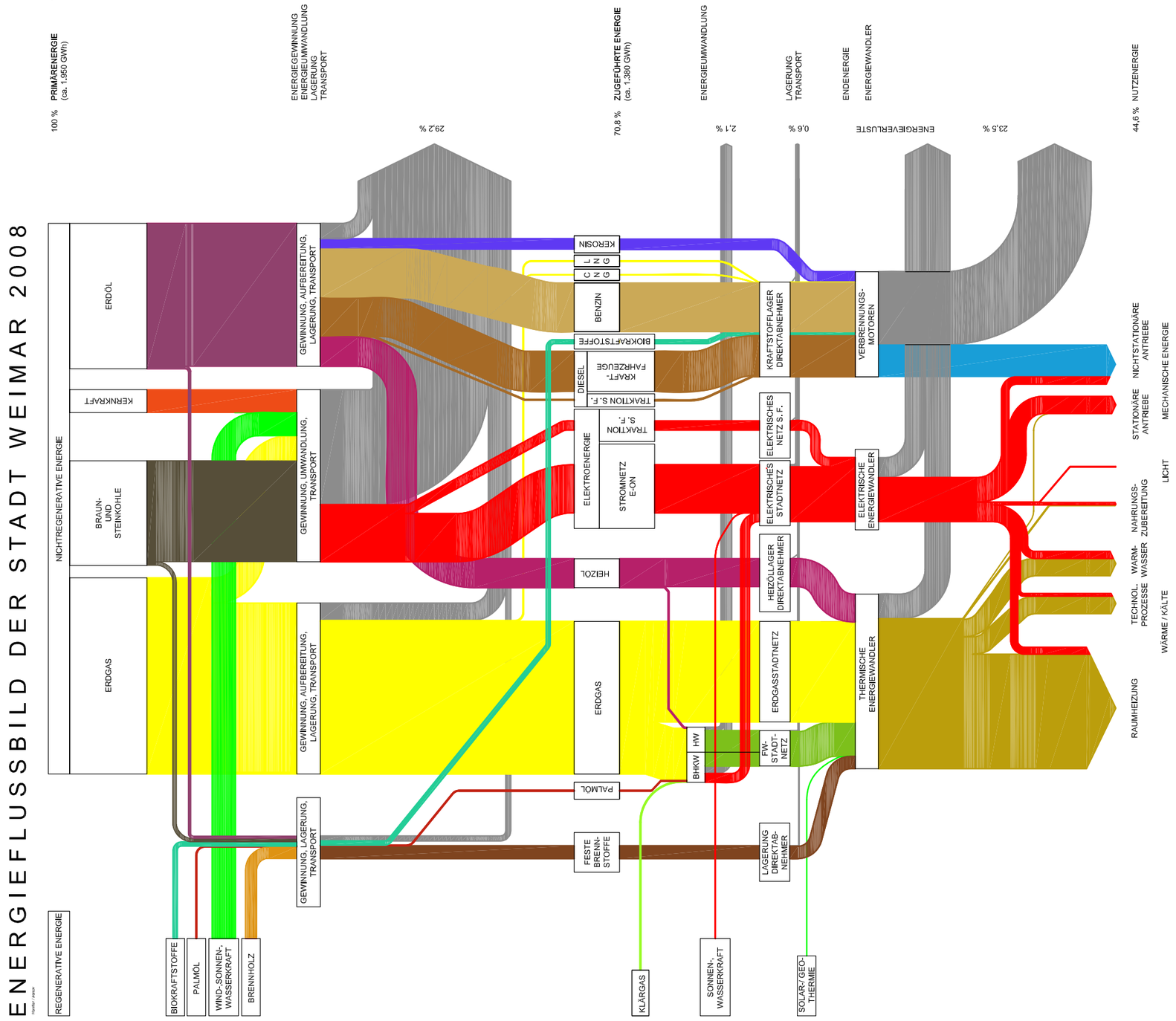


Bild 4: Energieflussdiagramm Weimar 2008

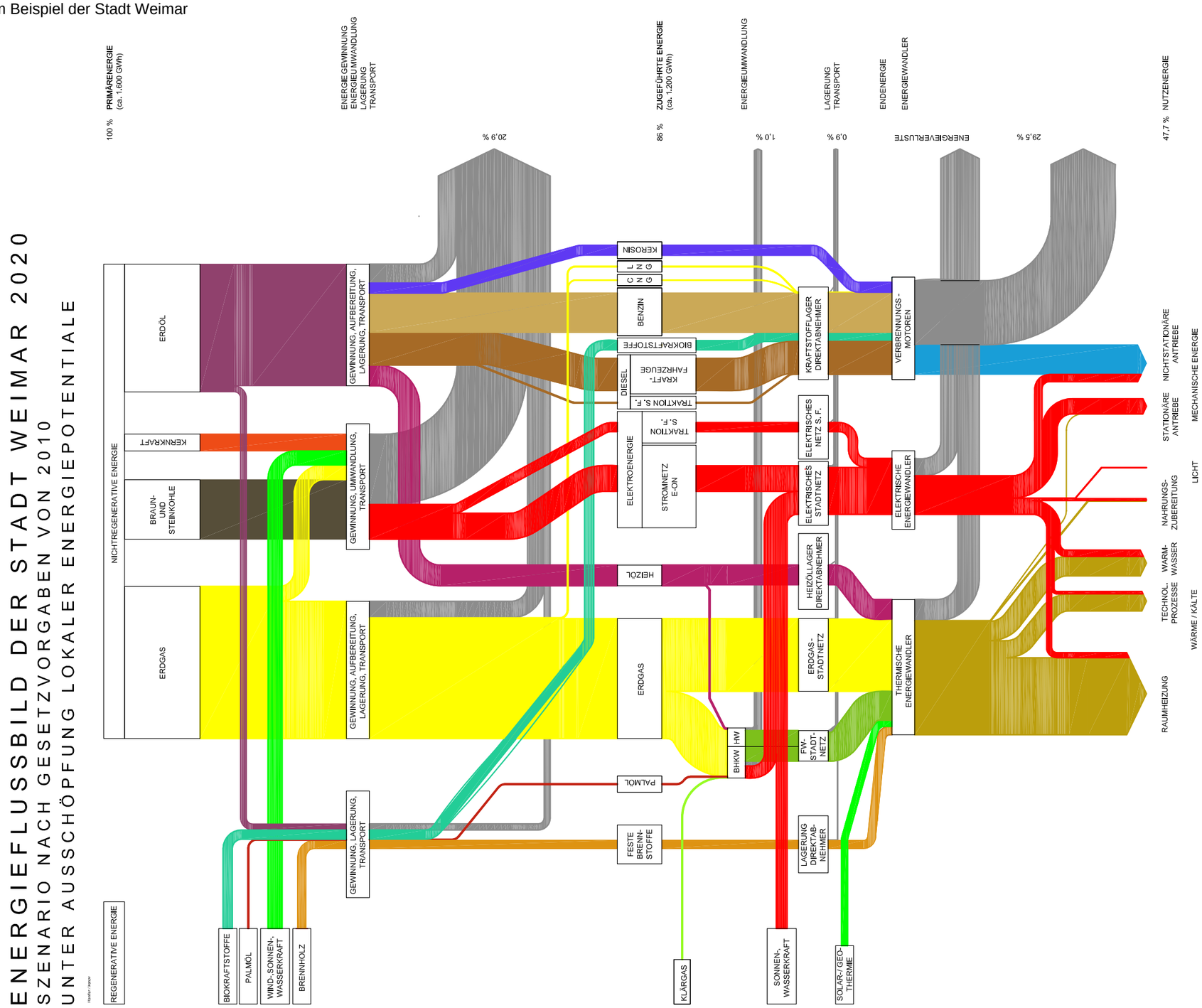


Bild 5: Energieflussdiagramm Weimar 2020

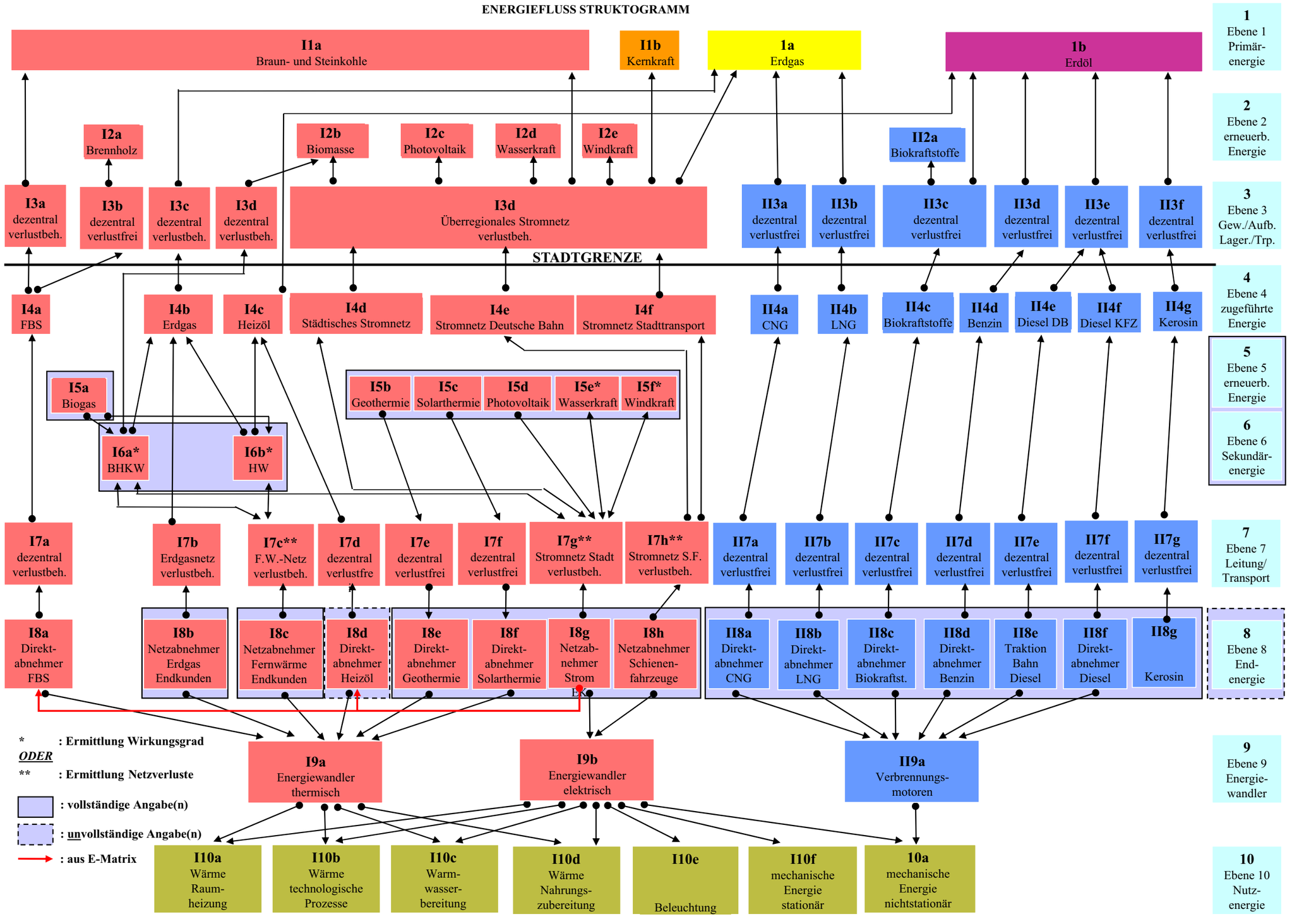


Bild 6: Energiefluss Struktogramm

Transportenergy bearbeiten

Stadt	weimar
Einwohnerzahl	64000
Bundesland	Thüringen

☐ **Ich habe detaillierte Daten zum Fahrzeugbestand** — wenn sie über fahrzeugzahlen nach antriebsart aufgeschlüsselt verfügen, aktivieren sie diese checkbox

	gesamt	petrol	liquidgas or bivalent	naturalgasdiesel or bivalent	hybrid	electric
motorbikes	2320	2320				
cars	32470	24076	241	48	8086	18	1
trucks	2515	251			2263		
tractors	1296	65			1232		
autobuses	65	3		3	58		

- falls sie keine fahrzeugzahlen angeben können, werden alle werte automatisch abhängig von bundesland und einwohnerzahl ihrer stadt ermittelt
- falls sie gesamtfahrzeugzahlen eingeben, werden diese summen automatisch nach kraftstoffart aufgeschlüsselt
- wenn sie über fahrzeugzahlen nach antriebsart aufgeschlüsselt verfügen, wird die jeweilige summe automatisch berechnet

	gesamt	petrol	liquidgas or bivalent	naturalgasdiesel or bivalent	biodiesel	hybrid	electric
anzahl stadtbusse							

Bild 7: Beispiel Programmoberfläche

Tabelle 1: Bewertungsmatrix

TG-Nr.	Bezeichnung des Teilgebietes	Bebauungs-dichte	Punkte	Einwohner dichte	Punkte	Verbrauch Tarifabnehmer	Punkte	Verbrauch der Sonderabnehmer	Punkte	Gesamt-verbrauch	Punkte	Verlege-möglichkeit	Punkte	Anschluss-bedingungen	Punkte	Eigentums-verhältnisse	Punkte	Gesamt-punkte
				[E/ha]		[MWh/ha a]		[MWh/ha a]		[MWh/ha a]								
	Wichtungsfaktor	1,0		0,5		1,0		1,0		2,5		2,0		2,0		2,0		
	Skalierungsfaktor	1,0		0,736		0,115		0,093		0,072		1,0		1,0		1,0		
2	Schöndorf Siedlung	16%	16	50	18	213	25	86	8	299	54	55	110	100	200	0	0	430
3	Schöndorfer Hauptstraße	7%	7	15	6	44	5	0	0	44	8	55	110	0	0	0	0	136
4	Schöndorf Dorfstraße	10%	10	17	6	61	7	0	0	61	11	20	40	0	0	0	0	74
5	Schöndorf Gärten	1%	1	5	2	15	2	0	0	15	3	80	160	0	0	0	0	167
6	Schöndorf Gut	17%	17	3	1	48	5	47	4	94	17	40	80	0	0	0	0	125
8	Rödchenweg	3%	3	28	10	146	17	0	0	146	26	70	140	30	60	0	0	257
9	Ettersburger Straße	42%	42	65	24	109	12	129	12	244	44	55	110	90	180	0	0	424
10	Industriestraße West	9%	9	1	0	143	16	66	6	209	37	80	160	30	60	0	0	289
11	Industriestraße Ost	19%	19	0	0	37	4	0	0	69	12	80	160	70	140	0	0	336
12	Märchenviertel	30%	30	50	18	209	24	0	0	215	39	40	80	90	180	20	40	411
13	IG Kromsdorfer Straße	11%	11	0	0	10	1	22	2	33	6	100	200	100	200	0	0	420
14	Dürrenbacher Hütte	6%	6	8	3	38	4	0	0	38	7	30	60	90	180	0	0	260
15	Tiefurt	11%	11	21	8	80	9	2	0	82	15	25	50	90	180	0	0	272
16	Industriegebiet Nord	19%	19	0	0	4	0	89	8	92	17	80	160	60	120	0	0	325
18	IG Rießnerstraße	23%	23	11	4	167	19	28	3	194	35	60	120	30	60	0	0	263
19	Güterbahnhof	29%	29	8	3	23	3	0	0	23	4	50	100	60	120	0	0	258
21	Heimfried	26%	26	78	29	473	54	0	0	473	85	50	100	30	60	15	30	384
22	Florian-Geyer-Straße	29%	29	105	38	224	26	0	0	224	40	50	100	0	0	10	20	254
23	Zeppelinplatz	36%	36	119	44	681	78	0	0	681	122	50	100	0	0	20	40	420
24	Bertuchstraße Nord	34%	34	110	40	625	72	0	0	625	112	20	40	0	0	0	0	299
25	Bahnhofsviertel West	26%	26	88	32	434	50	329	31	762	136	25	50	15	30	0	0	355
26	Bahnhofsviertel Mitte	40%	40	96	35	489	56	160	15	650	116	30	60	10	20	0	0	343
27	Bahnhofsviertel Ost	51%	51	124	46	492	57	0	0	492	88	20	40	10	20	0	0	301
28	Am alten Schlachthof	8%	8	0	0	23	3	30	3	53	9	80	160	50	100	0	0	283
29	Rosenthalstraße Ost	9%	9	5	2	36	4	9	1	45	8	70	140	0	0	0	0	164
30	Neuehringsdorf	4%	4	16	6	47	5	0	0	47	8	40	80	0	0	0	0	104
31	Belvedere	10%	10	1	0	3	0	140	13	143	26	50	100	0	0	70	140	289
32	Rosenthalstraße West	24%	24	19	7	130	15	0	0	130	23	25	50	30	60	0	0	179
33	Am Kirschberg	24%	24	32	12	191	22	0	0	216	39	25	50	30	60	0	0	206
34	Bahnhofsviertel Süd	42%	42	84	31	667	77	175	16	841	151	30	60	30	60	0	0	437
35	Weimarplatz	29%	29	0	0	0	0	669	62	669	120	70	140	40	80	50	100	531
36	Bertuchstraße Süd	28%	28	104	38	531	61	0	0	531	95	25	50	10	20	0	0	292
37	Asbachviertel	35%	35	136	50	551	63	129	12	680	122	40	80	50	100	30	60	522
38	IG Coca Cola	4%	4	4	1	0	0	186	17	186	33	70	140	50	100	0	0	296
39	IG Schwanseestraße	3%	3	4	1	71	8	15	1	86	15	65	130	10	20	0	0	180
40	IG Erfurter Straße	18%	18	3	1	106	12	0	0	106	19	70	140	0	0	0	0	191
41	WG Schwanseestraße	19%	19	67	25	250	29	69	6	319	57	35	70	0	0	0	0	206
42	Schwimmhalle	8%	8	0	0	0	0	738	69	738	132	80	160	50	100	100	200	669
43	Bachstraße	40%	40	99	36	696	80	0	0	696	125	25	50	0	0	0	0	331
44	Brucknerstraße	38%	38	90	33	576	66	81	8	656	117	25	50	0	0	0	0	312
45	Weimarhalle	70%	70	27	10	403	46	611	57	1014	182	25	50	30	60	30	60	535
46	Jacobsviertel	35%	35	108	40	568	65	0	0	568	102	15	30	20	40	0	0	311
47	Brühl	30%	30	97	36	323	37	310	29	633	113	15	30	10	20	0	0	294
48	Coudraystraße	44%	44	31	11	389	45	446	41	835	149	40	80	30	60	25	50	481
49	Herderplatz	34%	34	87	32	644	74	65	6	768	137	10	20	50	100	10	20	423
50	Markt	15%	15	34	12	318	37	191	18	530	95	15	30	40	80	10	20	306
51	Frauenplan	42%	42	58	21	868	100	416	39	1397	250	20	40	50	100	10	20	612
52	Nationaltheater	22%	22	65	24	412	47	473	44	884	158	25	50	30	60	10	20	426
53	Mozartstraße	42%	42	83	31	704	81	33	3	736	132	30	60	0	0	0	0	348
54	Jahnstraße	56%	56	88	32	752	87	0	0	752	135	30	60	0	0	0	0	369
55	Paul-Schneider-Straße	15%	15	65	24	385	44	0	0	385	69	35	70	0	0	0	0	222

Anmerkung: ohne fernwärmeversorgte Gebiete

Tabelle 2: Rangfolge

Bezeichnung des Teilgebietes	Gesamt-punkte	Rang-folge
Klinik	777	1
Schwimmhalle	669	2
Bauhaus-Universität	627	3
Frauenplan	612	4
Weimarhalle	535	5
Weimarplatz	531	6
Asbachviertel	522	7
Kirschbachtal	497	8
Am Schönblick	488	9
Coudraystraße	481	10
Rudolf-Breitscheid-Straße	458	11
Bahnhofsviertel Süd	437	12
Schöndorf Siedlung	430	13
Nationaltheater	426	14
Ettersburger Straße	424	15
Herderplatz	423	16
Zeppelinplatz	420	17
IG Kromsdorfer Straße	420	18
WG Humboldtstraße	416	19
Märchenviertel	411	20
Humboldtstraße Nord	407	21
Heimfried	384	22
Jahnstraße	369	23
Johannes-Schlaf-Straße	365	24
Helmholtzstraße	360	25
Bahnhofsviertel West	355	26
Mozartstraße	348	27
Richard-Dehmel-Straße	347	28
Haeckelstraße	343	29
Bahnhofsviertel Mitte	343	30
Industriestraße Ost	336	31
Bachstraße	331	32
Industriegebiet Nord	325	33
Lisztstraße Süd	322	34
Rothäuserbergweg	318	35
Brucknerstraße	312	36
Jacobsviertel	311	37
Markt	306	38
Schubertstraße	304	39
Bodelschwinghstraße	302	40
Bahnhofsviertel Ost	301	41
Zöllnerstraße	300	42
Bertuchstraße Nord	299	43
IG Coca Cola	296	44
Brühl	294	45
Bertuchstraße Süd	292	46
Belvedere	289	47
Industriestraße West	289	48
An der Sackpfeife	288	49
Am Horn	287	50
Eduard-Möricke-Straße	284	51

Tabelle: Rangfolgenermittlung für Nahwärmepotentiale

Tabelle 1: Fortsetzung

TG-Nr.	Bezeichnung des Teilgebietes	Bebauungs-dichte	Punkte	Einwohner dichte	Punkte	Verbrauch Tarifabnehmer	Punkte	Verbrauch der Sonderabnehmer	Punkte	Gesamt-verbrauch	Punkte	Verlege-möglichkeit	Punkte	Anschluss-bedingungen	Punkte	Eigentums-verhältnisse	Punkte	Gesamt-punkte
				[E/ha]		[MWh/ha a]		[MWh/ha a]		[MWh/ha a]								
	Wichtungsfaktor	1,0		0,5		1,0		1,0		2,5		2,0		2,0		2,0		
	Skalierungsfaktor	1,0		0,736		0,115		0,093		0,072		1,0		1,0		1,0		
56	Damaschkestraße	7%	7	15	5	75	9	34	3	109	20	35	70	0	0	0	0	114
57	Kirschbachtal	44%	44	100	37	361	41	0	0	361	65	75	150	0	0	80	160	497
58	Heinrich-Jäde-Straße	16%	16	29	11	108	12	0	0	108	19	40	80	0	0	0	0	138
59	Am Schönblick	11%	11	105	39	5	1	283	26	288	52	90	180	0	0	90	180	488
60	Schule Schönblick	17%	17	0	0	0	0	295	27	297	53	80	160	0	0	0	0	258
61	Zöllnerstraße	31%	31	101	37	618	71	0	0	618	111	25	50	0	0	0	0	300
62	Schubertstraße	28%	28	118	43	588	68	0	0	588	105	30	60	0	0	0	0	304
63	Lisztstraße Süd	32%	32	124	46	592	68	0	0	592	106	35	70	0	0	0	0	322
64	Humboldtstraße Nord	30%	30	55	20	625	72	451	42	1076	193	25	50	0	0	0	0	407
65	Wilhelm-Külz-Straße	17%	17	55	20	337	39	0	0	337	60	35	70	0	0	0	0	207
66	Hasenwäldchen	5%	5	43	16	256	29	0	0	256	46	45	90	0	0	0	0	186
67	Alter Schönblick	14%	14	30	11	250	29	0	0	250	45	30	60	0	0	0	0	159
68	Windmühle	5%	5	3	1	7	1	174	16	181	32	90	180	10	20	0	0	256
69	Humboldtstraße Süd	23%	23	29	11	269	31	17	2	287	51	35	70	25	50	0	0	238
70	WG Humboldtstraße	23%	23	75	27	68	8	0	0	210	38	50	100	50	100	60	120	416
71	Possendorfer Weg	4%	4	6	2	21	2	0	0	21	4	80	160	0	0	0	0	173
72	Tiefurter Allee	20%	20	46	17	237	27	94	9	332	59	30	60	0	0	0	0	192
73	Jenaer Straße Nord	15%	15	54	20	338	39	0	0	338	60	30	60	10	20	0	0	214
74	Rothäuserbergweg	45%	45	18	7	276	32	167	15	442	79	40	80	30	60	0	0	318
75	Jenaer Straße Süd	23%	23	65	24	313	36	0	0	313	56	35	70	15	30	0	0	239
76	Waldschlößchen	17%	17	9	3	63	7	0	0	63	11	60	120	0	0	0	0	159
77	Lindenberg	12%	12	13	5	63	7	0	0	63	11	65	130	0	0	0	0	165
78	Am Horn	9%	9	49	18	316	36	27	2	342	61	70	140	10	20	0	0	287
79	Bodelschwinghstraße	15%	15	49	18	204	23	0	0	204	37	45	90	30	60	30	60	302
80	Eduard-Möricke-Straße	6%	6	41	15	76	9	0	0	76	14	40	80	80	160	0	0	284
82	Richard-Dehmel-Straße	22%	22	47	17	335	38	0	0	335	60	40	80	65	130	0	0	347
83	Johannes-Schlaf-Straße	20%	20	40	15	241	28	0	0	241	43	40	80	90	180	0	0	365
84	Quellenberg	16%	16	29	11	180	21	0	0	180	32	45	90	0	0	0	0	169
85	Verlängerte Bahnhofsstraß	6%	6	7	3	36	4	0	0	36	7	60	120	0	0	0	0	139
86	Oberweimar	15%	15	32	12	223	26	35	3	257	46	50	100	0	0	0	0	202
87	Steinbrückenweg	28%	28	18	7	311	36	50	5	405	72	35	70	25	50	0	0	267
88	Siedlersfreud	12%	12	23	8	126	15	0	0	126	23	70	140	0	0	0	0	198
89	Brauerei	8%	8	8	3	109	13	147	14	256	46	35	70	25	50	0	0	203
90	Ehringsdorf Nord	22%	22	34	12	212	24	4	0	216	39	20	40	0	0	0	0	138
91	Ehringsdorf Süd	11%	11	25	9	133	15	0	0	133	24	30	60	0	0	0	0	119
92	Bauhaus-Universität	70%	70	33	12	349	40	562	52	911	163	40	80	80	160	25	50	627
93	Rudolf-Breitscheid-Straße	31%	31	115	42	551	63	304	28	855	153	30	60	40	80	0	0	458
94	Haeckelstraße	26%	26	49	18	394	45	0	0	409	73	40	80	50	100	0	0	343
95	Helmholtzstraße	15%	15	42	15	362	42	269	25	631	113	45	90	30	60	0	0	360
96	Wilhelm-Bode-Straße	23%	23	32	12	328	38	0	0	328	59	30	60	5	10	0	0	201
97	Zum Wilden Graben	22%	22	48	18	401	46	0	0	401	72	45	90	0	0	0	0	247
98	Max-Liebermann-Straße	19%	19	39	14	369	42	0	0	369	66	30	60	0	0	0	0	201
99	Gustav-Freytag-Straße	16%	16	39	14	299	34	0	0	299	53	40	80	5	10	0	0	208
100	Ratstannenweg	11%	11	58	21	379	44	0	0	379	68	45	90	0	0	0	0	233
101	An der Sackpfeife	24%	24	48	18	290	33	0	0	290	52	50	100	30	60	0	0	288
102	Merketal	11%	11	41	15	206	24	118	11	324	58	25	50	0	0	0	0	169
103	Ziegeleiweg	16%	16	14	5	132	15	0	0	132	24	30	60	0	0	0	0	120
104	Klinik	12%	12	5	2	94	11	1073	100	1074	192	80	160	80	160	70	140	777
105	Robert-Siewert-Straße	10%	10	17	6	86	10	0	0	86	15	40	80	0	0	0	0	121
106	Unterm Tälchen	10%	10	3	1	14	2	0	0	14	3	70	140	0	0	0	0	155

Anmerkung: ohne fernwärmeversorgte Gebiete

Tabelle 2: Fortsetzung

Bezeichnung des Teilgebietes	Gesamt-punkte	Rang-folge
Am alten Schlachthof	283	52
Tiefurt	272	53
Steinbrückenweg	267	54
IG Rießnerstraße	263	55
Dürrenbacher Hütte	260	56
Güterbahnhof	258	57
Schule Schönblick	258	58
Rödchenweg	257	59
Windmühle	256	60
Florian-Geyer-Straße	254	61
Zum Wilden Graben	247	62
Jenaer Straße Süd	239	63
Humboldtstraße Süd	238	64
Ratstannenweg	233	65
Paul-Schneider-Straße	222	66
Jenaer Straße Nord	214	67
Gustav-Freytag-Straße	208	68
Wilhelm-Külz-Straße	207	69
WG Schwanseestraße	206	70
Am Kirschberg	206	71
Brauerei	203	72
Oberweimar	202	73
Max-Liebermann-Straße	201	74
Wilhelm-Bode-Straße	201	75
Siedlersfreud	198	76
Tiefurter Allee	192	77
IG Erfurter Straße	191	78
Hasenwäldchen	186	79
IG Schwanseestraße	180	80
Rosenthalstraße West	179	81
Possendorfer Weg	173	82
Quellenberg	169	83
Merketal	169	84
Schöndorf Gärten	167	85
Lindenberg	165	86
Rosenthalstraße Ost	164	87
Alter Schönblick	159	88
Waldschlößchen	159	89
Unterm Tälchen	155	90
Verlängerte Bahnhofstr.	139	91
Heinrich-Jäde-Straße	138	92
Ehringsdorf Nord	138	93
Schöndorfer Hauptstraße	136	94
Schöndorf Gut	125	95
Robert-Siewert-Straße	121	96
Ziegeleiweg	120	97
Ehringsdorf Süd	119	98
Damaschkestraße	114	99
Neuehringsdorf	104	100
Schöndorf Dorfstraße	74	101

Tabelle: Rangfolgenermittlung für Nahwärmepotentiale