Bericht

Integriertes Energie- und Klimaschutz-konzept für die Stadt Leipzig –

Analyse und Handlungsempfehlungen

Phase 3 - Defizit- und Potenzialanalyse, Bildung von Szenarien

Bericht-Nr.: 11-110 53016-002-P

Dresden, 29. Juli 2011

Bearbeiter: Herr Dr. Robert Huhn
Frau Mirjam Baake
Frau Jessica Hebing
Frau Andrea Siegel

Unter Mitwirkung der Firma IVAS
Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen und -systeme: Herr Dirk Ohm
Herr Martin Schüffler

Auftraggeber: Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz

KEMA IEV – Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH Gostritzer Str. 67 01217 Dresden Deutschland
Tel. +49 351 871 92 00 Fax +49 351 871 92 31 dresden@kema.com www.kema.com

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Klima schutz zahlt sich aus!
DIE BMU
KLIMASCHUTZ-
INITIATIVE

INHALTSVERZEICHNIS SEITE

Abbildungsverzeichnis **6**

Tabellenverzeichnis **8**

1 Einleitung **10**

2 Methodik **12**

2.1 Ermittlung von Potenzialen 13

2.2 Erstellung von Szenarien 13

2.3 Handlungsfelder 14

2.3.1 Handlungsfelder im Bereich Energie (ohne Verkehr) 15

2.3.2 Handlungsfelder im Bereich Verkehr 16

2.4 Grundlagen und Randbedingungen 18

2.4.1 Ausgewählte Fakten zur Stadtentwicklung (Standorteinschätzung) 18

2.4.2 Demografische Entwicklung 20

2.4.3 Gesamtwirtschaftliche Rahmendaten 21

2.4.4 Entwicklungen in Deutschland 24

3 Defizit- und Potenzialanalyse (ohne Verkehr) **28**

3.1 Handlungsfeld Energieversorgung 28

3.1.1 Zentrale Erzeugeranlagen 28

3.1.2 Fern- und Nahwärmeversorgung 29

3.1.3 Dezentrale Erzeugeranlagen 35

3.1.4 Substitution CO_2-intensiver fossiler Energieträger 39

3.2 Handlungsfeld Erneuerbare Energien 41

3.2.1 Solarenergie 41

3.2.2 Biomasse 47

3.2.3 Geothermie, Umweltwärme und Abwärme 57

3.2.4 Wind 62

3.2.5 Wasser 63

3.3 Handlungsfeld Stadtentwicklung 64

3.3.1 Nutzung von Freiflächen im Stadtgebiet 67

3.4 Handlungsfeld Öffentliche Einrichtungen (Gemeinbedarf) 69

3.4.1 Sanierung öffentlicher Einrichtungen 70

3.4.2 Nutzerverhalten 73

3.4.3 Beschaffungswesen 73
3.5 Handlungsfeld Gebäude 74
3.5.1 Gesetzliche Vorgaben 74
3.5.2 Methodik und Datengrundlagen 75
3.5.3 Sanierung des Gebäudebestandes, Leerstand 76
3.5.4 Technische Ausrüstung und Betrieb 85
3.6 Handlungsfeld Private Haushalte 87
3.7 Handlungsfeld Wirtschaft 91
3.7.1 Entwicklung des Sektors 91
3.7.2 Potenziale 92
3.7.3 Randbedingungen für die Umsetzung 94
4 Defizit- und Potenzialanalyse Verkehr 95
4.1 Zielstellung der Potenzialbetrachtungen 95
4.2 Vorbemerkungen zu Schwierigkeiten bei der Entwicklung von Maßnahmen im Verkehrsbereich 95
4.2.1 Kommunale Einflussmöglichkeiten im Kontext der Verkehrsentwicklung 95
4.2.2 Räumliche Abgrenzung der Maßnahmeneffekte 98
4.2.3 Abgrenzung der Maßnahmen zum Klimaschutz von anderen strategischen Umweltplanungen im Verkehrsbereich 99
4.2.4 „Nebeneffekte“ der Verkehrsplanung – induzierter Verkehr 99
4.3 Handlungsfeld Verkehrsvermeidung 100
4.3.1 Klimawirksamkeit von Verkehrsvermeidungsstrategien 100
4.3.2 Erhöhung des Besetzungsgrades 104
4.4 Handlungsfeld Modale Beeinflussung des Verkehrs 104
4.4.1 Verschiebung des Modal Splits zu Verkehrsmitteln des Umweltverbundes 104
4.4.2 „Klassisches“ Car-Sharing als klimawirksame Alternative zum Pkw-Besitz 108
4.4.3 Neue Formen des Car-Sharing im Kontext des Klimaschutzes 111
4.4.4 Modale Beeinflussung von Wirtschaftsverkehren 113
4.5 Handlungsfeld Energieeffiziente Verkehrsmittel 114

4.5.1 Effizienzgewinne durch die Optimierung von Kfz mit Verbrennungsmotoren 114
4.5.2 Kfz-Elektromobilität als Schlüsseltechnologie für den Klimaschutz? 115
4.5.3 Weitere Formen individueller Elektromobilität 117
4.5.4 Elektromobilität im straßengebundenen Transportwesen 118
4.6 Handlungsfeld energieeffizienter Infrastrukturen 120
4.7 Zusammenfassung der Potenzialanalyse 121
5 Szenarien 123
5.1 Methodische Vorgehensweise 123
5.2 Trendszenarien 125
5.2.1 Bereich Energie 125
5.2.2 Bereich Verkehr 130
5.3 Aktionsszenarien 136
5.3.1 Bereich Energie 136
5.3.2 Bereich Verkehr 141
5.4 Auswertung: Vergleich von Trend- und Aktionsszenarien 146
5.5 Visionsszenario 100% erneuerbare Energien 147
5.5.1 Bereich Energie 147
5.5.2 Bereich Verkehr 153
5.5.3 Aussagen zur Verkehrsentwicklung bis 2050 155
6 Zusammenfassung 158
6.1 Vorbemerkung 158
6.2 Zusammenfassung Trendszenarien 159
6.3 Zusammenfassung Aktionsszenarien 159
Literaturverzeichnis 162
Anlagenverzeichnis 170

Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1: Übersicht über die Bearbeitungsphasen des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Leipzig 11
Bild 2-1: Anteile der Flächennutzung in Leipzig (Quelle: eigene Darstellung) 19
Bild 2-2: Bevölkerungsvorausschätzung bis 2050 (Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an [LStat 2009]) 21
Bild 2-3: Wirtschaftswachstum in Leipzig 2002 bis 2008 22
Bild 2-4: Prognostizierte Endenergieverbräuche in Leipzig im Wirtschaftssektor 23
Bild 2-5: Rahmenszenarien für den deutschen Stromerzeugungsmix bis 2030 (Datenquelle: GEMIS 4.6) 25
Bild 2-6: Annahmen zu Energiepreisentwicklungen bis 2050 nach [Prognos 2010], reale Preise, Preisbasis 2008 26
Bild 3-1: Fernwärmepotenziale 31
Bild 3-2: Zurückliegender und prognostizierter Fernwärmeabsatz 33
Bild 3-3: KWK Nahwärmesystem 34
Bild 3-4: Typische Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs eines Mehrfamilienhauses (Heizung und Warmwasser), normierte Darstellung 36
Bild 3-5: KWK-Potenziale für einzelne Gebäude bzw. Verbraucher (RLM – Großkunden mit registrierender Lastgangmessung) 37
Bild 3-6: Trendentwicklung KWK-Anlagen in Leipzig 39
Bild 3-7: Spezifische äquivalente CO_2-Emissionen von Heizungsanlagen und Einsparpotenziale durch Brennstoffumstellung und Kesselaustausch 40
Bild 3-8: Trendentwicklung Photovoltaik Leipzig und Fortschreibung bis 2030 45
Bild 3-9: Trendentwicklung Solarthermie Leipzig und Fortschreibung bis 2030 47
Bild 3-10: Trendentwicklung Holzkessel 52
Bild 3-11: Kumulierter Ausbau von Wärmepumpenanlagen in Leizpig 1993 bis 2010, getrennt nach Erdsondenanlagen und sonstigen Anlagen (Erdkollektoren, Brunnen), Datenquelle: Untere Wasserbehörde Leipzig 58
Bild 3-12: Anteil sanierter Wohnungen in Leipzig nach Stadtteilen und Sanierungsjahr, bezogen auf den Gesamtwohnungsbestand 78
Bild 3-13: Entwicklung der Gebäudesanierung im Wohnsektor in Leipzig 1984 bis 2008 79
Bild 3-14: Jährliche Einsparpotenziale beim Heizenergiebedarf der in Leipzig relevanten Gebäudetypen bezogen auf die Wohnfläche (Datenquelle: [IWU 2003]) 81
Bild 3-15: Jährliches Senkungspotenzial der äquivalenten CO_2-Emissionen bezogen auf die Wohnfläche bei baulicher Sanierung abhängig von Heizungsart und Energieträger, Gebäudetyp GMH_F (vergleichbar mit DDR-Geschosswohnungsbau ca. 1960-1980) 82
Bild 3-16: Jährliches Senkungspotenzial der äquivalenten CO_2-Emissionen bezogen auf die Wohnfläche durch Brennstoffumstellung und Kesselaustausch, Gebäudetyp GMH_F 83
Bild 3-17: Entwicklung der spezifischen Wohnfläche je Einwohner von 1981 bis 2009 (Datenquelle: Statistisches Jahrbuch Leipzig 2010) 88
Bild 3-18: Verteilung des Brennstoffeinsatzes im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung (Datenquelle: [Fraun 2009]) 93
Bild 3-19: Verteilung des Stromeinsatzes im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung (Datenquelle: [Fraun 2009]) 93
Bild 3-20: Verteilung des Endenergieeinsatzes im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung (Datenquelle: [Fraun 2009]) 94

Bild 4-1: Motorisierungsgrad nach Stadtteiltypen (Quelle: SrV 2008) 101
Bild 4-2: Relative Änderung der Fahrleistungen Pkw im Städtevergleich in den Szenarien disperse Stadt und dichte Stadt (Quelle: IVAS) 102
Bild 4-3: Verkehrsmittelwahlverhalten der Leipziger Bevölkerung nach Entfernungsklassen (Quelle: SrV-Erhebung 2008) 105
Bild 5-1: Zielvorgaben im Rahmen der Mitgliedschaft im Klimabündnis zu den spezifischen äquivalenten CO_2-Emissionen pro Einwohner mit Bezug auf das Jahr 2008. 124
Bild 5-2: CO_2-Emissionen der Trendszenarien in Leipzig 130
Bild 5-3: CO_2-Emissionen der Aktionszenarien in Leipzig 141
Bild 6-1: Entwicklung der CO_2-Emissionen der Bereiche Energie und Verkehr im Trendszenario 159
Bild 6-2: Entwicklung der CO_2-Emissionen der Bereiche Energie und Verkehr im Aktionsszenario 160
Bild 6-3: Entwicklung der CO_2-Emissionen der Bereiche Energie und Verkehr im Aktionsszenario unter Berücksichtungen eines konservativen Ansatzes der CO_2-Emissionen des deutschen Strommixes 161

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Flächennutzung in Leipzig 18
Tabelle 2-2: Prognostizierte Endenergieverbräuche in Leipzig im Wirtschaftssektor 23
Tabelle 2-3: Anteile einiger Energieträger an der Stromerzeugung in den Szenarien Basis-Renewbility und EWI/Prognos (REF) 25
Tabelle 3-1: Überblick über die bestehenden Nahwärmelösungen 29
Tabelle 3-2: Fernwärmepotenzial 31
Tabelle 3-3: KWK-Potenziale für einzelne Verbraucher 38
Tabelle 3-4: In Leipzig installierte KWK-Leistung 39
Tabelle 3-5: Geeignete Solarflächen und Stromerzeugungspotenzial durch Photovoltaik in Leipzig 44
Tabelle 3-6: Geeignete Solarflächen und Stromerzeugungspotenzial durch Photovoltaik in Leipzig ohne Gründerzeitgebäude 45
Tabelle 3-7: Struktur der Waldflächen in den Forstbezirken Leipzig und Taura [SaFo 2008a, SaFo 2008b] 48
Tabelle 3-8: Mittlere Preissteigerungsraten für Holzbrennstoffe und konventionelle Brennstoffe, Quelle: nach [CARM 2011] 51
Tabelle 3-9: Technisches Potenzial aus Getreidestroh 53
Tabelle 3-10: Technisches Potenzial aus Rapsstroh 53
Tabelle 3-11: Technisches Potenzial aus Dauergrünland 54
Tabelle 3-12: Technisches Potenzial aus Tierexkrementen 54
Tabelle 3-13: Technisches Potenzial aus Energiepflanzen 55
Tabelle 3-14: technisches Potenzial aus Bio- und Grünabfällen (Biogas) 55
Tabelle 3-15: technisches Potenzial aus Bio- und Grünabfällen (Thermische Verwertung) 56
Tabelle 3-16: Übersicht über die Energiepotenziale aus Biomasse 56
Tabelle 3-17: Übersicht über Brachflächen (Quelle: Stadt Leipzig, Amt für Stadtgrün und Gewässer und Statistisches Jahrbuch 2010) 68
Tabelle 3-18: Abschätzung der Einsparziele öffentlicher städtischer Einrichtungen abgeleitet aus Datenauswertung der eea-Arbeitsgruppe 2 und Ages-Kennwerten 70
Tabelle 3-19: Abschätzung möglicher Einsparziele in Einrichtungen des Freistaates Sachsen, absolut und relativ zum IST-Stand abgeleitet aus Daten des SIB und Ages-Kennwerten 72
Tabelle 3-20: Verwendete mittlere Kennwerte für den maximal zulässigen spezifischen Heizenergiebedarf nach jeweiliger Wärmeschutzverordnung 75
Tabelle 3-22: Verwendete Kennwerte für den Heizenergiebedarf nach [IWU 2003] 76
Tabelle 3-23: Erzielbare Einsparpotenziale durch Sanierung von Wohngebäuden für unterschiedliche Szenarien und Zeiträume 83
Tabelle 3-24: Einsparpotenziale durch Nutzerverhalten in privaten Haushalten 89
Tabelle 3-25: Energieeinsparpotenzial bei Austausch alter Haushaltsgeräte durch neue Geräte mit Energieeffizienzklasse A (Quelle: eigene Berechnungen nach [Klobasa 2007]) 90
Tabelle 3-26: Annahmen zur Entwicklung des Durchdringungsgrades der Haushalte mit Elektrogeräten (Quelle: eigene Berechnungen, Jahr 2008 nach [Klobasa 2007]) 91
Tabelle 4-1: Potenziale im Handlungsfeld Verkehrsvermeidung durch Innenverdichtung 103
Tabelle 4-2: Potenziale im Handlungsfeld Verkehrsvermeidung durch höheren Besetzungsgrad MIV 104

Tabelle 4-3: Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – Verstärkte Nutzung des Umweltverbundes 108
Tabelle 4-4: Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – klassisches Car-Sharing 111
Tabelle 4-5: Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – flexibles Car-Sharing 113
Tabelle 4-6: Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – Wirtschaftsverkehre 114
Tabelle 4-7: Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Hybridantrieb 114
Tabelle 4-8: Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Elektromobilität – Bereich Kfz-Verkehr 116
Tabelle 4-9: Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Bereich Pedelec 118
Tabelle 4-10: Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Elektromobilität im ÖPNV-Busverkehr 120
Tabelle 4-11: Zusammenfassung der Potenzialanalyse 121
Tabelle 5-1: Strombedarf Trendszenarien 126
Tabelle 5-2: Strombedarf Trendszenarien, bezogen auf die Einwohnerzahl 126
Tabelle 5-3: Wärmebedarf Trendszenarien 126
Tabelle 5-4: Wärmebedarf Trendszenarien, bezogen auf die Einwohnerzahl 126
Tabelle 5-5: Jährliche Trendraten des Strom- und Wärmebedarfs bis 2030 127
Tabelle 5-6: Erzeugungsstruktur und Energieerzeugung der Trendszenarien 127
Tabelle 5-7: Ergebnis der Trendberechnungen Straßenverkehr 133
Tabelle 5-8: Ergebnis der Trendberechnungen im Bereich ÖPNV 134
Tabelle 5-9: Ergebnisse der Trendberechnungen zum Schienenfernverkehr 135
Tabelle 5-10: Ergebnisse der Trendberechnungen zum Flugverkehr 136
Tabelle 5-11: Ziele des Aktionsszenarios angewendet auf den Wirtschaftssektor [Prognos 2010] 137
Tabelle 5-12: Jährliche Aktionsraten des Strom- und Wärmebedarfs bis 2030 137
Tabelle 5-13: Strombedarf Aktionszenarien 138
Tabelle 5-14: Strombedarf Aktionsszenarien, bezogen auf die Einwohnerzahl 138
Tabelle 5-15: Wärmebedarf Aktionszenarien 138
Tabelle 5-16: Wärmebedarf Aktionsszenarien, bezogen auf die Einwohnerzahl 138
Tabelle 5-17: Jährliche Ausbauraten Erneuerbare Energien und KWK-Anlagen im Aktionsszenario 139
Tabelle 5-18: Erzeugungsstruktur und Energieerzeugung der Aktionszenarien 140
Tabelle 5-19: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Besetzungsgrad MIV 142
Tabelle 5-20: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Modal Split 143
Tabelle 5-21: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Hybrid-Pkw 143
Tabelle 5-22: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Elektro-Pkw 144
Tabelle 5-23: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Innenverdichtung 144
Tabelle 5-24: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Car-Sharing 144
Tabelle 5-25: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Bus-Flotte ÖPNV 145
Tabelle 5-26: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele - Straßen-Wirtschaftsverkehr 145
Tabelle 5-27: Bilanzierungsmethoden für das Visionsszenario 147
Tabelle 5-28: Mögliche Energiebedarfssituation in Leipzig im Jahr 2050 147
Tabelle 5-29: Mögliche Stromversorgungssituation in Leipzig im Jahr 2050 148
Tabelle 5-30: Mögliche Wärmeversorgungssituation in Leipzig im Jahr 2050 149

1 Einleitung

Hintergrund der Klimaschutzaktivitäten der Stadt Leipzig sind einerseits die Mitgliedschaft beim „Klima-Bündnis europäischer Städte mit den indigenen Völkern der Regenwälder“, die Teilnahme beim European Energy Award als auch die Verantwortung der Stadt gegenüber den von der Bundesregierung im August 2007 beschlossenen Klimaschutzzielen.

Das verabschiedete Integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm (IEKP) und die Beschlüsse zu dessen konkreter Umsetzung definieren grundlegende Klimaschutzziele für das Jahr 2020. Als Beitrag zur globalen Emissionsminderung sieht es eine Reduktion der deutschen Treibhausgasemissionen um 40 % gegenüber 1990 vor.

Im Kyoto-Protokoll, dem völkerrechtlich verbindlichen Abkommen zum Schutz der Atmosphäre, wurde vereinbart, dass Deutschland seine Emissionen bis 2012 um 21 Prozent verringert. Dieses Klimaschutzabkommen wurde am 11.12.1997 beim Weltklimagipfel in Kyoto (Japan) beschlossen mit dem Ziel, die globale Klimaerwärmung durch Reduktion der Treibhausgas-Emissionen abzubremsen.

Auch im Hintergrundpapier der sächsischen Staatsregierung vom März 2009 wurde eine Reduzierung des CO_2 -Ausstoßes im Nicht-Emissionshandelssektor des Freistaates Sachsen um 26 % festgelegt. Weiterhin hat sich die sächsische Staatsregierung eine Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch in Sachsen bis 2020 auf mindestens 24 % zum Ziel gesetzt [FrSa 2009].

Die strengsten Klimaschutzziele ergeben sich für Leipzig aus der Mitgliedschaft im Klima-Bündnis [KIBÜ 2009]:

- Die Reduktion des CO_2-Ausstoßes alle fünf Jahre um 10 %.
- Die Halbierung der Pro-Kopf-Emissionen bis spätestens 2030 (Basisjahr 1990).
- Eine langfristige Verminderung der Treibhausgasemissionen auf ein nachhaltiges Niveau von 2,5 Tonnen CO_2-Äquivalent pro Einwohner im Jahr durch Energiesparen, Energieeffizienz und durch Nutzung erneuerbarer Energien.

Als Grundlage für ihre zukünftigen Klimaschutzaktivitäten, insbesondere für eine qualifizierte Fortschreibung des Klimaschutzprogramms, erarbeitet die Firma KEMA-IEV gemeinsam mit dem Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen und Systeme (IVAS) ein umfassendes Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig.

Das Gesamtprojekt wurde dafür in vier Phasen untergliedert, welche nacheinander abgearbeitet werden. Dieser Zwischenbericht stellt wesentliche Inhalte und Ergebnisse der dritten Phase dar. Er umfasst die Gliederungspunkte D und E der Aufgabenstellung der Stadt Leipzig vom 19.06.2009.

In den ersten beiden Phasen erfolgten Voruntersuchungen zum Energie- und Klimaschutzkonzept sowie eine Analyse des Ist-Standes der Energieversorgung und des Energiever-

brauchs. Die Schwerpunkte dieses Projektabschnitts liegen in der Ermittlung von Defiziten und Potenzialen, aufgeteilt auf einzelne Handlungsfelder, und der Erstellung von Szenarien.

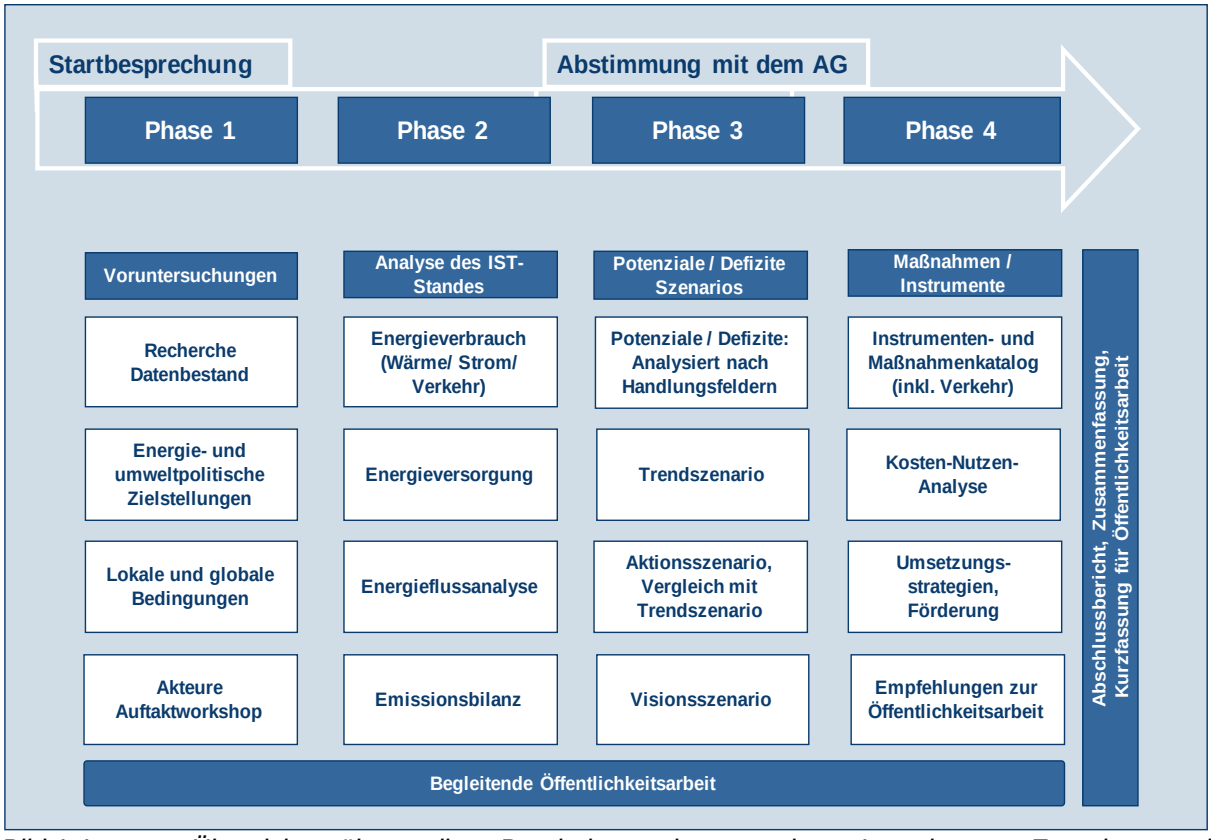


Bild 1-1: Übersicht über die Bearbeitungsphasen des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Leipzig

Diese hier vorgestellte Phase 3 nimmt eine übergeordnete Rolle ein. Einerseits aufgrund der dort zu erarbeitenden Szenarien, an Hand deren die Qualität eines Energie- und Klimaschutzkonzeptes abgeleitet wird. Andererseits aufgrund der dort zu ermittelnden Defizite und Potenziale, welche eine wichtige Grundlage für die Erarbeitung von Maßnahmen und Instrumenten in Phase 4 bilden, um Wege in eine nachhaltige Energieversorgung aufzuzeigen.

2 Methodik

Ein ganzheitlicher Ansatz ist bei der Erarbeitung eines Energie- und Klimaschutzkonzeptes von großer Bedeutung. Das bedeutet, dass die Einbeziehung aller Sektoren, die beeinflusst werden können und sollen und andere, die mittelbar oder unmittelbar Auswirkungen haben werden, Teil des Konzeptes sein müssen. Damit Klimaschutz auf allen Ebenen stattfinden kann, ist eine zunehmende Integration von Klimaschutz- und Energiepolitik notwendig. Das heißt, dass Administration und Politik der Stadt ebenfalls eingebunden werden müssen, um einen nachhaltigen Umgang mit Natur und Umwelt erreichen zu können.

Voraussetzung für die Bestimmung von Defiziten und Potenzialen ist eine Bestandsaufnahme der vorhandenen Bedarfsstrukturen der Stadt in den jeweiligen Handlungsfeldern. Diese vertiefende Betrachtung erfolgte in der Phase 2 des integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes für das Referenzjahr 2008.

Die Beschreibung zukünftiger Entwicklungspfade für die Stadt Leipzig erfolgt anhand von Langfristprojektionen mit einem Zeithorizont bis 2020, 2030 und einem Visionsszenario 100 % erneuerbare Energien, das sich an einem Szenario 2050 orientiert.

Als Bilanzgrenze für die hier vorliegende Analyse wurde wie in den vorangegangenen Phasen, mit Ausnahme der Bestimmung der Biomassepotenziale, die Stadtgrenze Leipzigs in seiner heutigen kommunalen Gebietsgliederung, gewählt. Genaue Erläuterungen zu den Bilanzgrenzen bei der Ermittlung der Biomassepotenziale sind dem Abschnitt 3.2.2 zu entnehmen.

Der Übersichtlichkeit halber werden verschiedene Sektoren betrachtet. Diese lassen sich in den öffentlichen Sektor (Gemeinbedarf), die privaten Haushalte, die Wirtschaft und separat in den Verkehrssektor unterteilen. Der Gebäudebereich wird dabei sektorenweise analysiert. Neben den verschiedenen Sektoren, die in die Analyse einbezogen werden, sieht KEMA deren weitere Aufteilung in wesentliche Handlungsfelder (vgl. Abschnitt 2.3) als vorteilhaft an. Damit ist eine stärkere Fokussierung auf die eigentliche Zielstellung gewährleistet.

Zu den **Akteuren**, die, wenn möglich, separat betrachtet werden, zählen einerseits der gesamte öffentliche Sektor, wie die haushaltsorientierten Gebietskörperschaften (Stadt, Freistaat und Bund), Industrie und Gewerbe als auch der Verkehr. Die Interessenlage der Bürger der Stadt ist ebenfalls zu berücksichtigen, da diese durch ihre Anzahl und ihr bewusstes Verhalten als Endverbraucher einen großen Anteil des städtischen Energieverbrauchs beeinflussen und gleichzeitig eine Nachfrage erzeugen können. Weiterhin wurden Umwelt- und Naturschutzverbände, wie NABU Sachsen e.V., die Klima-Allianz Leipzig, Ökolöwe Umweltbund Leipzig e.V. und der ADFC, bei der Ermittlung von Defiziten und Potenzialen einbezogen.

2.1 Ermittlung von Potenzialen

Aufbauend auf der detaillierten Ist-Analyse (siehe Energie- und Emissionsbilanz, Phase 2) werden zunächst die Defizite in den einzelnen Sektoren aufgedeckt.

Von zentraler Bedeutung ist das Handlungsfeld der Energieversorgung. Um Defizite zu ermitteln werden beispielsweise reale Wirkungsgrade der Energieumwandlungsketten Vergleichswerten (Stand der Technik, Herstellerangaben) gegenübergestellt. Anschließend werden in den identifizierten Handlungsfeldern die jeweiligen technisch-wirtschaftlichen Potenziale ermittelt.

Aber nicht nur den Versorgern sondern auch den Energieverbrauchern kommt eine Schlüsselfunktion zu. So kann diese Akteursgruppe durch ihr Verbraucherverhalten wesentlichen Einfluss z. B. in puncto Energieeinsparungen nehmen.

Potenziale werden hinsichtlich möglicher Energieeinsparungen, der Erhöhung der Energieeffizienz oder der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien untersucht. Neben der Ver- und Entsorgung, der Gebäude, der Entwicklungsplanung und des Verkehrs werden auch Faktoren wie das Nutzerverhalten einbezogen. Die Potenziale, die durch Energiedienstleistungen, wie z. B. Energieeinspar-Contracting, erschlossen werden können, werden für alle Energiesektoren berücksichtigt.

Die Genauigkeit der sich ergebenden Potenziale wird maßgeblich von der Qualität und der Auflösung der zugrunde gelegten Daten des IST-Standes beeinflusst. Dazu werden amtliche Energiebilanzen und Konzepte der vergangenen Jahre und neueste Erkenntnisse aus Forschung und Entwicklung berücksichtigt, wie auch energie- und klimapolitische Randbedingungen, wie Förderprogramme. Zusätzlich zu den einschlägigen Marktstudien werden Experten in Fachgesprächen befragt, um die speziellen Anforderungen in der Stadt Leipzig in den jeweiligen Sektoren besser integrieren zu können.

2.2 Erstellung von Szenarien

Mit Hilfe von Szenarien können zukünftige Entwicklungen kontrolliert abgebildet werden. Das bedeutet, dass bestimmte Rahmenbedingungen und politisch-gesellschaftliche Voraussetzungen der jeweiligen Situation beleuchtet werden und in die Betrachtung mit einfließen. KEMA-IEV wird für den Zeithorizont 2020 und 2030 sowohl ein Trendszenario (Fortführung der bisher durchgeführten Maßnahmen) als auch ein Aktionsszenario (durch zusätzliche Maßnahmen erreichbare Ziele) erstellen. Beide Szenarien werden miteinander verglichen und Vor- bzw. Nachteile beleuchtet. Für den Zeithorizont 2050 wird ein Visionsszenario mit dem Ziel der Versorgung der Stadt Leipzig zu 100 % aus Erneuerbaren Energien erstellt.

Während für die Szenarien bis 2020 eine gute Basis von Daten und voraussichtlich geltenden Randbedingungen zur Verfügung steht, sind die Szenarien bis 2030 einerseits von den bis 2020 umgesetzten Maßnahmen und andererseits von grundlegenden Entscheidungen in der Energieversorgung in der Region Leipzig geprägt. Aufgrund der steigenden Unsicherheit

bei Annahmen zu technischen, wirtschaftlichen und politischen Entwicklungen weist KEMA auf die die hohe Sensitivität des Szenarios bis 2050 hin.

Das Visionsszenario mit 100 % Versorgung aus regenerativen Energiequellen hat sich die Stadt Leipzig als Fernziel gesetzt. Über den Ansatz der Betrachtungsweise rückwärts aus einer visionären Zukunft können wichtige erforderliche Entscheidungen in der Gegenwart sowie der näheren Zukunft identifiziert werden. Maßnahmen im Bereich der Gebäudetechnik, der leitungsgebundenen Energieverteilung, der zentralen Wärme- und Stromerzeugung sowie zum Teil auch im Verkehr wirken als Weichenstellung bezüglich der Erreichbarkeit hoch gesteckter Ziele in der Zukunft!

Die Aufstellung und Berechnung der verschiedenen Szenarien erfolgt separat für die einzelnen Handlungsfelder. Deren Ergebnisse werden überlagert und mit den gegebenen Rahmenbedingungen gekoppelt. Damit fließen auch demografische, technologische und andere regulative Entwicklungen sowie Abschätzungen zu Kosten und zur Ressourcenverfügbarkeit in die Szenarienerstellung ein. Inhaltliche Schwerpunkte setzt KEMA durch Fokussierung auf geeignete Handlungsfelder.

Innerhalb der Szenarien werden die jeweils getroffenen Annahmen erläutert. Der zukünftige Energiebedarf wird ermittelt und die Energieflüsse dargestellt. Daraus abgeleitet erfolgt die Berechnung der Emissionen von Klimaschadgasen. Die Ergebnisse werden jeweils einer Sensitivitätsanalyse unterzogen und kritisch bewertet.

2.3 Handlungsfelder

Es wird wie in den vorangegangenen zwei Phasen der Erstellung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes in die zwei Bereiche Energie (ohne Verkehr) und Verkehr unterteilt. Innerhalb dieser Bereiche werden einzelne Handlungsfelder definiert und darin Maßnahmenbereiche analysiert.

Wichtige Handlungsfelder im Bereich Energie, die bei der Ermittlung der Potenziale und der Erstellung der Szenarien betrachtet werden, sind im Folgenden überblicksartig dargestellt.

- Energieversorgung (Erzeugeranlagen, Verteilnetze),
- Erneuerbare Energien (Solarenergie, Biomasse, Geothermie, Wind, Wasser),
- Stadtentwicklung/ Städtebau (Energiesparende Maßnahmen in der Bauleitplanung, Nutzung städtischer Freiflächen),
- Öffentliche Einrichtungen/Private Haushalte (Nutzerverhalten, Beschaffungswesen),
- Gebäude/Wohnungsbau (Sanierung, Technische Ausstattung),
- Wirtschaft (Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, Industrie),
- Weitere Handlungsfelder (Land- und Forstwirtschaft, Abfallwirtschaft).

Die Möglichkeit der **Energieeinsparung** beim Endverbraucher erstreckt sich über alle Sektoren und Handlungsfelder und wird deshalb nicht als getrenntes Handlungsfeld dargestellt. Ebenso ist die Steigerung der **Energieeffizienz** ein Ergebnis von Maßnahmen in verschiedenen Handlungsfeldern und wird jeweils dort behandelt.

Im Bereich Verkehr werden folgende Handlungsfelder berücksichtigt:
- Verkehrsvermeidung,
- Modale Beeinflussung des Verkehrs,
- Energieeffiziente Verkehrsmittel,
- Energieeffiziente Infrastruktur.

2.3.1 Handlungsfelder im Bereich Energie (ohne Verkehr)

In dem Handlungsfeld **Energieversorgung** wurden die Maßnahmenbereiche
- Zentrale Erzeugeranlagen,
- Dezentrale Erzeugeranlagen,
- Kraft-Wärme-Kopplung und
- Verteilnetze

identifiziert. Energieeinsparung kann zu großen Teilen durch Bewusstseinsbildung der Bürger erfolgen (durch aktive Öffentlichkeitsarbeit). Ein hohes Potenzial birgt hier die Einflussnahme auf das Nutzerverhalten der Bürger, z. B. durch Anschaffung energieeffizienter Haushaltsgeräte sowie der Wohnflächeninanspruchnahme. Eine mögliche Erhöhung der Energieeffizienz wird für bestehende Erzeugungs- und Verteilanlagen (z. B. durch Monitoring, Betriebsoptimierung, Smart Metering, Smart Grid) analysiert. Betrachtet wird auch die Einführung neuer innovativer Versorgungsstrukturen, z. B. Niedertemperatur-Wärmeverteilnetze (in Verbindung mit erneuerbaren Energien) oder auch der Einsatz hocheffizienter Energieumwandlungsanlagen (z. B. verbesserte Kraftwerksprozesse, Brennstoffzellen). Potenziale zur Kraft-Wärme-Kopplung in verschiedenen Anwendungsbereichen werden untersucht wie auch die Möglichkeit zur Nutzung von Kraft-Wärme-Kopplung zur Wärmeversorgung kleinerer Wohnblöcke. So genannte Inselsysteme können z. B. die weniger effiziente Wärmebereitstellung durch Gas- und Ölheizungen ersetzen.

Im Bereich der **Erneuerbaren Energien** werden Erzeugungspotenziale durch regenerative Energieträger analysiert. Das erfolgt einerseits über eine Dachflächenabschätzung für Solarstrom und Solarthermie. Andererseits werden Potenziale der Nutzung oberflächennaher Geothermie und Umweltwärme (hauptsächlich über Wärmepumpen) analysiert. In diesem Zusammenhang ist auch die Abwärmenutzung zu sehen. Die Ermittlung des Potenzials an land- und forstwirtschaftlicher Biomasse zur stofflich/energetischen Nutzung erfolgt innerhalb eines geeigneten Umkreises, so dass die Nachhaltigkeit für die Nutzung der Biomasse in Leipzig und die regionale Wertschöpfung gewährleistet bleiben. Grundlage ist hierbei der spezifische Primärenergieaufwand für den Transport der Biomasse an den Nutzungsstandort. Weiterhin erfolgt eine Betrachtung weiterer Erzeugungspotenziale durch Nutzung von Windenergie und Wasserkraft im Stadtgebiet.

Im Aufgabengebiet der **Stadtentwicklung** werden mit Berücksichtigung des „Integrierten Stadtentwicklungskonzeptes" (SEKo) aus dem Jahr 2009, vorrangig energiesparende Maßnahmen in der Bauleitplanung und die Nutzung städtischer Freiflächen analysiert. Eine interdisziplinäre Betrachtungsweise, die gesellschaftliche, wirtschaftliche als auch ökologische Entwicklungen berücksichtigt ist notwendig, um die Gesamtentwicklung der Stadt abbilden

zu können. Auch die Herausforderungen des demografischen Wandels und des Klimawandels müssen berücksichtigt werden. Bei der Szenarienerstellung werden grundlegende Ansätze aus dem SEKo übernommen, diese sollten jedoch an geeigneter Stelle weiter vertieft werden. Vor allem mit den Instrumenten des Städtebaurechts kann ein Beitrag für den kommunalen Klimaschutz geleistet werden. Die Verantwortung der Bauleitplanung für den allgemeinen Klimaschutz ist seit der Novelle des BauGB im Jahre 2004 als maßgebliche umweltpolitische Zielvorgabe für den Städtebau formuliert worden.

Im **öffentlichen Sektor** (Gemeinbedarf) überlagern sich mehrere Handlungsmöglichkeiten. Zum einen bestehen Energieeinsparpotenziale im öffentlichen Gebäudesektor inklusive der technischen Ausstattung dieser Gebäude. Des Weiteren sind Effizienz steigernde Maßnahmen bei der Bürotechnik möglich. Über die Verkehrsmittelwahl sowie die Vermeidung von Reisen infolge der Nutzung moderner Kommunikationsmittel, erstreckt sich der Einfluss des Gemeinsektors ebenso in den Verkehrsbereich.
Im Bereich des **Gebäude- und Wohnungsbaus** stehen Sanierungsstände und die technische Ausstattung der Gebäude im Vordergrund. Anhand von abgefragten energetischen Gebäudedaten oder anderweitig ermittelten Daten und Kennwerten wird die Energieeffizienz der Gebäude, sowohl bei kommunalen Liegenschaften und Gebäuden als auch bei Mietshäusern untersucht.

Für **Privathaushalte** ergeben sich Handlungsmöglichkeiten in der Anschaffung energieeffizienter Geräte sowie des energiebewussten Verhaltens (Heizungs- und Lüftungsverhalten, Konsum und Freizeitgestaltung, Verkehrsmittelwahl). In diesem Handlungsfeld liegt eine wesentliche Überschneidung mit dem Bereich Verkehr vor. Individuelle Aspekte werden nur bedingt Gegenstand des Konzeptes sein können, da sie über die Möglichkeiten der Datenerfassung hinausgehen.

Im **Wirtschaftssektor** werden mögliche Potenziale in Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und in der Industrie beleuchtet. Ausgehend von der heutigen Verteilung des Energieeinsatzes werden Potenzialfelder benannt. Die Entwicklung der Beschäftigtenzahlen und der allgemeinen Wertschöpfung sowie die Entwicklung der Industrie- und Gewerbeflächen werden als Indiz für gewerbliche und industrielle Entwicklungen herangezogen. Die Einflussnahme von öffentlicher Seite in diesem Sektor ist gering. Vielmehr werden die Unternehmen selbst bestrebt sein müssen, Energieeffizienz in ihren Betrieben zu etablieren. Durch Öffentlichkeitsarbeit kann das Bewusstsein dafür erhöht werden. Die Vorgabe von verbindlichen Effizienzzielen gestaltet sich anhand der unterschiedlichen Wirtschaftszweige als schwierig, da kaum gerechte Kennwerte für alle Produktionsprozesse identifiziert werden können.

2.3.2 Handlungsfelder im Bereich Verkehr

Wie die Analyse des Energieverbrauchs sowie der klimarelevanten Emissionen gezeigt hat (vgl. Bericht zu Stufe 2 des Energie- und Klimaschutzkonzeptes), ist der Straßenverkehr mit einem Anteil von ca. 93 % des Gesamtenergieverbrauchs im Verkehrssektor als mit Abstand größter Verbraucher zu sehen. Daraus ergibt sich, dass der Schwerpunkt der Minderungs-

bemühungen auch in diesem Bereich anzusiedeln ist, da sich aus dem hohen Anteil auch das größte Einsparpotenzial ableitet.

Im Bereich Straßenverkehr besteht ein direkter Zusammenhang zwischen dem Energieverbrauch und der Höhe der klimarelevanten CO_2-Emissionen. Diese entstehen bei der Verbrennung von Kraftstoffen im Motor, wobei die Menge des ausgestoßenen CO_2 spezifisch pro Mengeneinheit Benzin oder Diesel ist. Demnach haben alle Maßnahmen, die eine Verminderung des Energiebedarfs in Form von Kraftstoff zur Folge haben, auch Relevanz bezüglich des Klimaschutzes.

Die generelle **Vermeidung von** (Kfz-) **Verkehren** ist dabei geeignet, die Verbräuche und Emissionen zu senken. Insbesondere durch städtische Strukturen, die notwendige Wege auf möglichst kurzen Distanzen ermöglichen, sind hierzu geeignet. Da Nahmobilität gut zu Fuß oder mit dem Fahrrad bewältigt werden kann, lassen sich energieintensive Kfz-Fahrten vermeiden und somit die Gesamtverkehrsleistungen senken.

Im engen Zusammenhang zu diesem Handlungsfeld steht die **modale Beeinflussung** des Verkehrs. Auch diese hat zum Ziel, Straßenverkehrsleistungen auf klimaverträglichere Weise abzuwickeln, indem eine Verlagerung hin zum Umweltverbund erfolgt. Vor allem kurze Wege können dabei gut durch die Nutzung von Fahrrädern oder zu Fuß substituiert werden.

Weiterhin eignen sich die Verkehrsmittel des ÖPNV insbesondere für das Zurücklegen längerer Wegstrecken alternativ zu Pkw-Fahrten sowie als Alternative zu Fuß- und Radwegen bei schlechtem Wetter oder für Personen, die aus Alters- oder ähnlich gelagerten Gründen nicht auf das Fahrrad oder längere Fußwege ausweichen können. Durch die Erhöhung des Besetzungsgrades der Pkw können weitere Straßenverkehre eingespart werden. Dazu sind vor allem Fahrgemeinschaften geeignet, in denen sich mehrere Personen mit ähnlich gelagerten Fahrtzielen zusammenschließen und somit nicht einzeln fahren (müssen).

Auch durch Car-Sharing kann zu einer Minderung des Kfz-Verkehrsaufkommens beitragen werden. So erleichtert etwa die grundsätzliche Verfügbarkeit von entsprechenden Fahrzeugen die Entscheidung von Haushalten gegen ein eigenes Kfz oder Zweit-Kfz. Gerade die Verfügbarkeit eines eigenen Autos, welches im Idealfall auch noch vor der eigenen Haustür steht, verleitet oftmals zur Nutzung, obwohl für die zurückzulegenden Wege andere Verkehrsmittel wie das Fahrrad sowohl aus Zeit- als auch aus Kostengründen konkurrenzfähig wären.

Neben der Vermeidung von Kfz-Fahrten kann die technische Weiterentwicklung der Fahrzeuge in Richtung **energieeffizienterer Verkehrsmittel** dazu beitragen, die Gesamtbilanz an Energieverbrauch und klimarelevanten Emissionen zu senken. Dabei spielt sowohl die energetische Optimierung klassischer Kfz mit Verbrennungsmotoren eine Rolle, aber auch die Etablierung von Elektromobilität wird zum wichtigen Handlungsfeld. Gerade in Hinblick auf kommunalen Klimaschutz kann die Stadt durch eine Optimierung des eigenen Fuhrparks bzw. des Flottenmanagements zwar weniger zur deutlichen Senkung der Gesamtbilanz bei-

tragen, aber dennoch eine Vorbildwirkung erhalten. Die technischen Weiterentwicklungen sind auch im Bereich des ÖPNV zu beachten, allerdings kann sich eine Optimierung hier aufgrund der geringen Anteile dieses Verkehrssektors am Gesamtenergieverbrauch nur unwesentlich auf die Bilanz auswirken.

Auch im Bereich der **Infrastruktur** lassen sich im Verkehrsbereich noch Optimierungen zur Verbesserung der Energieeffizienz vornehmen. Generell kann bereits bei der Planung darauf geachtet werden, dass keine überdimensionierten und somit nur aufwendig zu unterhaltenden Straßen entstehen. Hinzu kommt weiterhin eine Wechselwirkung zum Straßenverkehrsaufkommen, welches sich durch die Vorhaltung großzügiger Straßensysteme verstärken kann.

2.4 Grundlagen und Randbedingungen

2.4.1 Ausgewählte Fakten zur Stadtentwicklung (Standorteinschätzung)

Zunächst sollen einige allgemeine Daten zur geografischen Lage, Stadtraumtypen, Einwohnerzahlen sowie zu städtischen Freiflächen in Leipzig, die energiespezifische Analysen der Stadt Leipzig unterstützen, erläutert werden.

Zum Stadtgebiet Leipzig zählen 10 Stadtbezirke, welche in insgesamt 63 Ortsteile untergliedert sind. Die Gesamtfläche innerhalb der Stadtgrenze betrug im Jahr 2009 29.736 ha.

Die Flächenverteilung Leipzigs ist in Tabelle 2-1 dargestellt. Dabei bildet der Anteil an Landwirtschafts- und Waldfläche (vgl. Bild 2-1) mit 44 Prozent die allgemeine Berechnungsgrundlage für das theoretische Potenzial an Biomasse im Stadtgebiet. Im Falle einer nachhaltigen Energieversorgung nur aus dem Stadtgebiet entsteht für diese Flächen prinzipiell eine Konkurrenzsituation zwischen Besiedelungs-, Nahrungsmittel-, bzw. Biomasseanbau-Zwecken.

Tabelle 2-1: Flächennutzung in Leipzig

Nutzungsart der Fläche	**Fläche in ha**
Gebäude- und Freifläche	8.419
Betriebsfläche ohne Abbauland	193
Erholungsfläche	2.492
Verkehrsfläche	3.505
sonstige Siedlungs- und Verkehrsfläche	182
Landwirtschaftsfläche	11.178
Waldfläche	1.944
Wasserfläche	850
Sonstige Fläche	973
Summe	29.736

Quelle: in Anlehnung an [LStat 2010a], S. 5

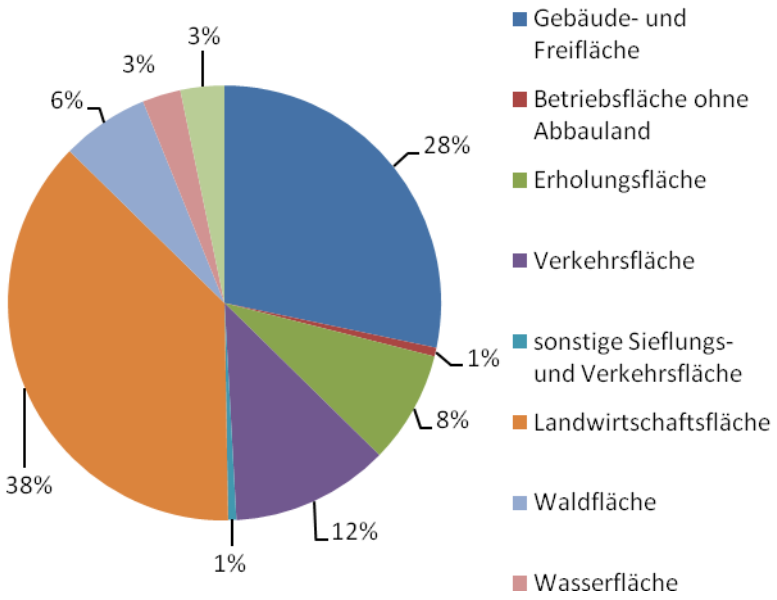


Bild 2-1: Anteile der Flächennutzung in Leipzig (Quelle: eigene Darstellung)

Im Jahr 2009 waren in Leipzig 518.862 Einwohner gemeldet. Die Bevölkerungsdichte betrug demnach rund 1745 Einwohner pro km² im Stadtgebiet [LStat 2010a]. Nach 1990 kam es aufgrund des Niedergangs von Wirtschaftssektoren im Stadtgebiet zur Abwanderung von Einwohnern in die alten Bundesländer. Weiterhin waren die Geburtenraten aufgrund der unsicheren Zukunftssituation der Bevölkerung rückläufig und es kam zu einer massiven Suburbanisierung ins Umland von Leipzig, da die Eigentumsverhältnisse des Wohnraumes in Leipzig teilweise keiner klaren Regelung unterlagen.

Seit 1998 haben sich die Wanderungsverluste der Bevölkerung an den Stadtrand bzw. ins Umland von Leipzig stark vermindert. Dies ist teilweise durch die veränderte Stadtgrenze als Folge der kommunalen Gemeindegebietsreform im Jahr 1999 begründbar [StPlLe 2001]. Derzeit gibt es Zuwanderungsgewinne aus dem Umland.

Mit Dresden und Chemnitz-Zwickau beschreibt die Region Halle/Leipzig die „Europäische Metropolregion Mitteldeutschland“ mit der Bezeichnung Sachsendreieck, welches ein wichtiges Wirtschaftszentrum im Osten der Bundesrepublik Deutschland ist. Die Arbeitslosenquote betrug im Juni 2010 noch 13,4 Prozent [ARGE 2010] und ist damit in Bezug zu Vorjahren rückläufig. Verglichen zu Westdeutschen Städten ist die Arbeitslosenquote dennoch relativ hoch, was vielfach noch den Folgen des Strukturwandels nach 1990 zugeschrieben wird.

Historische Entwicklung und Abschätzungen zum Wohnraum

Gebäude aus der Gründerzeit prägen das Stadtbild Leipzigs. Diese Gründerzeitbebauung aus Zeiten der Jahrhundertwende vom 19. zum 20. Jahrhundert wurde in der DDR nicht durch Sanierung instand gesetzt, sondern es erfolgte seit den 60er Jahren eine massive Stadterweiterung in industrieller Bauweise, den sogenannten Plattenbauten.

Zu Beginn der 1990 Jahre herrschte in Leipzig eine große Wohnungsnachfrage, der kein entsprechendes Angebot an Wohnraum im Stadtgebiet gegenüberstand. Aus ungeklärten Eigentumsverhältnissen im Wohnungsbestand, billigem Bauland und günstigen Abschreibungsmöglichkeiten sowie fehlenden planerischem Einfluss der Stadt Leipzig setzte der Geschosswohnungsneubau im Umland von Leipzig ein. Der Sanierungsprozess im Altbaubestand wurde hingegen aufgrund der bereits benannten ungeklärten Eigentumsverhältnisse behindert [StPlLe 2001].

Eine positive Wohnungsmarktentwicklung gab es in den letzten Jahren. Dank erfolgreicher Stadterneuerung wurde ein Großteil der Gründerzeitgebäude saniert. Der Wohnungsleerstand konnte gesenkt werden. Gründe dafür sind u.a. der Einwohner-Zuzug, der Wohnungsrückbau und sinkende Haushaltsgrößen. Somit gibt es auch wachsende Einwohnerzahlen in den Altbauquartieren Leipzigs [StPlLe 2001].

Allgemein belegen Studien, dass Städte der Bundesrepublik ihr Hauptwachstum zu großen Teilen abgeschlossen haben und sich vorrangig nun im Umbau befinden. Die Neubauraten sind in den letzten Jahren allgemein rückläufig, was einerseits durch konjunkturpolitische Einflüsse zu begründen ist, sich aber auch zukünftig aufgrund der langfristig abnehmen bundesdeutschen Gesamtbevölkerung weiter fortsetzen und verfestigen wird. Deshalb ist abzusehen, dass der Stellenwert von Sanierungstätigkeiten auch zukünftig einen höheren Anteil im Verhältnis zur gesamten Bautätigkeit einnehmen wird. [Ecofys 2002]

Um Aussagen zu Defiziten und Potenzialen der Wohngebäude der Stadt treffen zu können, wurde auf Geodaten vom Amt für Geoinformation und Bodenordnung und auf einem Forschungsbericht aus dem Jahr 2004 [Empi 2004] zurückgegriffen (siehe Abschnitt 3.5.2).

Regionalplan Westsachsen

Die Regionalplanung dient der fachlichen Integration und Umsetzung landesplanerischer Ziele. Der Regionalplan ist ein Raumordnungsplan für eine Planungsregion. Der für Leipzig gültige Regionalplan Westsachsen ist am 25.07.2008 in Kraft getreten und stellt den verbindlichen Rahmen für die räumliche Ordnung und Entwicklung der Region Westsachsen dar. Betrachtet werden insbesondere die Bereiche Ökologie, Wirtschaft, Siedlung und Infrastruktur mit dem Ziel der nachhaltigen Regionalentwicklung.

2.4.2 Demografische Entwicklung

Leipzig entwickelt sich als Ballungsraum nur mit geringer Wahrscheinlichkeit entsprechend allgemein geltender Trends für ganz Deutschland, welche von einer langfristigen Verringerung der Bevölkerung bis 2050 ausgehen. So wird im Rahmen einer WWF Studie von einer Verringerung der deutschen Bevölkerung im Zeitintervall 2005 bis 2050 um etwa 10 Mio. auf 72,2 Mio. Einwohner ausgegangen. [Öko/Pro 2009]

Entsprechenden Prognosen und Einschätzungen des Leipziger Amtes für Statistik und Wahlen zufolge wird die Bevölkerung in der als stabil charakterisierten Region Stadt Leipzig [BMVBS 2008] von im Jahr 2009 518.862 Einwohneren dem Trend entsprechend auf ca.

540.000 Einwohner ansteigen. [LStat 2009] Diese Angabe liegt allerdings in einem Wahrscheinlichkeitsband von plus bzw. minus ca. 5 Prozent, sodass auch hier eine relativ hohe Sensitivität vorliegt. Längerfristige regionale Bevölkerungsprognosen sind nicht verfügbar. Deshalb wurde im Rahmen dieser Analyse von 2030 bis 2050 eine Stagnation der Stadtbevölkerung angenommen. Langfristig könnte jedoch der deutschlandweite Trend von sinkenden Einwohnerzahlen auch auf Leipzig Auswirkungen haben.

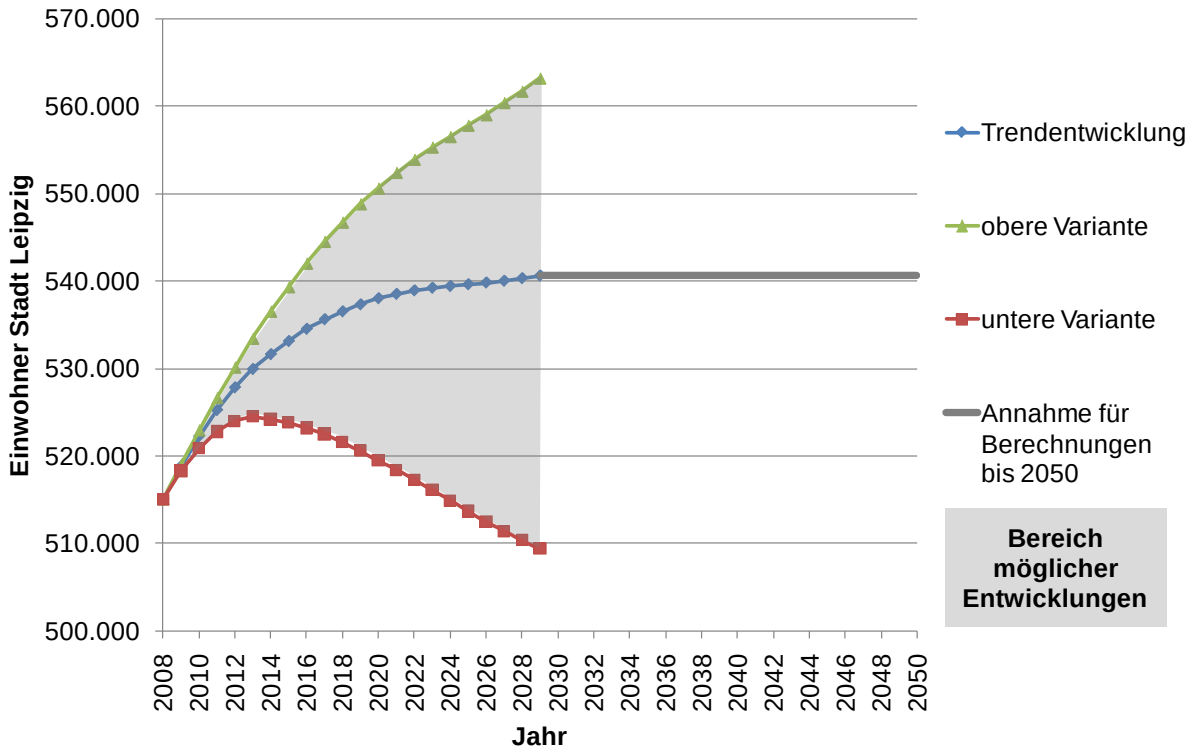


Bild 2-2: Bevölkerungsvorausschätzung bis 2050 (Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an [LStat 2009])

2.4.3 Gesamtwirtschaftliche Rahmendaten

Die Wirtschaft in Leipzig ist in den letzten Jahren konstant gewachsen. Das einwohnerspezifische Bruttoinlandsprodukt ist von 2002 bis 2009 um 16,8 % gewachsen. Ein großer Sprung ist in den Jahren 2005/2006 zu verzeichnen. Von 2007 zu 2008 war ein Wirtschaftswachstum von knapp 1 % zu verzeichnen. Im Schnitt liegt das Leipziger Bruttoinlandsprodukt um ca. 10,5 % unter dem deutschlandweiten Bruttoinlandsprodukt. Das deutschlandweite BIP wuchs dabei in den Jahren 2002 bis 2008 um ca. 18,3 %. Näherungsweise ist zu sagen, dass sich bisher die Wirtschaftsentwicklung in Leipzig ähnlich verhielt wie die deutschlandweite Entwicklung.

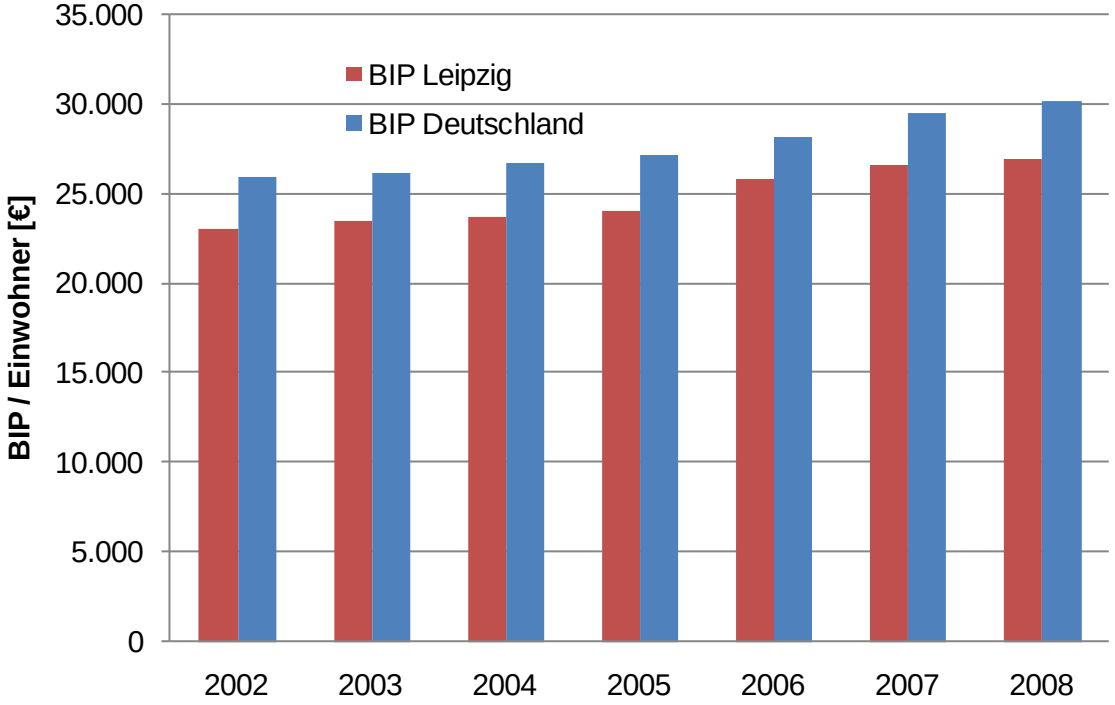


Bild 2-3: Wirtschaftswachstum in Leipzig 2002 bis 2008

Um den zukünftigen Energieverbrauch in der Wirtschaft in Leipzig und die damit verbundenen CO_2-Emissionen hinsichtlich der Szenarien abschätzen zu können, wurde daher auf die Entwicklung in Deutschland zurückgegriffen und auf Leipzig übertragen. Die Schwerpunkte der Wirtschaftsentwicklung liegen in Leipzig in den Bereichen Logistik & Dienstleistungen, Automobil- & Zulieferindustrie, Gesundheitswirtschaft & Biotechnologie, Energie & Umwelttechnik sowie Medien & Kreativwirtschaft. Da sich diese Schwerpunkte in der Zukunft voraussichtlich nicht grundsätzlich ändern werden, wird für Leipzig das Verhältnis der Energieverbrauchs- und Wirtschaftsentwicklung als fortschreibbar angenommen.

Dazu wurde das Referenzszenario im Wirtschaftssektor (G/H/D und Industrie) aus einer Studie von Prognos [Prognos 2010] übernommen und mittels der geschätzten Einwohnerzahlen auf Leipzig herunter gerechnet. Das Referenzszenario der Prognos Studie beruht dabei auf in der Vergangenheit beobachteten Trends. Es wurde angenommen, dass auf der Seite der Politik weiterhin Anstrengungen unternommen werden und diese wurden in die Zukunft fortgeschrieben. Da die Bevölkerung in Leipzig im Gegensatz zu der Bevölkerung in Deutschland in Zukunft eher steigen wird, wurden die Endenergieverbräuche in Leipzig mit Hilfe eines Bevölkerungsfaktors nach oben hin korrigiert.

$$E_{L,Zukunft} = E_{L,2008} \cdot \frac{EW_{D,Zukunft}}{EW_{D,2008}} \cdot \frac{f_{B,Zukunft}}{f_{B,2008}}$$

$$f_B = \frac{EW_L}{EW_D}$$

f_B – Bevölkerungsfaktor
E – Endenergieverbrauch
EW – Einwohner

Indizes:
L – Leipzig
D – Deutschland

Tabelle 2-2: Prognostizierte Endenergieverbräuche in Leipzig im Wirtschaftssektor

		2008	***2020***	***2030***	***2040***	***2050***
Strom	GWh	1.424	1.367	1.254	1.269	1.275
Fern- und Nahwärme	GWh	372	369	325	296	275
Gas	GWh	658	595	474	413	387
Mineralölprodukte	GWh	10	7	5	4	3
Kohle	GWh	5	4	3	2	2
Erneuerbare Energien	GWh	7	11	12	14	15
Summe	**GWh**	2.477	2.352	2.074	1.999	1.957

Die Werte sind im nachfolgenden Diagramm grafisch dargestellt.

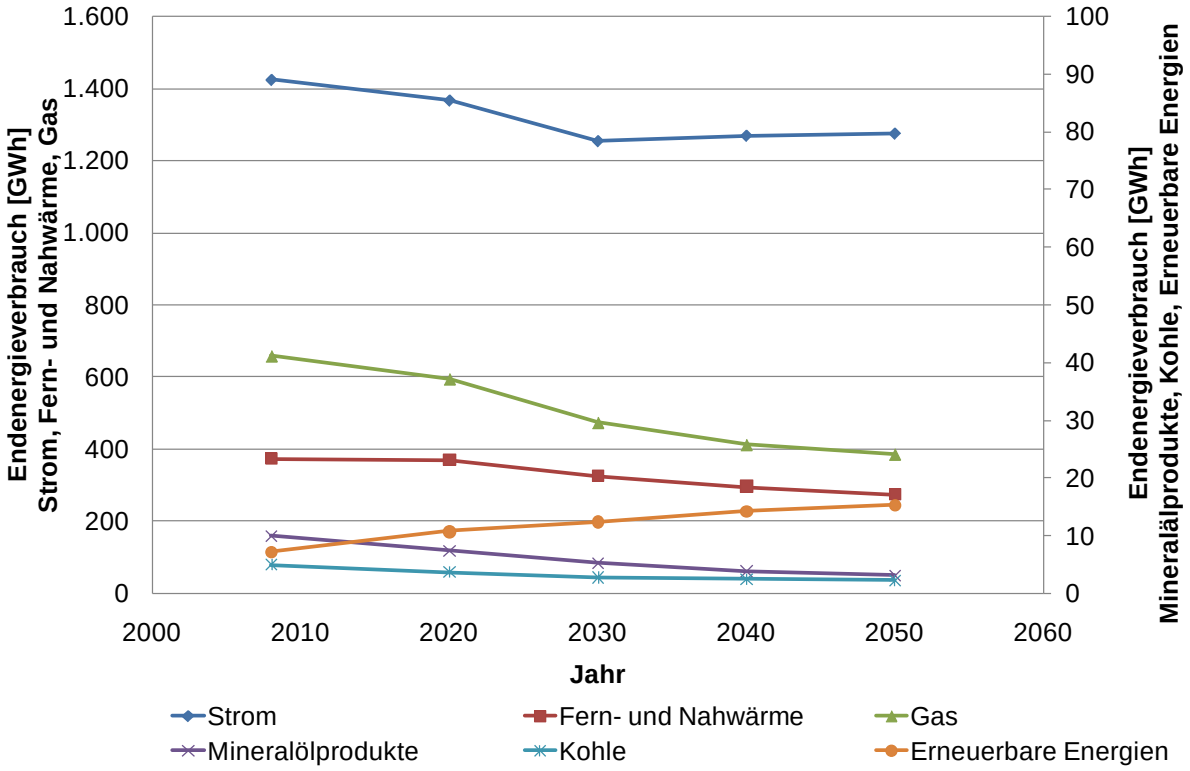


Bild 2-4: Prognostizierte Endenergieverbräuche in Leipzig im Wirtschaftssektor

Da es sich hier um eine Trendentwicklung handelt, wurde die Entwicklung des Wirtschaftssektors im Trendszenario angewendet.

2.4.4 Entwicklungen in Deutschland

Stromerzeugung

Die Entwicklungen des Stromverbrauchs, der Stromerzeugung und des Stromerzeugungsmixes in Deutschland beeinflussen die Klimabilanz der Stadt Leipzig, da ein Teil des Strombedarfs durch Bezug über die Stadtgrenzen gedeckt wird. Weiterhin hat die bundesdeutsche Entwicklung Auswirkungen über den anzusetzenden Strompreis, der für die Wirtschaftlichkeit zentraler und dezentraler Stromerzeugungsanlagen in Leipzig entscheidend ist.

Die zukünftigen Entwicklungen in Deutschland sind in der Bandbreite mehrerer Energieszenarien zu sehen. Der Nicht-Ausstieg aus der Kernenergie, die Anpassung von Energiegesetzen (Einspeisevergütungen entsprechend dem „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien“ (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG [EEG 2010]), Energie- und Stromsteuergesetzen) sowie weitere stetig angepasste Rahmenbedingungen erschweren eine zuverlässige sichere Prognose bis zu den geforderten Zeithorizonten 2020, 2030 und 2050. Deshalb wird im vorliegenden Konzept Bezug auf zwei Szenarien genommen, welche auch in GEMIS 4.6 hinterlegt sind und eine große Spreizung möglicher Entwicklungen abbilden.

Szenario 1 – „Erneuerbare Energien“, basierend auf

- Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien - Leitstudie 2008 (DLR) [DLR 2008],
- Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030 (Öko-Institut e.V./ DLR-IVF 2009, „renewbility“, FZK 0327546) [Öko 2009a,b],

Szenario 2 – Kernenergieausstieg, basierend auf

- Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030 - Energiewirtschaftliche Referenzprognose (EWI/Prognos AG 2005) [EWI 2005]

Eine weitere sehr aktuelle Energieprognose (Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Prognos AG/EWI/GWS, 2010 [Prognos 2010]) liegt im Szenario II A mit Annahme von 12 Jahren Laufzeitverlängerung der deutschen Kernkraftwerke zwischen den obigen Szenarien 1 und 2. Diese Prognose geht gegenüber Szenario 2 von einem stärkeren Ausbau der Erneuerbaren Energien im Stromsektor aus und kompensiert damit die höheren Treibhausgasemissionen aus den fossilen Kraftwerksanlagen, welche in Szenario 2 die Kernkraftwerke ersetzen. Deshalb ist anzunehmen, dass die spezifischen Emissionen des zukünftigen Stromerzeugungsmixes in Deutschland am ehesten denen des Szenarios 1 entsprechen werden.

Der CO_2-Faktor des Strommixes im Jahr 2050 wird in den Prognosen nicht ausgewiesen. Vereinfachte Nachrechnungen deuten darauf hin, dass aufgrund des geringen Anteils von Stein- und Braunkohle in der Stromerzeugung der CO_2-Faktor des Strommixes auf etwa

110 g/kWh sinken könnte. Bei Annahme von 90% CO_2-Abscheidung in diesen dann noch betriebenen Kohlekraftwerken könnte dieser Wert sogar auf bis zu 40 g/kWh sinken.

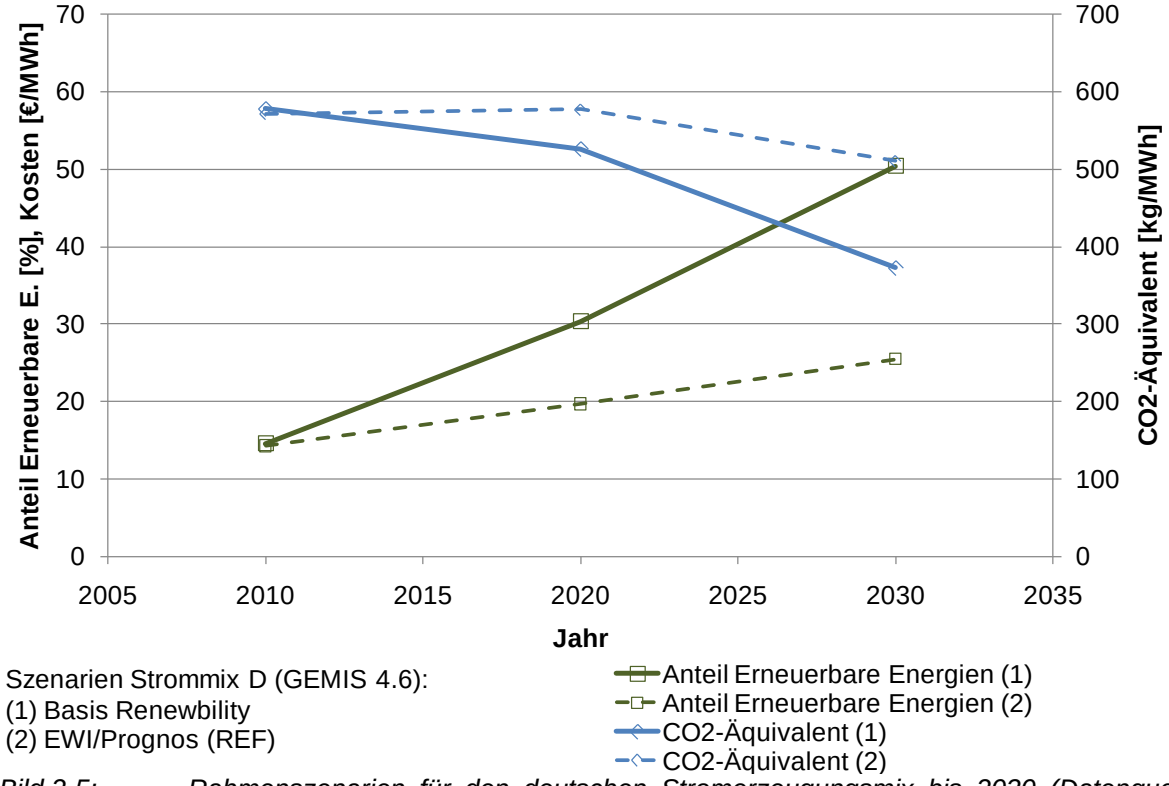


Bild 2-5: Rahmenszenarien für den deutschen Stromerzeugungsmix bis 2030 (Datenquelle: GEMIS 4.6)

Tabelle 2-3: Anteile einiger Energieträger an der Stromerzeugung in den Szenarien Basis-Renewbility und EWI/Prognos (REF)

Szenario	Basis-Renewbility		EWI/Prognos (REF)	
	2020	2030	2020	2030
Steinkohle	17 %	10 %	19 %	9 %
Braunkohle	20 %	13 %	29 %	29 %
Kernkraft	6 %	0 %	5 %	0 %
Erdgas	21 %	22 %	25 %	34 %
Erneuerbare	30 %	50 %	20 %	26 %

Die Zusammensetzung der Stromerzeugung in den beiden Szenarien verdeutlicht, wie gering der Anteil der Kernenergie in Deutschland mittel- bis langfristig sein wird. Deshalb wird in diesem Konzept den aktuellen Diskussionen um den Kernkraftausstieg keine übergeordnete Bedeutung beigemessen. Auswirkungen auf einzelne Maßnahmen des Konzeptes

könnten sich hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und der erforderlichen Fördermittel ergeben: Einerseits über den sich einstellenden Strompreis am Markt und andererseits die wahrscheinlich ausfallenden Einnahmen aus den Überschüssen der länger betriebenen Kernkraftwerke, welche in die Förderung der Umstrukturierung der Energiewirtschaft fließen sollten.

Die Prognose der Stromerzeugungskosten erfolgt in GEMIS 4.6 für die Szenarien 1 und 2 anhand der prozentualen Zusammensetzung der Stromerzeugung und den jeweiligen Erzeugungskosten dieser Kraftwerksanlagen. Dabei unterscheiden sich die Ergebnisse gering und weisen eine Kostensteigerung von 22 bzw. 21 % bezogen auf 2010 aus.

Die Energie- und Strompreise werden im Szenario II A in [Prognos 2010] getrennt für Haushalte und Großhandel ausgewiesen. Demnach bleiben die realen Strompreise für den Haushaltskunden relativ stabil, während sich mäßige Steigerungen für Großhandelskunden ergeben. Die Energiepreise in Bild 2-6 sind reale Preise. Zusätzlich wird in [Prognos 2010] eine durchschnittliche Inflationsrate von 1,6 % angesetzt. Im Vergleich zu anderen Energiepreisszenarien lässt sich zusammenfassen, dass der Trend meist vergleichbar ist, jedoch aufgrund des jeweiligen Basisjahres die absoluten Preise stark variieren. Darin widerspiegelt sich auch die Sensibilität der Preisszenarien, die alle von einem stark fluktuierendem Preisverlauf in der Vergangenheit starten.

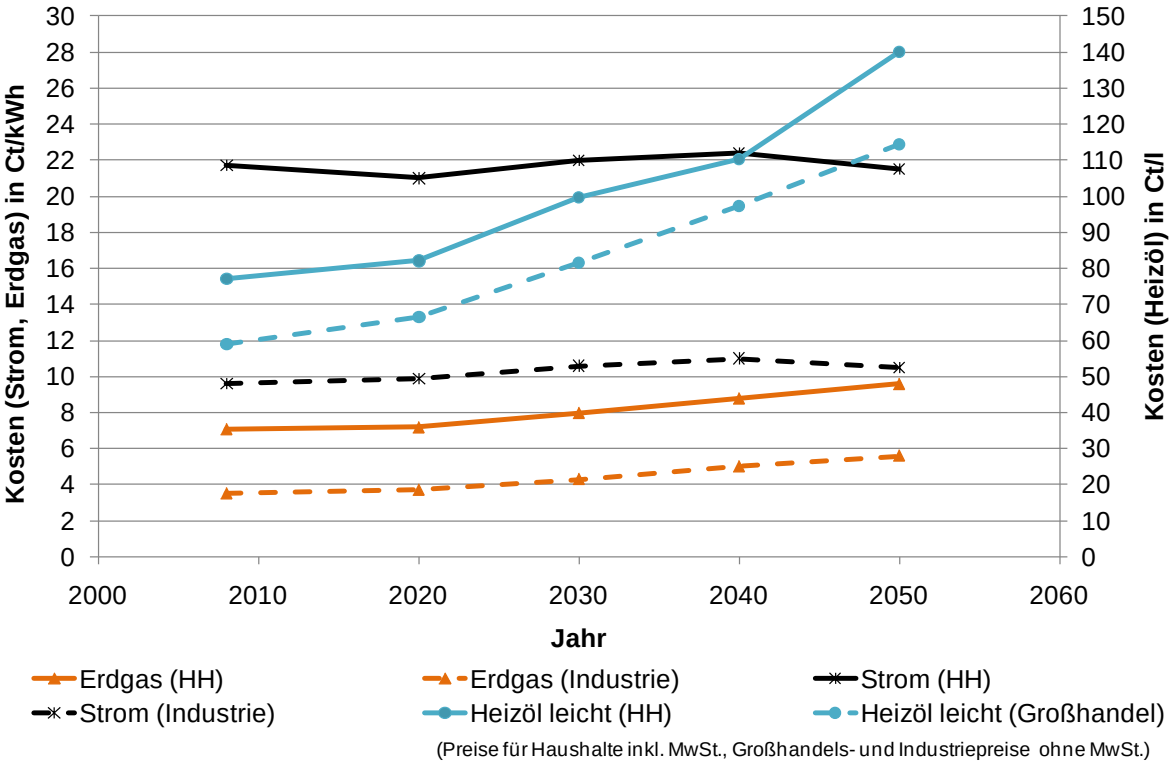


Bild 2-6: Annahmen zu Energiepreisentwicklungen bis 2050 nach [Prognos 2010], reale Preise, Preisbasis 2008

Die Energiepreisentwicklung in Deutschland ist für Leipzig bestimmend. Da sich die Kunden im liberalisierten Markt ihren Energielieferanten für Strom und Gas frei wählen können, müssen sich die von Leipziger Akteuren des Energiesektors angebotenen Endenergieprodukte (Strom, Erdgas, Fernwärme, Contracting-Wärme) an diesem Maßstab orientieren. Die Bereitstellung besonders umweltfreundlicher, aber dafür sehr teurer Energieprodukte und -dienstleistungen wird auf dem freien Markt wenig Abnehmer finden. Aus Erfahrung in anderen Energie- und Klimaschutzkonzepten geht KEMA-IEV davon aus, dass es in der breiten Bevölkerung und im Wirtschaftssektor keine Akzeptanz für überteuerte klimafreundliche Energieprodukte gibt, sofern keine anderen monetär messbaren Vorteile damit verbunden sind.

3 Defizit- und Potenzialanalyse (ohne Verkehr)

3.1 Handlungsfeld Energieversorgung

3.1.1 Zentrale Erzeugeranlagen

Derzeit betreiben die Stadtwerke Leipzig innerhalb der Stadtgrenze das GuD-Heizkraftwerk Nord sowie diverse Blockheizkraftwerke und Heizwerke, welche den Fernwärmeabsatz in Leipzig zu 45 % decken. Die restlichen 55 % werden durch das nahe gelegene Braunkohle-Kraftwerk Lippendorf bezogen. Die Fernwärme aus den Erzeugeranlagen der Stadtwerke Leipzig weist nach Aussage der SWL einen Primärenergiefaktor von 0,11 auf. Die gesamte Fernwärme inklusive der bezogenen Fernwärme aus Lippendorf weist einen Primärenergiefaktor von 0,42 auf. Wollte man die gesamte zurzeit in Leipzig verbrauchte Fernwärme mit einem Primärenergiefaktor von 0,11 erzeugen, bräuchte man ein zusätzliches GuD-Heizkraftwerk in der gleichen Größenordnung wie bereits vorhanden.

Das GuD-Heizkraftwerk Nord wurde 1995 in Betrieb genommen. Bei einer Laufzeit von 35 Jahren kann von einer Stilllegung nach dem Jahr 2030 ausgegangen werden. Dieser Zeitpunkt stellt einen Meilenstein in der Wärmeversorgung der Stadt Leipzig dar. Im Folgenden werden die Fern- und Nahwärmepotenziale der Stadt Leipzig ermittelt. Die unterschiedlichen Varianten der Bereitstellung der ermittelten Potenziale sowie der Umgang mit dem GuD-Heizkraftwerk Nord nach der prognostizierten Laufzeit werden in den Szenarien behandelt.

Die Defizitanalyse der zentralen Erzeugeranlagen und der Fernwärmeversorgung in Leipzig beruhen auf den von den Stadtwerken Leipzig zur Verfügung gestellten Energiedaten und einem Vergleich mit Richt- und Erfahrungswerten.

3.1.1.1 Defizite und Potenziale der Erzeugeranlagen

Neben dem GuD-Heizkraftwerk speisen weitere Heizwerke als Spitzenlast- und Sicherungskessel in das zentrale Fernwärmenetz ein. Die Auslastung der GuD-Anlage mit 7.547 Betriebsstunden im Jahr 2008 ist überdurchschnittlich gut. Daraus folgt ein sehr guter KWK-Deckungsanteil von ca. 99,5 %. Die weiteren Heizwerke übernehmen also nur einen Anteil von ca. 0,5 % an der gesamten in Leipzig erzeugten Fernwärme (Spitzenlast im Winter).

Die Spitzenlast Heizwerke sind in den Jahren 1992 bis 1993 in Betrieb genommen worden und werden mit Erdgas befeuert, so dass sich hier kein Defizit durch Erdöleinsatz ausweisen lässt. Die Jahresnutzungsgrade lagen im Jahr 2009 zwischen 87 und 91 %. Laut GEMIS liegt der Vergleichswert für Gas-Heizwerk-Kessel in der Größenordnung von 50 MW bis 300 MW bei 90 %, so dass sich beim Nutzungsgrad der Heizkessel kein Defizit erkennen lässt.

Das GuD-HKW wies im Jahr 2009 einen elektrischen Wirkungsgrad von 39,2 % (brutto) und einen Gesamtnutzungsgrad von 79,7 % (brutto) auf.

Die Stadtwerke Leipzig betreiben zusätzlich einige Heizcontainer und Nahwärmeanlagen. Davon stehen einige in fernwärmeversorgten Gebieten, so dass hier eine Umstellung auf Fernwärme geprüft werden sollte.

Des Weiteren bestehen einige Heizcontainer aus mit Heizöl befeuerten Kesseln. Hier kann eine Umstellung auf BHKWs bzw. erdgasbefeuerte Kessel, sofern eine Erdgasleitung verfügbar ist, geprüft werden.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die bestehenden Nahwärmelösungen:

Tabelle 3-1: Überblick über die bestehenden Nahwärmelösungen

		BHKW	HC 1	HC 2	HC 3	Inselsystem
elektrisch	MW	0,1				
thermisch	MW	1,6	1,1	1,6	0,3	13,1
Strommenge	MWh	511,9				
Wärmemenge	MWh	1.371,0	1.949,7	1.477,7	622,3	13.538,0
Brennstoffart	--	Erdgas	Erdgas	Heizöl	Heizöl	Erdgas
Brennstoffmenge	MWh Hu	2.393,2	2.157,0	1.645,2	734,6	15.370,9
Nutzungsgrad	%	78,7%	90,4%	89,8%	84,7%	88,1%

3.1.2 Fern- und Nahwärmeversorgung

Der Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung spielt eine wichtige Rolle im Klimaschutz und birgt hohe Potenziale zur CO_2-Reduzierung von Städten. Im Folgenden wird Fern- und Nahwärme pauschal als Fernwärme bezeichnet. Fernwärme wird fast ausschließlich (mit Ausnahme von Spitzenlast-Heizwerken) durch Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen und weist daher einen weitaus geringeren CO_2-Faktor auf als beispielsweise ein Gas,- Heizöl- oder Kohlekessel. Nach eigenen Berechnung und unter Verwendung der Methode des Brennstoffmehraufwandes (siehe Bericht Phase 2) beträgt der CO_2-Faktor der Fernwärmeerzeugung in Leipzig 141 t/GWh und der aus dem Kraftwerk Lippendorf 178 t/GWh. Unter Berücksichtigung der Nutzungsgrade von Gas-, Heizöl- und Kohlekessel betragen die CO_2-Faktoren der erzeugten Wärme bei Gaskesseln 255 t/GWh, bei Ölkesseln 364 t/GWh und bei Kohlekesseln 580 t/GWh.

3.1.2.1 Verteilnetze

Die Haupttrassen des Leipziger Fernwärmenetzes haben eine Länge von 306 km. Hinzu kommen noch einmal 135 Trassenkilometer an Hausanschlussleitungen, die die Häuser der Kunden mit den außerhalb der Grundstücksgrenze verlaufenden Haupttrassen verbinden (Quelle: Internetseite der SW Leipzig GmbH; 2009). Des Weiteren betreiben die Stadtwerke Leipzig diverse Nahwärmeinseln.

3.1.2.2 Defizite

Die Umstellung des Dampfnetzes auf das Heizwassernetz erfolgte von 1992 bis 1999. Das Fernwärmenetz besteht zu rund 60 % aus Leitungen die nach 1992 gebaut wurden. Jedes Jahr werden Summen bis in sechsstellige Höhe in die Modernisierung und den Ausbau des gesamten Fernwärmenetzes investiert (Quelle: SW Leipzig GmbH; 2010). Die Sanierung der

Bauwerke und Kanäle des bestehenden Heizwassernetzes wird kontinuierlich verfolgt und wurde zwischenzeitlich weitgehend abgeschlossen [SEKo 2009].

3.1.2.3 Potenziale

Um die Potenziale der Fernwärme in Leipzig zu ermitteln, wurde der Wärmeatlas aus Phase 2 ausgewertet. Der Wärmebedarf, welcher bereits durch Erneuerbare Energien oder KWK-Anlagen gedeckt wird, wurde aus der Untersuchung herausgenommen, da hier eine Substitution durch Fernwärme kontraproduktiv wäre. Es wurde also lediglich der Wärmebedarf durch Gaskessel, sowie der Wärmebedarf durch Wärmestrom (z.B. Nachtspeicherheizungen) betrachtet.
Es erfolgt keine Substitution von

- Umweltwärme,
- KWK-Wärme,
- Solarthermie,
- Holzkessel,
- Wärme Biogas/Deponiegas/Klärgas.

Da die Wärmeversorgung durch Heizöl- und Kohlekessel nur auf Schätzungen des Amtes für Statistik und Wahlen beruhen und des Weiteren keine genaue Zugehörigkeit zu den Ortsteilen bekannt ist, wurde der Wärmebedarf durch Heizöl und Kohlekessel hier vernachlässigt. Abschätzungen zum Emissionssenkungspotenzial durch Verdrängung dieser Energieträger sind in Abschnitt 3.1.4 ausgeführt.

Zusammen mit dem bereits durch Fernwärme gedeckten Wärmebedarf und der Grundfläche von Gebäude- und Freiflächen[1] wurde die Wärmedichte des jeweiligen Ortsteiles berechnet (siehe Anlagen 11 und 12). Gebäude- und Freifläche umfassen sowohl Wohngebäude, als auch gewerblich genutzte Gebäude (z.B. für Handel, Dienstleistungen, Gewerbe und Industrie). Ortsteile mit einer hohen Energiedichte eignen sich dabei besonders gut für eine Fernwärmeversorgung. Laut [NOR 2009] können Fern- bzw. Nahwärmenetze bei einer Dichte ab 80 kWh/m² wirtschaftlich realisiert werden.

In dem nachfolgenden Diagramm ist der aktuelle Stand der Fernwärmeversorgung aufgeteilt, sowie der Wärmebedarf nach Wärmedichten aufgezeigt, welcher zurzeit durch Gaskessel und Stromheizungen gedeckt wird (Wärmepotenzial). Das meiste Wärmepotenzial, welches durch Fernwärme substituiert werden könnte, befindet sich in den 10 Ortsteilen, in denen die Wärmedichte über 80 kWh/(m²*a) liegt. Bei Wärmedichten unter 80 kWh/(m²*a) kann nicht pauschal von einer wirtschaftlichen Lösung für einen Fernwärmeausbau ausgegangen werden. Auch hier können sich jedoch durchaus geeignete Gebiete für einen Fernwärmeanschluss ergeben. Gebiete, welche nicht in direkter Nähe zum Primärnetz liegen, können dennoch aufgrund geeigneter Bebauungsstrukturen für ein Nahwärmenetz geeignet sein.

[1] unbebaute Flächen, die den Zwecken der Gebäude untergeordnet sind

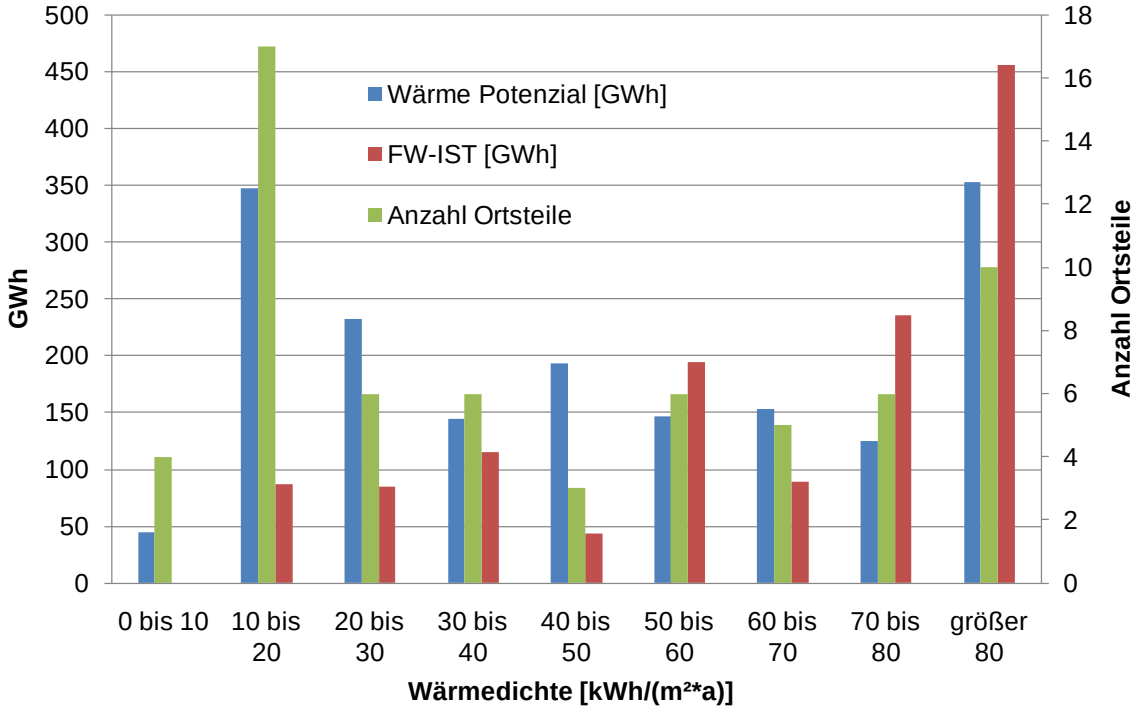


Bild 3-1: Fernwärmepotenziale

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anzahl der Ortsteile bezogen auf die dort vorliegenden Wärmedichten. Die Spalte „Wärmepotenzial“ weist das Potenzial aus, welches zurzeit substituiert werden kann. In Leipzig gibt es 10 Ortsteile, welche eine Wärmedichte von über 80 kWh/(m²*a) aufweisen. Diese Ortsteile weisen zusammen ein Fern- bzw. Nahwärmepotenzial von rund **352,5 GWh** auf. Dies setzt voraus, dass alle zurzeit mit Erdgas versorgten Gebiete auf Fernwärme umsteigen.

Tabelle 3-2: Fernwärmepotenzial

Wärmedichten	Ortsteile	Zusätzliches Wärmepotenzial für Fern- / Nahwärme	Fernwärme-IST
[kWh/(m²*a)]	[Anzahl]	[GWh]	[GWh]
0 bis 10	4	44,6	0,0
10 bis 20	17	347,4	87,4
20 bis 30	6	232,1	84,4
30 bis 40	6	144,8	115,6
40 bis 50	3	192,9	44,0
50 bis 60	6	146,7	193,9
60 bis 70	5	153,6	89,0
70 bis 80	6	125,2	235,3
größer 80	10	352,5	456,3

Die interne Fernwärmepotenzialabschätzung für neue Fernwärmenetze der Stadtwerke Leipzig basiert neben dem Kriterium der Wärmedichte auf vier weiteren Kriterien. Diese beziehen sich auf die Eigentümerstruktur der Gebäude, der Stadtentwicklung, der netzhydrauli-

schen Verhältnisse sowie den Fernwärmeanschlusskosten. Diese Informationen liegen nur den Stadtwerken Leipzig als Versorgungsunternehmen vor, so dass deren Potenzialanalyse als detaillierter anzusehen ist. Neben der Erschließung neuer Fernwärmenetze setzen die Stadtwerke Leipzig auf eine Verdichtung der bereits bestehenden Fernwärmenetze. Hierbei wird angenommen, dass sich der Anschluss von Gebäuden wirtschaftlich rentiert, welche in einer Entfernung von ca. 50 m von einem bereits existierenden Fernwärmenetz liegen.

Die Gebiete, welche sich demnach für einen Fernwärmenetzausbau eignen, wurden durch die Stadtwerke Leipzig zugearbeitet und sind in den Anlagen 11 und 12 ausgewiesen. Die Wärmepotenziale dieser Gebiete wurden als zusätzliche Fernwärmepotenziale betrachtet, sofern sich diese nicht in den Ortsteilen befinden, welche nach den Berechnungen der KEMA für Fern- bzw. Nahwärme geeignet sind (Bedingung Wärmedichte > 80 kWh/(m²*a)). Diese Gebiete weisen ein zusätzliches Potenzial von 180 GWh auf. Insgesamt ergibt sich also ein Fern- bzw. Nahwärmepotenzial von rund 532 GWh. Dabei ist zu sagen, dass es sich bei den in Anlage 11 aufgelisteten Wärmedichten immer um einen gemittelten Wert über den gesamten Ortsteil handelt. Es kann natürlich sein, dass sich innerhalb eines Ortsteiles ein Gebiet befindet, welches eine punktuell höhere Wärmedichte aufweist. Hiermit lässt sich die Diskrepanz zwischen niedriger Wärmedichte und von den Stadtwerken Leipzig dennoch ausgewiesenes Fernwärmeausbaugebiet erklären (z. B. Großzschocher, Heiterblick, Lausen-Grünau).

Grundsätzlich ist zu sagen, dass die hier ermittelten Potenziale als theoretische Potenziale anzusehen sind. Die Stadtwerke Leipzig gehen davon aus, dass mit einem jährlichen Wärmebedarfsrückgang von ca. 1 % zu rechnen ist. Legt man die zurückliegenden Fernwärmeabsatz Daten zu Grunde, so sieht man, dass der temperaturbereinigte Fernwärmeabsatz von 2000 bis 2009 um ca. 17 % gesunken ist. Dies resultiert sowohl aus Sanierungsmaßnahmen als auch durch einen bewussteren Umgang der Bevölkerung bezüglich des Lüftungsverhaltens etc. Die Stadtwerke Leipzig gehen davon aus, dass dieser Wärmebedarfsrückgang durch Netzausbau und -verdichtung in Zukunft ausgeglichen werden kann, so dass für die Berechnung des Aktionsszenarios der aktuelle Fernwärmeabsatz angesetzt werden kann.

Das folgende Diagramm zeigt den Rückgang des klimabereinigten Fernwärmeabsatzes seit 2000. Dieser Trend wurde mit einer jährlichen Rückgangsquote von 1 % (siehe oben) fortgeschrieben. Nimmt man an, dass die Stadtwerke dies durch Ausbau und Verdichtung kompensieren, ergibt sich ein Fernwärmeausbau von rund 280 GWh bis 2030.

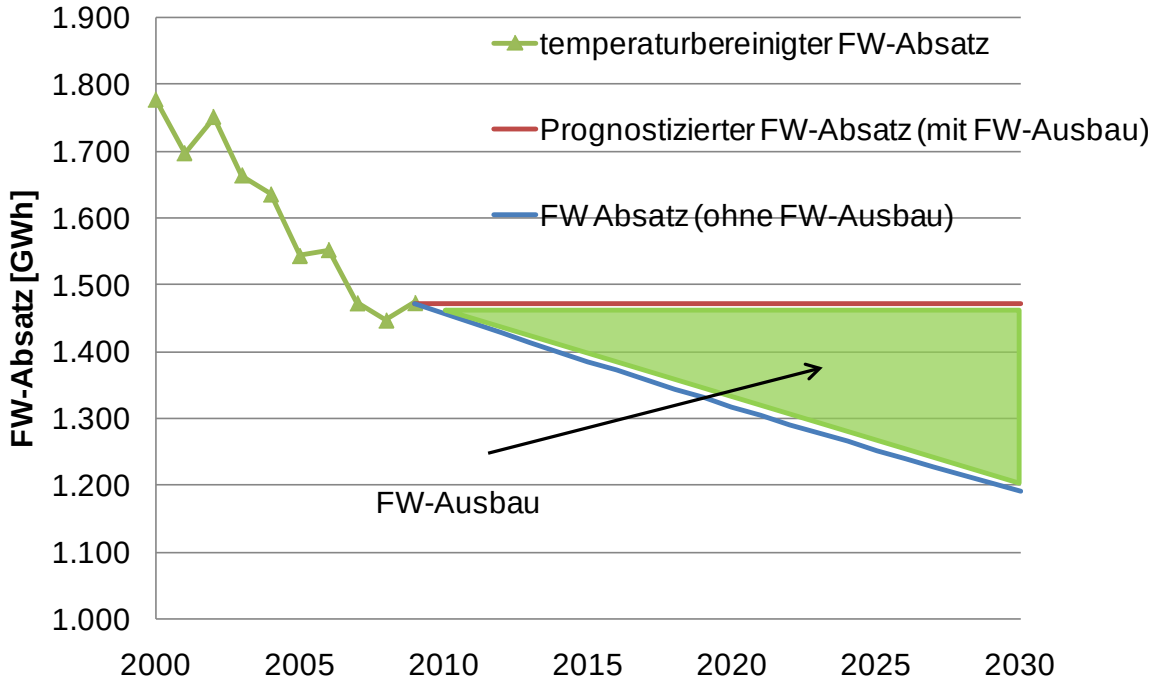


Bild 3-2: Zurückliegender und prognostizierter Fernwärmeabsatz

Zusätzlich zu den Fernwärmepotenzialgebieten wurden von den Stadtwerken Leipzig 46 Gebiete identifiziert, welche aufgrund ihrer Strukturen für Nahwärmesysteme geeignet sind. Der mögliche Gesamtwärmeabsatz wird von den Stadtwerken auf 173 GWh geschätzt. Gemeinsam mit dem Fernwärmeausbauziel von 280 GWh ergibt sich ein gemeinsames Nah- und Fernwärmeausbauziel der Stadtwerke Leipzig von 453 GWh. Verglichen mit den von KEMA berechneten Fern- und Nahwärmepotenzialen von 532 GWh, kann das Bestreben der Stadtwerke Leipzig zum Ausbau der Fern- und Nahwärme als durchaus ambitioniert betrachtet werden.

Besonders in Neubaugebieten ist die Errichtung eines Nahwärmenetzes wirtschaftlich günstig, da insbesondere auf einen Ausbau des Gasnetzes verzichtet werden kann. Nahwärmelösungen sind des Weiteren prädestiniert für die Erschließung eines ausreichend großen Wärmeabsatzes für den wirtschaftlichen Einsatz von Wärmeerzeugungs- und KWK-Anlagen mit regenerativen Brennstoffen. Die Stadtwerke Leipzig gehen von einem wirtschaftlichen Betrieb von KWK-Nahwärmeanlagen bei einer Vollbenutzungszeit von 6.000 Stunden aus. Das nachfolgende Diagramm zeigt die Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs von mehreren Mehrfamilienhäusern welche zusammen einen Gesamtwärmebedarf von 173 GWh aufweisen (Referenzgebäude mit 94 kWh/m²/a (Quelle: Forschungsstellen für Energiewirtschaft e.V.). Die Stadtwerke Leipzig gehen davon aus, dass das KWK Modul 20 % der Spitzenwärmeleistung im Grundlastbetrieb abdeckt. Dies entspricht bei einer Spitzenwärmeleistung von 90.000 kW einer KWK-Nennwärmeleistung von 18.000 kW. Bei einer Vollbenutzungszeit von 6.000 h ergibt dies eine KWK-Wärme von 108 GWh. Die restliche Wärme muss durch Spitzenlastkessel bereitgestellt werden. Am Diagramm erkennt man, dass das KWK-Modul

mehr Wärme erzeugt, als genutzt werden kann. Durch den Einsatz von Tageswärmespeichern können aber die 6.000 Volllaststunden erreicht werden.

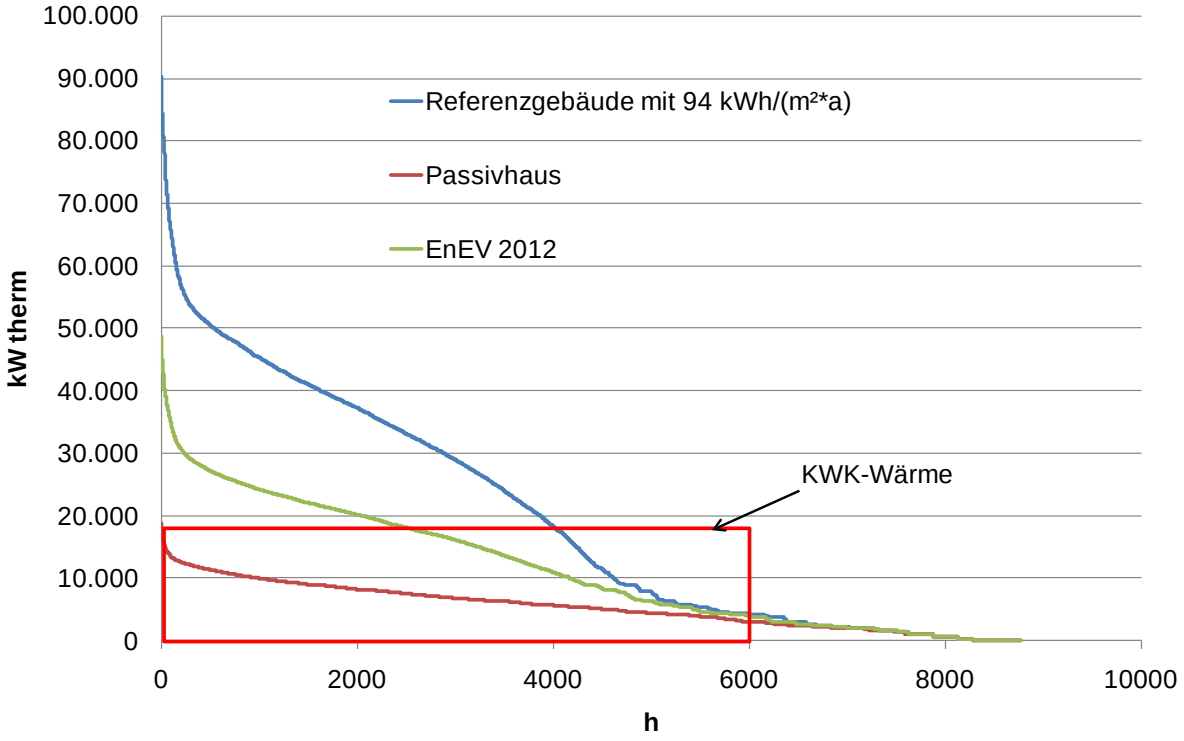


Bild 3-3: KWK Nahwärmesystem

Das Diagramm zeigt außerdem zwei weitere Jahresdauerlinien. Eine für Passivhausstandard (15 kWh/m²/a) und eine für EnEV 2012 Standard (49 kWh/m²/a). Da der Heizwärmebedarf stark sinkt, der Trinkwarmwasseranteil jedoch konstant bleibt, flacht die Kurve ab und die Leistungsspitze sinkt. Hieran erkennt man, dass eine für das Referenzbeispiel ausgelegte Nahwärmeversorgung insbesondere für Passivhäuser nicht geeignet ist. Durch Sanierung auf EnEV-Standard würde die Auslastung der KWK-Anlage weit unter die 6.000 Volllaststunden sinken. Zusätzlich sinkt die insgesamt im Nahwärmenetz verteilte Jahreswärmemenge, wodurch der Anteil der Fixkosten für das Wärmenetz an den Wärmekosten für den Endkunden deutlich ansteigt. Hieran erkennt man deutlich die Diskrepanz zwischen der Fern- und Nahwärmeversorgung und dem Bemühen den Wärmebedarf von Gebäuden durch hohe Dämmung und Anstreben des Passivhausstandards zu verringern.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass die Vorteile des Fern- und Nahwärmeausbaus sich aus dem wirtschaftlichen, strategischen und ökologischen Nutzen ergeben. Der wirtschaftliche Nutzen ist vor allem durch die Gewinne durch den Fernwärmeverkauf bei Berücksichtigung der langfristigen Amortisation des Netzausbaus und ggf. neuer KWK-Anlagen gegeben. Der Ausbau und die Instandhaltung des Erdgasnetzes entfallen und die regionale Wertschöpfung profitiert von dem Fernwärmeausbau und dem Betrieb von dezentralen KWK-Anlagen durch die Stadtwerke. Der strategische Nutzen ergibt sich durch die erhöhte Eigenstromproduktion und durch die damit verbesserte Ausgangsposition bei Verhandlungen zur Beschaffung

elektrischer Energie. Der ökologische Nutzen ergibt sich durch den geringen CO_2-Faktor der Fernwärme und das verbesserte Stadtklima durch Verringerung der Verbrennung fossiler Brennstoffe in den Haushalten. In Anbetracht der EnEV (Energieeinsparverordnung) und des EEWärmeG (Erneuerbaren-Energien-Wärmegesetz) birgt der Anschluss an Fernwärme mit einem hohen Anteil Kraft-Wärme-Kopplung Vorteile bei Hausbesitzern.

3.1.3 Dezentrale Erzeugeranlagen

Als dezentrale Erzeugeranlagen werden im Folgenden KWK-Lösungen (z.B. Mini-BHKW, Mikro-BHKW) für einzelne Gebäude verstanden.

Generell kann angenommen werden, dass sich zukünftig Mikro-BHKWs ab einer Vollbenutzungszeit von 4.000 h wirtschaftlich rentieren. Mikro-BHKWs sind ab ca. 12 kW thermischer Leistung verfügbar. Bild 3-4 zeigt einen typischen Verlauf einer Jahresdauerlinie eines Mehrfamilienhauses bezogen auf den gesamten Wärmebedarf pro Jahr (Quelle: Forschungsstellen für Energiewirtschaft e.V.). Bei einer Vollbenutzungszeit von 4.000 h ergibt sich die benötigte thermische Leistung des BHKWs bezogen auf den Gesamtwärmebedarf des Hauses in MWh pro Jahr zu 0,23 kW/(MWh*a). Mit einem Wärmespeicher kann auch an Tagen mit niedrigem Wärmebedarf der Einsatz der KWK-Anlage ohne taktenden oder Teillastbetrieb bei optimalen Wirkungsgraden sichergestellt werden. Die Spitzenlast muss über einen Spitzenkessel gedeckt werden. Bei einer thermischen Mindestleistung von 12 kW muss der Gesamtwärmebedarf des Hauses also bei ca. 53.000 kWh pro Jahr liegen. Gebäude mit höheren Wärmebedarfswerten werden mit BHKWs mit höheren thermischen Leistungen betrieben. BHKW-Lösungen gibt es inzwischen jedoch auch für geringere Wärmebedarfswerte ab 25.000 kWh. Diese sind nach Herstellerangaben schon ab ca. 2.000 Betriebsstunden wirtschaftlich zu betreiben. Setzt man 2.000 Vollaststunden mit 12 kW thermischer Leistung an, so ergeben sich erzeugte Jahreswärmemengen von 24.000 kWh. Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Technik und der Markt für Mikro-BHKWs in Zukunft noch weiter entwickeln werden und die Forschung bezüglich der Anpassung von Mikro-BHKWs an zukünftige Entwicklungen im Gebäudesektor (niedrigerer Heizbedarf durch bessere Dämmung, Niedrigenergiehäuser) voranschreiten wird.

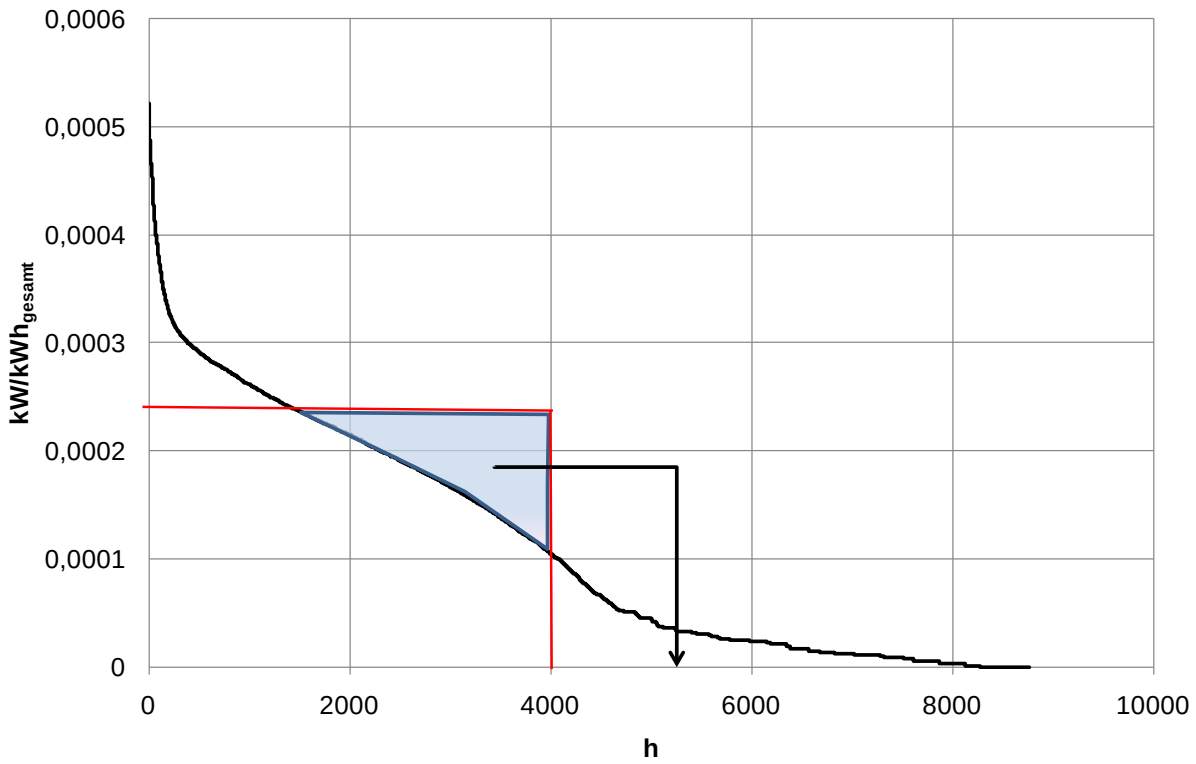


Bild 3-4: Typische Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs eines Mehrfamilienhauses (Heizung und Warmwasser), normierte Darstellung

Zurzeit wird die Wirtschaftlichkeit von Mikro-BHKWs für Einfamilienhäuser jedoch eher gering eingeschätzt. Die Stadtwerke Leipzig selbst können von guten Erfahrungen bei Anlagen im Bereich von 50 kW_{el} (entspricht ca. 75 kW_{therm}) berichten.

Grundsätzlich ist zu sagen, dass die zukünftigen Vollbenutzungsstunden aus heutiger Sicht nur schwer einzuschätzen sind. Die wirtschaftlich günstigste Vollbenutzungszeit hängt von mehreren Faktoren ab, wie der Betriebsweise des KWK-Moduls oder des Wärmebedarfs. Durch den Einsatz ausreichender Wärmespeicher ist außerdem der stromgeführte Einsatz von KWK-Anlagen möglich, so dass die Betriebsweise dem Strombedarf und nicht dem Wärmebedarf angepasst werden kann. Dadurch kann der Einsatz von KWK der fluktuierenden Strombereitstellung durch Erneuerbare Energien angepasst werden, wodurch sich wiederum wirtschaftliche Vorteile generieren lassen.

3.1.3.1 Potenziale

Das Potenzial von Mini- und Mikro-BHKWs wurde anhand der durch die Versorgungsunternehmen in Leipzig zur Verfügung gestellten Gasabsatzdaten bestimmt. Diese lagen aufgeteilt nach Größenklassen und der dazugehörigen Anzahl an Gasanschlüssen vor. Hiermit konnte der durchschnittliche Gasabsatz pro Gasanschluss und damit der Wärmebedarf pro Gasanschluss ermittelt werden. Wie bereits in Phase 2 wurde davon ausgegangen, dass der Gasabsatz ausschließlich für die Wärmebereitstellung genutzt wird. Die Größenklassen des Gasabsatzes der Mitgas Verteilnetz GmbH lagen nicht in derselben detaillierten Auflösung vor, wie bei den Stadtwerken Leipzig Netz. Damit dennoch die Gaskunden mit einem Wärmebedarf von unter 25.000 kWh aussortiert werden konnten, wurde davon ausgegangen,

dass der Anteil an Gasabnehmern mit unter 25.000 kWh im Gebiet der Stadtwerke Leipzig Netz GmbH übereinstimmt mit denen des Netzgebietes der Mitgas.

Pro Größenklasse und Ortsteil wurde eine durchschnittlich benötigte BHKW-Größe ermittelt und mittels 4.000 Volllaststunden die mittels KWK erzeugte Wärme berechnet. Für die restliche Spitzenlast wurde die Nutzung eines Gaskessels angenommen. Für Gebäude mit einem Wärmebedarf von 25.000 kWh bis ca. 53.000 kWh wurde ein BHKW mit der thermischen Leistung von 12 kW zu Grunde gelegt. Bei der Größenklasse mit durchschnittlich 30.000 kWh Wärmebedarf wurde eine 100%ige KWK-Wärmeversorgung angesetzt. Bei der Größenklasse mit durchschnittlich 44.000 kWh Wärmebedarf wurde eine 96%ige KWK-Wärmeversorgung angesetzt.

Das nachfolgende Diagramm zeigt jeweils das Potenzial der zu installierenden KWK-Leistung aufgeteilt nach den Gasabsatz Clustern. Dabei wurde sowohl die jeweils mittlere thermische Nennleistung eines Moduls abgebildet, als auch die summierte thermische Nennleistung. Geht man davon aus, dass sich mittelfristig Mikro-KWK Anlagen aus wirtschaftlicher Sicht nicht rentieren und nur Anlagen ab einer thermischen Leistung von ca. 75 kW einsetzbar sind, stellen lediglich die Gasabsatzkunden ab 300.000 kWh/a ein Potenzial für dezentrale KWK dar. Langfristig, wenn sich der Einsatz von Mikro-BHKW Modulen auf dem Markt durchgesetzt hat, stellen auch Gasabsatzkunden ab 25.000 kWh/a ein Potenzial dar.

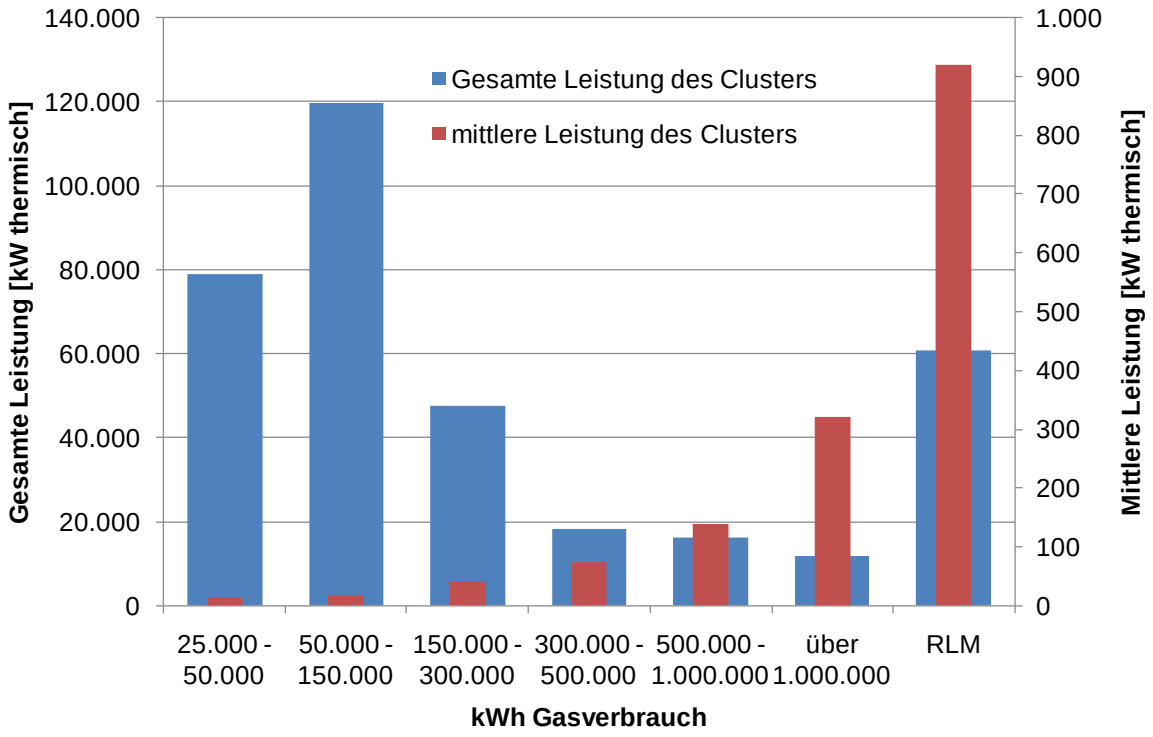


Bild 3-5: KWK-Potenziale für einzelne Gebäude bzw. Verbraucher (RLM – Großkunden mit registrierender Lastgangmessung)

Da sich aus oben bereits erwähnten Gründen in Zukunft auch andere wirtschaftliche Vollbenutzungsstunden ergeben können als 4.000 h, kann das Potenzial durch KWK-Wärme bei Erreichung höherer Vollbenutzungsstunden auch größer ausfallen.

Die nachfolgende Tabelle weist die Potenziale für das gesamte Stadtgebiet unterteilt nach den Clustern dar.

Tabelle 3-3: KWK-Potenziale für einzelne Verbraucher

		Größenklassen 1 - 3	Größenklassen 4 - 5	Größenklassen 6 - 7
Gesamtpotenzial Leistung KWK	MW	284,1	34,4	72,3
Gesamtpotenzial Wärme KWK	GWh	903	138	289
Spitzenkessel Wärme	GWh	74	14	30
Erzeugter Strom	GWh	608	93	195
Erdgasverbrauch	GWh	1.925	297	623
CO_2	t	99.611	15.946	33.512

Die Größenklassen sind dabei folgendermaßen definiert:
Größenklasse 1: 25.000 – 50.000 kWh Gasverbrauch
Größenklasse 2: 50.000 – 150.000 kWh Gasverbrauch
Größenklasse 3: 150.000 – 300.000 kWh Gasverbrauch
Größenklasse 4: 300.000 – 500.000 kWh Gasverbrauch
Größenklasse 5: 500.000 – 1.000.000 kWh Gasverbrauch
Größenklasse 6: über 1.000.000 kWh Gasverbrauch
Größenklasse 7: RLM Kunden (Großkunden mit registrierender Lastgangmessung)

Die Berechnung der CO_2 Emissionen basieren dabei auf folgenden Annahmen:
Elektrischer Wirkungsgrad BHKW: 33 %
Nutzungsgrad Kessel: 90 %
Stromkennzahl: 0,67
CO_2-Faktor Erdgas: 242,45 t/GWh (inklusiv CO_2-Äquivalente)
CO_2-Faktor (D-Mix 2008): 603,75 t/GWh (inklusiv CO_2-Äquivalente)

Die nachfolgende Tabelle zeigt die bereits in Leipzig bis 2008 installierten KWK-Anlagen. Diese Daten basieren auf Angaben des BAFA zu geförderten Anlagen.

Tabelle 3-4: In Leipzig installierte KWK-Leistung

		Größenklassen 1 - 3	Größenklassen 4 - 5	Größenklassen 6 - 7
Bereits installierte Leistung	MW	0,4	0,6	6,4
Bereits erzeugte KWK Wärme	GWh	1,6	2,4	25,4

Das nachfolgende Diagramm zeigt die Trendentwicklung der förderfähigen privat angemeldeten KWK-Anlagen in Leipzig. Bei einer linearen Fortschreibung der installierten KWK-Leistung ergebe sich eine Erhöhung der gesamten thermischen Anlagenleistung auf ca. 18,5 MW. Bei einer Vollbenutzungszeit von 6.000 Stunden ergebe dies eine Wärmemenge von 110,8 GWh.

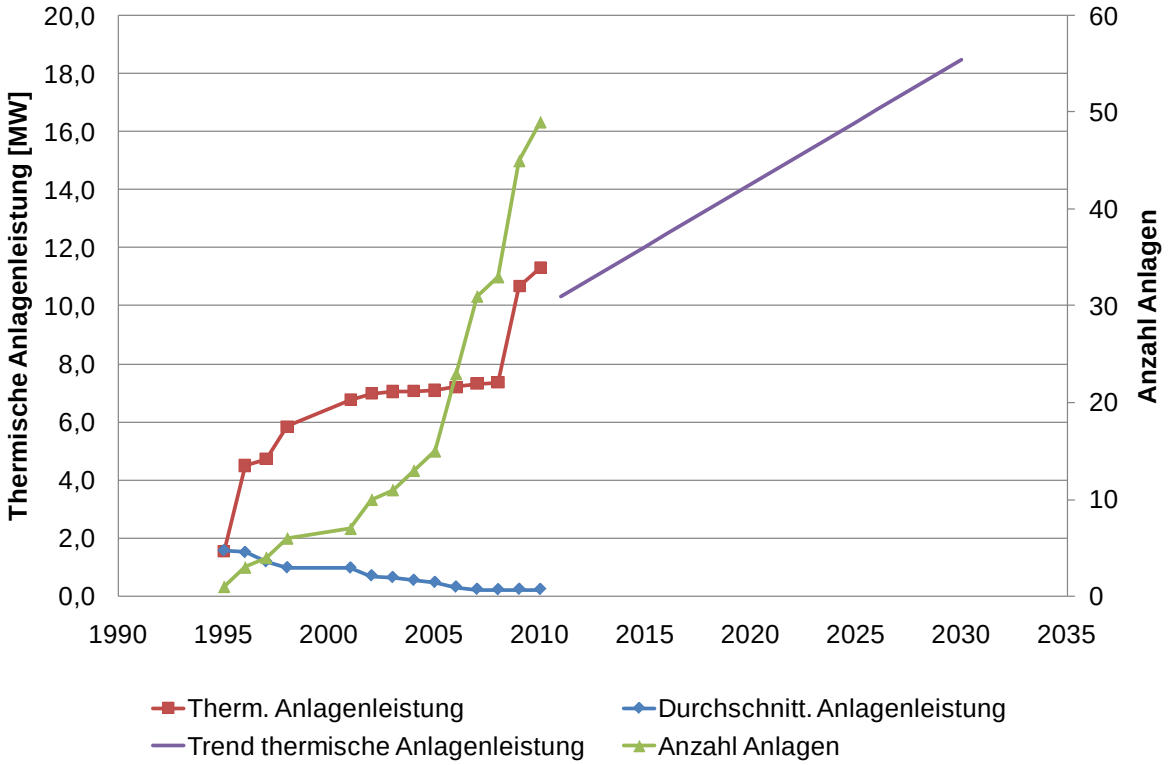


Bild 3-6: Trendentwicklung KWK-Anlagen in Leipzig

3.1.4 Substitution CO_2-intensiver fossiler Energieträger

Durch die Ablösung von Energieträgern, welche hohe spezifische CO_2-Emissionen verursachen, kann ein effektiver Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Zu diesen Energieträgern zählen Braunkohle, Steinkohle und Heizöl. Heizöl und Flüssiggas haben einen Anteil von 3,4 % am Energieeinsatz der Stadt Leipzig (ohne Verkehr). Der Hauptteil davon ist wahrscheinlich Flüssiggas (siehe Erläuterungen in Abschnitt 3.5.4). Damit ist das CO_2-Substitutionspotenzial gegenüber Erdgas als Alternative gering. Kohle wird zu 97 % in Haushalten verwendet und hat einen temperaturbereinigten Anteil von 2,3 % am Gesamtenergieeinsatz. Bei Annahme gleichbleibender Komfortansprüche (Anzahl beheizter Räume) und

Gebäudeenergiekennwerte (keine bauseitige energetische Sanierung) ergibt sich daraus ein kurzfristig umsetzbares CO_2-Senkungspotenzial. Die Werte in Bild 3-7 sind in Anlage 10 tabellarisch aufgeführt.

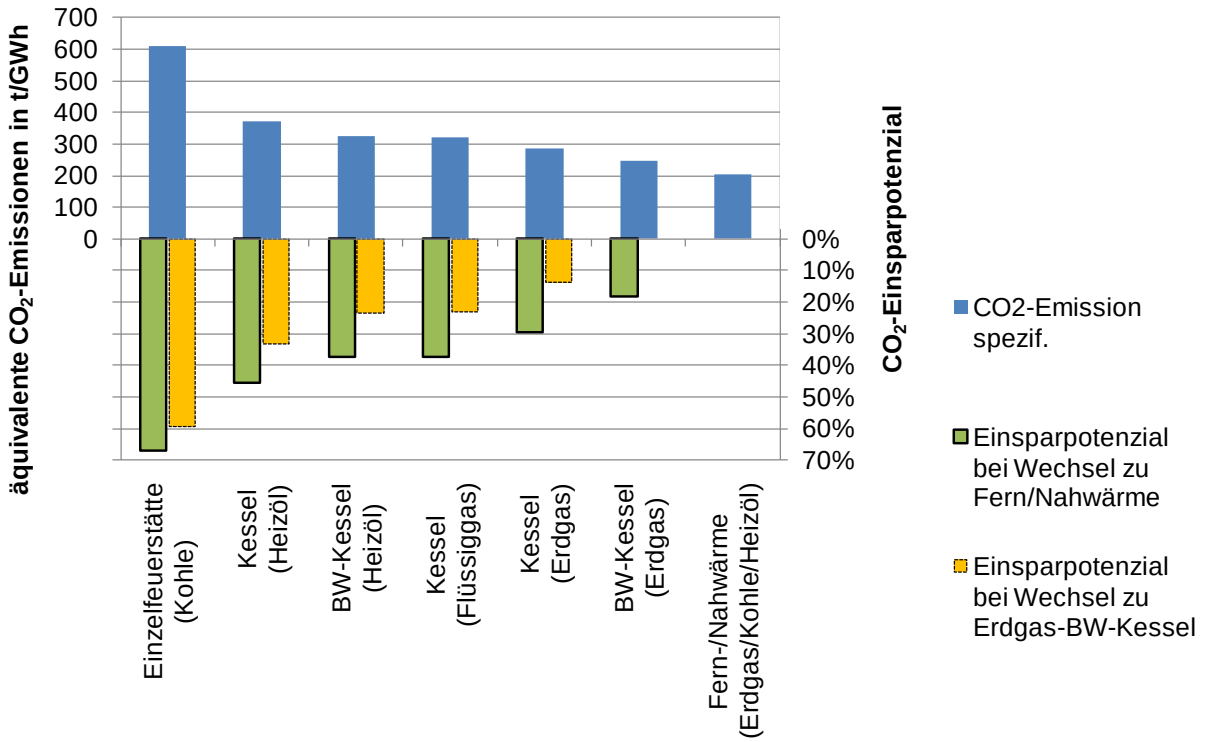


Bild 3-7: Spezifische äquivalente CO_2-Emissionen von Heizungsanlagen und Einsparpotenziale durch Brennstoffumstellung und Kesselaustausch

Die prozentualen Einsparpotenziale für die äquivalenten CO_2-Emissionen der Heizungsanlagen zeigen, dass ein Anschluss an das Fernwärmesystem bzw. eine Inselwärmeversorgung mit Kraft-Wärme-Kopplung den CO_2-Ausstoß um 30 % und mehr senken kann. In Gebieten, in denen diese Versorgungsmöglichkeiten nicht gegeben oder wirtschaftlich sind, bringt der Einbau eines Erdgas-Brennwertkessels ebenfalls einen hohen Klimaschutzbeitrag. Perspektivisch werden sich die spezifischen Emissionen bei einer Heizungsanlage mit Erdgas nur noch geringfügig senken lassen. Die Emissionen der Fernwärme beruhen auf den eingesetzten Brennstoffen. Da hier langfristig der Anteil der Braunkohle (Wärmebezug aus KW Lippendorf) gesenkt und der Anteil erneuerbarer Energien wie Biomasse, Biogas, Geothermie und Solarwärme erhöht werden kann, ist der Klimaschutzvorteil der Fernwärme offensichtlich.

Die absoluten äquivalenten CO_2-Senkungspotenziale durch Ablösung von Kohle und Heizöl in allen Anwendungssektoren betragen bei Substitution durch Erdgas (Brennwertkessel) ca. 73.000 t/Jahr und bei Ersatz durch Fern-/ Nahwärme ca. 90.700 t/Jahr. Das sind 3,4 % bzw. 4,2 % der gesamten äquivalenten CO_2-Emissionen der Stadt Leipzig.

Da der Austausch der Heizung, insbesondere einer Kohleheizung, an eine umfangreiche Gebäudesanierung gekoppelt sein kann, sind in Summe noch größere Einsparpotenziale möglich, die dann jedoch nur anteilig der Energieträgerumstellung zuzuschreiben sind. Ein Vergleich der Größenordnungen wird in Abschnitt 3.5.3 deutlich.

3.2 Handlungsfeld Erneuerbare Energien

3.2.1 Solarenergie

Vorbemerkungen

Die Nutzung der Solarenergie kann sowohl im Zusammenhang mit einem Gebäude als auch unabhängig davon erfolgen. Prinzipiell ist in die Nutzung zur Wärmegewinnung und zur Elektroenergieerzeugung zu unterschieden.

Förderrechtlich wurde im EEG bei Anlagen zur Stromerzeugung aus Solarenergie der Schwerpunkt auf gebäudeintegrierte Anlagen gelegt. Für Freiflächenanlagen gelten mehrere Einschränkungen. Nach EEG ist hier der Netzbetreiber für eine Solaranlage vergütungspflichtig, wenn die Voraussetzungen des § 32 des EEG (entsprechend gültiger Fassung von 08/2010 bzw. Entwurf von 04/2011) eingehalten werden. Kurz gefasst, müssen entweder ein Bebauungsplan vorliegen, der die Errichtung einer Solaranlage vorsieht, und spezielle Anforderungen an die Fläche (Versiegelung, Konversion, Randflächen von Verkehrsanlagen, usw.) erfüllt sein oder die Anlage auf einer Fläche errichtet werden, die bereits vor dem 1. Januar 2010 als Gewerbe- oder Industriegebiet im Sinne des § 8 oder des § 9 der Baunutzungsverordnung (…) festgesetzt war. Details sind in der jeweils aktuellen Fassung des EEG nachzulesen.

Langfristiges Ziel einer nachhaltigen Stadtentwicklung sollte auch die Vermeidung von Verkehr sein. Die „Stadt der kurzen Wege“ bedeutet in diesem Sinne auch, dass eine Nutzung heutiger Freiflächen in Städten zur Ansiedlung von Gewerbe oder als Wohn- und Freizeitflächen im Vordergrund stehen sollte. Daher sollten bei der Analyse von Freiflächen erst diese Nutzungsmöglichkeiten geprüft werden. Nur wenn die Flächen mittel- bis langfristig nicht dafür benötigt werden, wird eine Verwendung zur Bereitstellung von Energie empfohlen. Eine Ausnahme stellt die Doppelnutzung wie z. B. die Überdachung von Parkplatzflächen dar.

Insgesamt erscheinen Freiflächen in den Randbereichen der Stadt für die energetische Nutzung besonders geeignet. Bei der technisch-wirtschaftlichen Bewertung spielen Aspekte wie die Größe und Lage der Fläche, der Versiegelungsgrad und die Anbindungsmöglichkeit an das elektrische Verteilnetz eine wichtige Rolle. Aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren konnten die Freiflächenpotenziale deshalb im Folgenden nicht näher quantifiziert werden. Es wird vielmehr darauf hingewiesen, dass durch das zuständige Amt ein Abwägungsprozess im Einzelfall erfolgen sollte (siehe auch Abschnitt 3.3.1).

Bei der Nutzung der Solarenergie an Gebäuden kann in aktive und passive Nutzung unterschieden werden. Die passive Solarenergienutzung resultiert aus einer optimalen Gebäude-

ausrichtung, Fensterflächenanordnung, Nutzungszonierung und Einrichtungen zur Verschattung. Dadurch kann der Heizwärmebedarf eines Gebäudes reduziert und gleichzeitig der Kühlbedarf an sonnigen warmen Tagen minimiert werden. Diese Potenziale können durch Maßnahmen im Handlungsfeld „Stadtplanung“, insbesondere mit Vorgaben innerhalb einer Bauleitplanung erschlossen werden. Aktiv gesteuerte Komponenten sind außer bei automatisierten Verschattungsvorrichtungen nicht erforderlich. Solaranlagen sind in der Regel genehmigungsfrei. Ausnahmen bestehen in Gebieten mit Denkmalschutz. Besondere Förderungs- und Zulassungsbedingungen gelten für Freiflächenanlagen.

Die aktive Nutzung der Solarenergie erfolgt über Photovoltaikmodule zur Stromerzeugung bzw. über thermische Kollektoren zur Bereitstellung von Wärme für Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung.

Solare Stromerzeugung

Die Installation von Photovoltaik (PV) erfolgt ebenfalls in der Regel am Gebäude, nicht zuletzt seitdem die EEG-Einspeisevergütung in dieser Hinsicht angepasst wurde. Hierbei ist die Dimensionierung außer bei geplanter vollständiger Eigennutzung des Solarstroms nicht vom Energiebedarf des Gebäudes abhängig, sondern durch die verfügbaren geeigneten Flächen begrenzt. Für PV-Anlagen bis 30 kW Nennleistung besteht Anschlusspflicht durch den Netzbetreiber, so dass Dimensionierungsfragen des Hausanschlusses für den PV-Anlagenbesitzer keine Rolle spielen. Daher werden im Folgenden die Dachflächen der Stadt Leipzig analysiert und daraus das Potenzial für Photovoltaik abgeleitet.

Daten zu vorhandenen bzw. nutzbaren Dachflächen sowie deren Größe, Neigung, Ausrichtung und Eignung zur Nutzung von Photovoltaik und Solarthermie sind nicht verfügbar. Auch ein digitales Oberflächenmodell, aus dem man diese Daten generieren könnte, liegt zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht vor. Daher wird auf eine Bestimmung der Dachflächen unter der Annahme bestimmter Gegebenheiten zurückgegriffen. Die erste Annahme geht davon aus, dass nur 60 % der verfügbaren Dachflächen für eine Nutzung tatsächlich geeignet sind [Quasch 2000]. Grund können einerseits bauliche Restriktionen (z. B. Kamine oder Dachfenster) oder Dachaufbauten und andererseits starke Abschattungen sein. Eine Dachnutzung kann auch aus rechtlichen, Denkmalschutz sowie architektonischen Gründen ausgeschlossen sein. Demzufolge wird zugrundegelegt, dass 40 % der Dachflächen nicht für die Errichtung von Solaranlagen geeignet sind. Der hohe Anteil der Gründerzeitbebauung in Leipzig wird später gesondert berücksichtigt.

Aus den verfügbaren GIS-Daten lassen sich die Gebäudegrundflächen bestimmen. Von dieser Gebäudegrundfläche wird auf die Dachfläche geschlussfolgert. Die GIS-Daten erlauben eine Unterscheidung zwischen Wohn- und Nichtwohngebäuden. Dabei wurde ein Gebäude als Wohngebäude kategorisiert wenn es zu mehr als 50 % als Wohngebäude genutzt wird.
Außerdem muss zwischen Gebäuden mit flachen Dächern und Gebäuden mit Schrägdächern unterschieden werden. Bei Flachdächern entspricht bis auf den Dachüberstand die Dachfläche fast der Gebäudegrundfläche.

Bei Wohngebäuden kann laut [Kalt 1993] von einer durchschnittlichen Dachneigung zwischen 33° für Ein- und Zweifamilienhäuser und 42° für Mehrfamilienhäuser ausgegangen werden. Da KEMA keine geeigneten Informationen über eine genaue Zuordnung vorliegen, wird für die Potenzialabschätzung von einer durchschnittlichen Neigung von 37,5° ausgegangen. Für Nichtwohngebäude setzen Kaltschmitt und Wiese [Kalt 1993] einen mittleren Neigungswinkel für geneigte Dachflächen von 35° an.

Weiterhin ist die Verteilung der Dachtypen, d. h. ob es flach oder geneigt ist, zu betrachten. Unterschiede sind hauptsächlich zwischen Wohn- und Nichtwohngebäude zu finden. Wobei anzunehmen ist, dass der überwiegende Teil der Wohngebäude über ein geneigtes Dach verfügt. Bei Nichtwohngebäuden ist davon auszugehen, dass der größere Teil des Gebäudebestandes über ein Flachdach verfügt. Da KEMA keine Daten vorliegen, die eine sinnvolle Unterteilung erlaubt, wird auf eine Kategorisierung aus einer früheren Studie aus dem Jahr 2000 [Quasch 2000], die für gesamt Deutschland erfolgt, zurückgegriffen. Hier wurde zusätzlich eine Untergliederung in Klassen vorgenommen, die sowohl die Ausrichtung der Gebäude als auch die Dachneigung berücksichtigt. In Klasse I, ca. 50 % der verbleibenden Dachflächen, fallen die Dächer, die sich sehr gut zur Nutzung eignen. In Klasse II fallen die restlichen 50 %, die nicht den Kriterien von Klasse I genügen, aber dennoch akzeptable Erträge liefern können. Bei Flachdächern ist die Aufständerung der Module frei wählbar. Jedoch können durch gegenseitige Abschattung der aufgeständerten Reihen nur ca. 50 % der Dachfläche für eine optimale Ausrichtung nutzbar gemacht werden

Im Ergebnis zeigt sich, dass insgesamt 15 % der Fläche aller Flachdächer auf Klasse I sowie weitere 15 % auf Klasse II entfallen. Bei den Schrägdächern genügen lediglich 7,5 % den Kriterien der Klasse I sowie 22,5 % der Klasse II.

Fassadenflächen von Gebäuden können ebenfalls in die Solarenergienutzung einbezogen werden. Nach [Quasch 2000] und Berücksichtigung des Leipziger Gebäudebestandes (hoher Anteil Gründerzeitviertel) eigenen sich circa 4 % der gesamten Gebäudefassadenflächen für eine solarenergetische Nutzung. Dies sind Flächen mit Südost- bis Südwestausrichtung ohne bauliche und genehmigungsrechtliche Einschränkung, wobei diese Flächen sowohl für Photovoltaik als auch andere solare Nutzungen wie transparente Wärmedämmung genutzt werden können. Daher werden nur 2 % für die Anwendung von PV angesetzt.

Aufgrund der ungünstigeren Ausrichtung zur Sonne fallen die spezifischen Erträge pro installierte Leistung an Fassaden jedoch geringer aus. Daher werden diese Flächen als eigene Kategorie behandelt. Wirtschaftliche Vorteile ergeben sich im Neubau, wenn die Solarmodule in die Gebäudehülle integriert und damit sonst erforderliche bauliche Komponenten substituiert werden können. Das gilt ebenso für dachintegrierte Solaranlagen.

Für den gesamten Gebäudebestand aus Wohn- und Nichtwohngebäuden in Leipzig ergibt sich nach obigem Ansatz folgendes Gesamtpotenzial zur solaren Stromerzeugung. Beim möglichen energetischen Ertrag wurden bei Dünnschichtmodulen 10 % und bei kristallinen Modulen 14 % Wirkungsgrad bei Standardtestbedingungen angenommen. Die Ertragsab-

schätzungen beruhen auf beispielhaften Berechnungen mit der Software PV*SOL Version 4.0 Professional. Bei Nichtwohngebäuden neueren Baujahres wird aus Kostengründen zunehmend die Dachstatik sehr knapp bemessen. Daher sind weitere Einschränkungen zur Solarnutzung möglich. Dieser Effekt konnte in dieser Analyse nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 3-5: Geeignete Solarflächen und Stromerzeugungspotenzial durch Photovoltaik in Leipzig

	Wohngebäude			**Nichtwohngebäude**			**Summe**
	Klasse 1	Klasse 2	Fassaden	Klasse 1	Klasse 2	Fassaden	
potenzielle Kollektorflächen in 1000 m²	992	2.561	541	1.073	1.559	375	7.101
Ertrag in GWh/a (Dünnschicht)	68,5	155,2	28,2	82,2	107,3	19,5	460,8
Ertrag in GWh/a (kristallin)	95,9	217,2	39,4	115,0	150,2	27,3	645,1

Die PV-Potenziale für Dach- und Fassadenflächen sind für die einzelnen Ortsteile in der Anlage 9 aufgelistet.

Das zu erwartende Potenzial, das heißt, der zu erwartende Ausbau mit PV in Leipzig wird sich deutlich verhaltener darstellen und über mehrere Jahre bzw. Jahrzehnte hinziehen. Ursachen sind die Entscheidung und Handlungsfähigkeit der einzelnen meist privaten Akteure und die sinnvolle Kopplung von umfangreichen Sanierungsmaßnahmen und der Installation solarenergetischer Anlagen auf der Gebäudehülle. Es wird davon ausgegangen, dass vorerst nur die Dachflächenpotenziale der Klasse 1 erschlossen werden.

Etwa 30 % der Gebäudegrundflächen von Wohngebäuden in Leipzig entfallen auf Gebäude aus der Gründerzeit. Da hier vor der Installation von PV besondere Abstimmungen mit dem Denkmalschutz erforderlich sind, wird sich der voraussichtliche Ausbau der Photovoltaik in Leipzig weiter reduzieren bzw. verzögern. Laut aktueller Solarsatzung der Stadt Leipzig ist die Installation von Solaranlagen im Innenstadtring (entspricht Ortsteil Zentrum) nur gestattet, wenn die Anlage nicht von der Straße oder öffentlichen Plätzen aus einsehbar ist. Die Dach- und Fassadenflächen im Ortsteil Zentrum machen etwa 1 % des gesamten Potenzials aus. Deshalb wurde diese Einschränkung bei der hier angestellten Abschätzung nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 3-6: Geeignete Solarflächen und Stromerzeugungspotenzial durch Photovoltaik in Leipzig ohne Gründerzeitgebäude

	Wohngebäude			**Nichtwohngebäude**			**Summe**
	Klasse 1	Klasse 2	Fassaden	Klasse 1	Klasse 2	Fassaden	
potenzielle Kollektorflächen in 1000 m²	692	1.723	326	1.073	1.559	375	5.748
Ertrag in GWh/a (Dünnschicht)	47,8	104,4	17,0	82,2	107,3	19,5	378,1
Ertrag in GWh/a (kristallin)	66,9	146,1	23,8	115,0	150,2	27,3	529,4

Unter diesen Einschränkungen wird ein Flächenpotenzial von 1.764.000 m² als mittelfristig erschließbares Potenzial eingeschätzt. Dies entspricht einer Solarstromerzeugung von 130 bis 182 GWh pro Jahr.

Durch die Solarstromerzeugung kann Strombezug aus dem Deutschen Strommix vermieden werden. Ohne Berücksichtigung von Flächen für die solarthermische Nutzung ergibt sich damit ein CO_2-Senkungspotenzial von bis zu 110.000 t pro Jahr, welches sich mit der Änderung des CO_2-Faktors des Deutschen Strommixes auf 95.000 t/a (2020) bzw. 68.000 t/a (2030) reduziert.

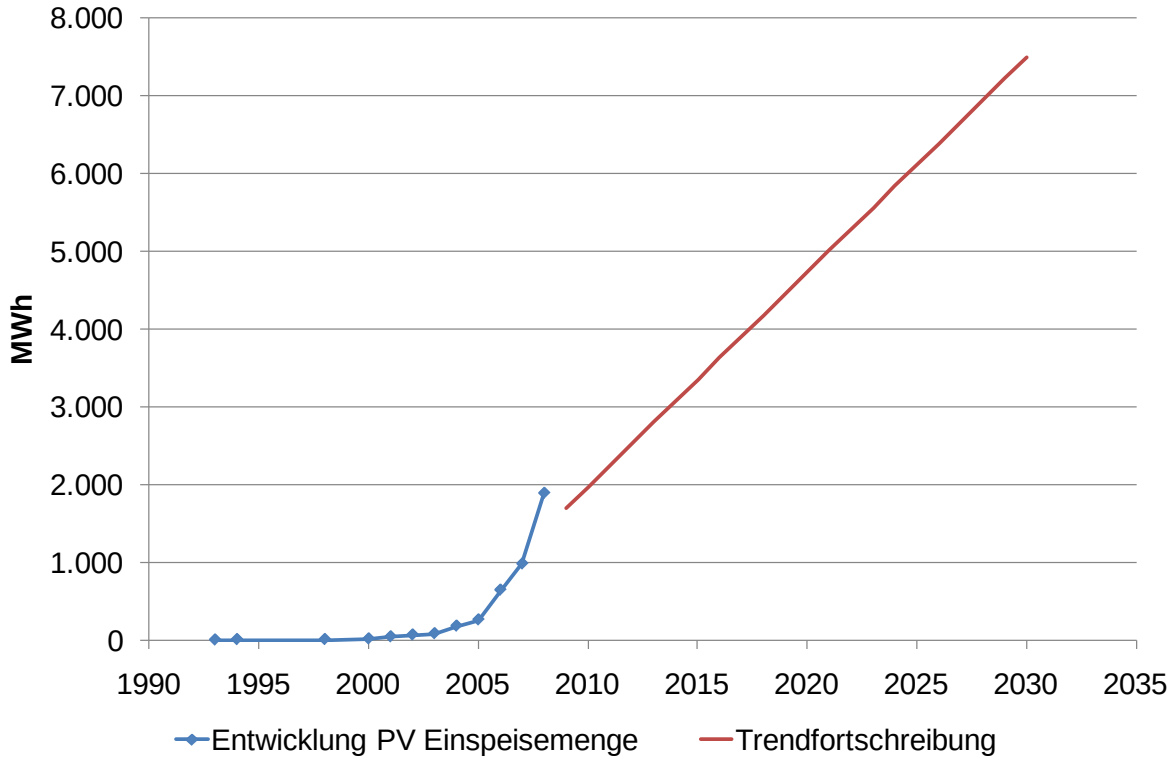


Bild 3-8: Trendentwicklung Photovoltaik Leipzig und Fortschreibung bis 2030

Mit Hilfe der durch den Übertragungsnetzbetreiber 50Hertz Transmission GmbH zur Verfügung gestellten Einspeisemengen der Photovoltaikanlagen in Leipzig konnte eine Trendentwicklung gezeichnet und bis zum Jahr 2030 fortgeschrieben werden.

Man erkennt, dass der Ausbau der Photovoltaik seit 1993 exponentiell gestiegen ist. Für die Trendfortschreibung wurden die Jahre 1993 bis 2002 jedoch vernachlässigt, da die Photovoltaik-Technologie in diesen Jahren in ihren Anfängen steckte und diese Zeit als Anlaufphase nicht in die zukünftige Entwicklung einbezogen werden. Die Trendfortschreibung bezieht sich daher auf eine lineare Fortschreibung der Jahre 2002 bis 2008. Bis 2030 würde man eine jährlich erzeugte Strommenge von 7,5 GWh erreichen. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 4,1 % bis 5,8 % des oben ermittelten mittelfristig erschließbaren Potenzials.

Solare Wärmenutzung

Die thermische Solarenergienutzung erfordert eine objektspezifische Anpassung an den Gebäudewärmebedarf (Heizung, Warmwasser) und die örtlichen Möglichkeiten zur Wärmespeicherung (Tagesspeicher, saisonale Speicher). Entsprechend der Gebäudegröße und Nutzungsart wird ein unterschiedlicher solarer Deckungsgrad (Anteil an der Gesamtwärmeversorgung) unter Beachtung von Wirtschaftlichkeitsaspekten erzielt. Dabei kann ein Teil der verfügbaren Dach- und Fassadenfläche des Gebäudes ausreichen, oder diese Fläche als Begrenzung für den solaren Deckungsgrad wirken.

Die thermische Nutzung der Solarthermie wird heute gegenüber der Photovoltaik nur unzureichend durch Fördermaßnahmen unterstützt und stellt damit keinen Anreiz für Akteure dar, die über geeignete Solarflächen verfügen und sich zwischen thermischer und elektrischer Nutzung des Solarpotenzials entscheiden müssen.

Im Folgenden wird von der ausschließlichen Nutzung der Solarenergie für die Trinkwassererwärmung ausgegangen. Bei Annahme eines mittleren Warmwasserbedarfs von 25 Liter pro Person und Tag bei Bereitstellung mit 60 °C, einem spezifischen thermischen Kollektorertrag von 400 kWh/m²a sowie einem Anteil der Zirkulations- und Verteilverluste in Höhe von 30 % des Gesamtwärmebedarfs zur Trinkwasserbereitstellung ergibt sich für die Gebäude mit geeigneten Solardachflächen ein Anteil von 14 % der Solardachflächen, der nicht für Photovoltaik zur Verfügung steht. Dies sind etwa 332.000 m² der geeigneten Dachflächen (Klasse 1 und Klasse 2) der Wohngebäude. Damit ließen sich etwa 133 GWh Wärmebedarf pro Jahr decken. Dabei wurde angenommen, dass bei den Gebäuden, die über geeignete Solardachflächen verfügen, zwei Drittel der Gesamtdachfläche aufgrund ihrer Ausrichtung oder Verschattung nicht solarenergetisch genutzt werden können. Der Vergleich mit der Trendfortschreibung des PV-Ausbaus in Bild 3-9 zeigt, dass vorerst keine besondere Einschränkung der potenziellen PV-Flächen durch die solarthermische Nutzung zu erwarten ist. Ebenso zeigt die Fortschreibung des Trends der installierten Solarthermieanlagen, dass bis zum Jahr 2030 die potenziellen Flächen ausreichen sollten.

Bei Nichtwohngebäuden wird unterstellt, dass nur in einzelnen Fällen ein ausreichender Warmwasserbedarf oder sonstiger Niedertemperatur-Prozesswärmebedarf besteht, der

durch eine solarthermische Anlage wirtschaftlich gedeckt werden könnte. Daher werden für Nichtwohngebäude die geeigneten Solardachflächen für Photovoltaik ausgewiesen.

Die Trendentwicklung der solarthermischen Nutzung in Leipzig wurde mittels des Solaratlasses ermittelt. Da die Kollektorflächen der zurückliegenden Jahre nur für das gesamte Bundesland Sachsen vorlagen und die Kollektorflächen von Leipzig nur für das Jahr 2008, wurde mittels des Verhältnisses der Kollektorfläche von Leipzig und Sachsen im Jahr 2008 die Kollektorflächen für Leipzig für die zurückliegenden Jahre abgeschätzt. Mittels eines mittleren Ertrages von 400 kWh/m²/a wurde die Wärmemenge berechnet.

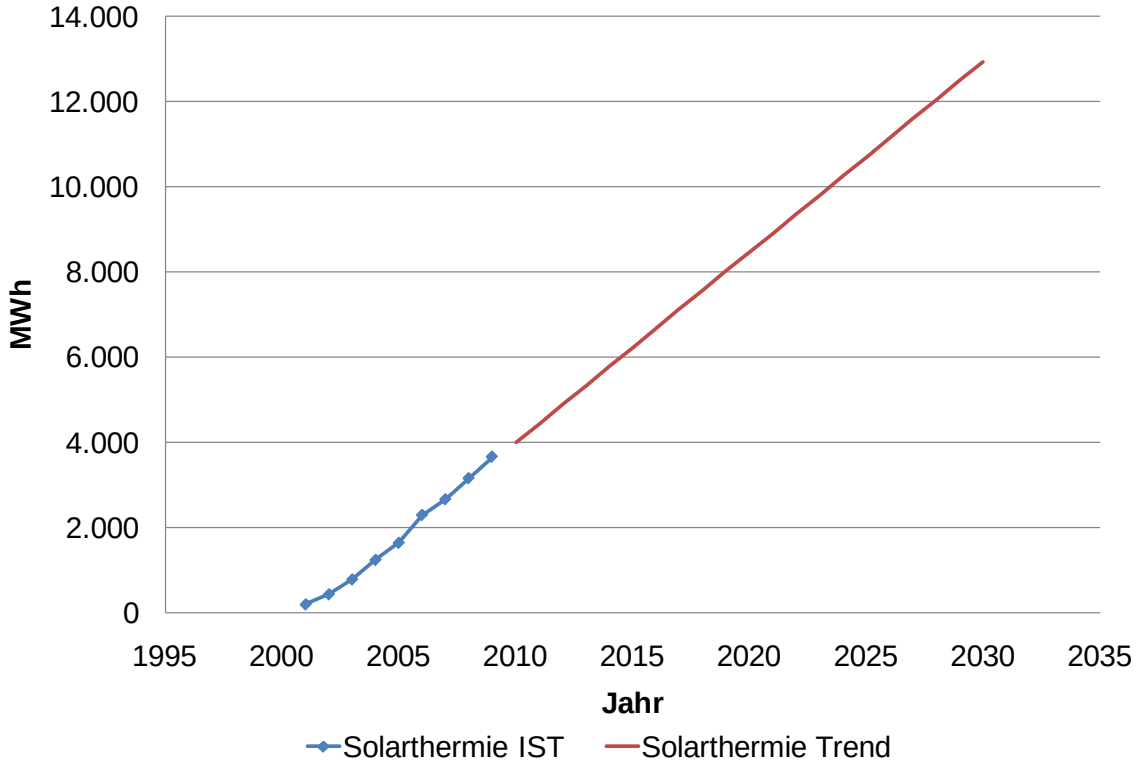


Bild 3-9: Trendentwicklung Solarthermie Leipzig und Fortschreibung bis 2030

Bei einer Trendfortschreibung bis zum Jahr 2030 ergibt sich eine jährlich zu erwartende Wärmemenge von etwa 8,5 GWh im Jahr 2020 und ca. 13 GWh im Jahr 2030.

Das CO_2-Senkungspotenzial hängt bei der thermischen Nutzung von der Art der verdrängten Wärmebereitstellung ab. Somit wird bei Substitution von Kohle, Heizöl und Erdgas mehr CO_2 eingespart, als bei Integration der Solarthermie in mit Fernwärme oder Biomasse versorgte Gebäude. Diese Differenzierung wird bei der Maßnahmenfestlegung in Projektphase 4 detailliert berücksichtigt.

3.2.2 Biomasse

Bei der Nutzung von Biomasse sind zwei Gruppen zu unterscheiden:

– Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle und

– Energiepflanzen.

Als Neben- oder Abfallprodukt kann Biomasse in der Forstwirtschaft, der Massentierhaltung, der Industrie und durch Abfallproduzenten anfallen. Laut [BBSR 09] beträgt der organische Anteil an den Siedlungsabfällen ca. 11 %. Dieser Anteil kann durch Vergärungsprozesse in Biogas umgewandelt werden, welches in Biogasmotoren in Strom und Wärme umgewandelt werden kann. Alternativ sind eine Aufbereitung des Rohbiogases und die anschließende Einspeisung in das Erdgasnetz möglich.

Energiepflanzen werden zum Zweck der Energieerzeugung angebaut, und können im urbanen Raum auch stadtgestalterische Zwecke erfüllen. Die Produktion von Biomasse kann sowohl in einer Zwischennutzung als auch über eine dauerhafte Umnutzung geschehen. Der Anbau von Biomasse ist jedoch besonders flächenintensiv. Im urbanen Raum können dafür nur größere Freiflächen in Betracht gezogen werden. Dafür sind keine planungsrechtlichen Zulassungen erforderlich. Beispielhafte Energiepflanzen sind halmartige Biomasse, Feldfrüchte und Hölzer. Hölzer und Gräser können auf Energieplantagen im Kurzumtrieb angepflanzt werden. Mit Kurzumtriebsplantagen sind Flächen gemeint, die mit schnell wachsenden Pflanzen landwirtschaftlich bewirtschaftet werden. Energiepflanzen auf Ackerflächen stehen in Konkurrenz zum Anbau von Pflanzen zur Lebensmittelproduktion. Weiterhin besteht eine Konkurrenz zur stofflichen Nutzung der Biomasse (Baustoffe, etc.). Die Nutzung der Biomasse sollte in lokaler Nähe der Erzeugung bzw. des Anfalls erfolgen. Nach [ZALF 2007] sollten die Distanzen bei Gülle 5 bis 10 km und bei Energiepflanzen 15 bis 20 km nicht überschreiten.

3.2.2.1 Potenziale in Leipzig

<u>Waldholz</u>
In der Waldwirtschaft werden unterschiedliche Holzprodukte genutzt. Prinzipiell ist in eine stoffliche und eine energetische Nutzung dieser Biomasse zu unterscheiden. Weiterhin sind die Holzressourcen der Waldflächen aufgrund ihrer Eigentumsverhältnisse unterschiedlich zugänglich. Die Struktur in den zwei die Stadt Leipzig umgebenden (und beinhaltenden) Forstbezirken Leipzig und Taura ist in Tabelle 3-7 dargestellt.

Tabelle 3-7: Struktur der Waldflächen in den Forstbezirken Leipzig und Taura [SaFo 2008a, SaFo 2008b]

	Forstbezirk Leipzig	Forstbezirk Taura
Waldfläche in Hektar	31.461	38.903
Anteil Landeswald	40,4%	34,0%
Anteil Privatwald	53,3%	40,9%
Anteil Körperschaftswald	5,6%	9,3%
Anteil Bundeswald	0,7%	15,7%
Waldflächenanteil an Gesamtfläche	11,9 %	22,0 %

Die Forstbezirke Leipzig und Taura entsprechen in Näherung dem Regierungsbezirk Leipzig. Die Stadt Leipzig stellt einen Flächenanteil von 7 % und einen Bevölkerungsanteil von ca. 48 % des Regierungsbezirkes. Die 1.796 ha Waldfläche im Stadtgebiet Leipzig [LStat 2008]

entsprechen 2,6 % der gesamten Waldfläche in den beiden Forstbezirken. Insgesamt ist die Region nicht als waldreich zu bezeichnen (Vgl. Waldanteil in Deutschland 29,8 % [StatÄ 2010]). Ausgehend von Grundfläche und Einwohnern könnte dem Stadtgebiet ein theoretischer Anspruch am gesamten vorhandenen Waldholzpotenzial in Höhe von 7 bis 48 % zugestanden werden.

Die Waldfläche der Stadt Leipzig wird durch ein städtisches Forstamt betreut. Der Staatsbetrieb Sachsenforst ist für die Bewirtschaftung des Staatswaldes (Landeswald) sowie für die Beratung und Betreuung des Nichtstaatswaldes in den Forstbezirken Leipzig und Taura zuständig. Für die Bewirtschaftung des Staatswaldes und des Privatwaldes liegen Informationen der Forstverwaltung vor [Pad 2010].

In den vergangenen Jahren nahm der Waldbestand in Sachsen zu. Die Zuwachsrate liegt deutlich höher als die Nutzungsrate. Somit handelt es sich um eine nachhaltige Nutzung der Holzressourcen. Im Mittel wurden pro Hektar und Jahr 5 bis 7 m³ Holz eingeschlagen. Im Kommunalwald des Forstbezirks Leipzig liegt der jährliche Holzeinschlag im Durchschnitt bei ca. 5 m³/ha. Etwa 10 % davon fallen als Brennholz, X-Holz und Restholz an. X-Holz ist Holz, in das Aufarbeitungsaufwand investiert wird (z. B. Abschneiden fauler Endstücke), welches dann aber ungerückt im Bestand bleibt. Restholz ist Holz, das z. B. zu Pflegezwecken umgeschnitten wird, aber nicht als verkaufsfertiges Sortiment ausgeformt wird und daher auch im Wald verbleibt. X- und Rest-Holz sind die Quellen, aus denen z. B. Selbstwerber ihr selbst aufbereitetes Brennholz aufarbeiten können. Es kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass Brennholz, X- und Rest-Holz in dieser absoluten Menge als industriell nutzbares Energieholz zur Verfügung steht. Ein Teil des Waldrestholzes sollte aus ökologischen Gründen (Nährstoffkreislauf, Lebensraum) im Wald verbleiben.

Im Privat- und Körperschaftswald wird ein geringeres Holzaufkommen (Einschlag) verglichen zum Landeswald geschätzt. Besonders im Privatwald unter 20 ha Eigentumsgröße liegt ein deutlicher Zuwachsüberschuss vor. Ursachen sind der Mangel an Fachwissen, finanziellen Mitteln und eine Reihe struktureller Nachteile hinsichtlich der Bewirtschaftung.

Zur gesamten Holzverwendung ist anzumerken, dass deutschlandweit 24 % des inländischen Rohholzes energetisch genutzt werden. Zusätzliche Nutzmengen resultieren aus der Verwertung von Altholz und Reststoffen der Holzindustrie (Sägewerke) [AEE 2010].

Unter Annahme eines jährlichen Gesamtholzeinschlages von 5 m³/ha im Landeswald und 1 bis 2 m³/ha im Nichtlandeswald ergibt sich in beiden Forstbezirken ein geschätztes Holzaufkommen von 175.000 bis 220.000 m³/Jahr. Wird eine energetische Nutzung von 25 % angesetzt, entspricht diese Menge einem Energieäquivalent von 84 bis 105 GWh/a.

Bei der Analyse des Holzeinsatzes im Stadtgebiet Leipzig (Bericht Phase II) ergab sich ein Holzenergieeinsatz (Scheitholz, Pellets, Hackschnitzel) von 4,5 GWh/a. Dieser Wert entspricht etwa 5 % des oben genannten Potenzials in beiden Forstbezirken. Theoretisch ließe sich die Energieholznutzung im Stadtgebiet erhöhen, wenn der einwohnerspezifische An-

spruch auf das Potenzial geltend gemacht wird. Dabei muss berücksichtigt werden, dass ein Großteil der Leipziger Haushalte zentral über Fernwärme aus umweltfreundlicher Kraft-Wärme-Kopplung beheizt werden. Aus Sicht der Luftreinhaltung (Staub, Geruchsbelästigung) sollte der Holzeinsatz in Kleinfeuerungsanlagen eher in den Randgebieten und nicht im Stadtzentrum favorisiert werden. Anlagen mit größerer Feuerungsleistung im MW-Bereich könnten auch in Nahwärmenetzen oder als Erzeugungskomponente im Fernwärmenetz eingesetzt werden.

Das Holzeinschlagpotenzial des Leipziger Stadtwaldes, für welchen in Anlehnung an die Ökologische Waldentwicklungsplanung (ÖWP) von 1994 [Roth 2003] eine mögliche Nutzungsrate von 2,5 m³ pro Hektar und Jahr angenommen wird, ergibt sich ein **Holzpotenzial von 8 GWh/a.** Diese Größenordnung entspricht in etwa dem Holzpotenzial, welches bei gleichmäßiger einwohnerspezifischer Verteilung in den Forstbezirken Leipzig und Taura den 20 % der Leipziger Einwohner im Stadtrandgebiet zusteht, für deren Versorgung sich eine dezentrale Holzheizung prinzipiell eignet.

Daraus kann auf eine mittelfristige Verdopplung der Holzenergienutzung in der Stadt Leipzig gefolgert werden. Dies entspricht etwa einer thermischen Kesselleistung von 4,5 MW und einem energetischen.

Eine deutliche Erhöhung der Holzenergienutzung könnte erzielt werden, wenn auf den heute ungenutzten Zuwachsüberschuss im Waldbestand der umliegenden Forstbezirke zurückgegriffen würde. Nach [DBFZ 2010] beträgt im Freistaat Sachsen der Anteil des ungenutzten Zuwachses etwa zwei Drittel des gesamten technischen Brennstoffpotenzials forstlicher Biomasse.

Aufgrund des ungenutzten Zuwachsüberschusses im Waldbestand steigt auch die Wirkung des Waldes als CO_2-Speicher. Dieser Speichereffekt kann durch Ausdehnung der Waldflächen weiter erhöht werden. Eine Auswirkung auf den globalen CO_2-Haushalt ergibt sich jedoch nur, wenn der erhöhte Waldbestand dauerhaft erhalten bleibt oder durch künstliche Carbonisierung (Umwandlung in Biokohle) chemisch stabilisiert und dem natürlichen Stoffkreislauf „entzogen“ wird, z. B. durch Ablagerung im Boden. Das CO_2-Senkungspotenzial dieser Maßnahme wurde hier nicht quantifiziert, da die Emissionen aus der Landnutzung ebenfalls nicht im Bilanzrahmen berücksichtigt werden. Bilanziell wirkt sich die künstliche Carbonisierung erst dann positiv aus, wenn für die Biomasse keine direkte energetische Nutzung in Frage kommt, dass heißt, wenn im Nutzungsumkreis der Biomasse bereits eine Versorgung mit 100 % erneuerbaren Energien erreicht wurde und keine fossilen Energieträger verdrängt werden können.

Ein wesentlicher Aspekt bei der Biomassenutzung ist die Konkurrenz zwischen energetischer und stofflicher Nutzung, welche sich im Preis widerspiegelt. Die Entwicklungen der Energieträgerpreise im Verhältnis zu konventionellen Energieträgern im Zeitraum Januar 2003 bis Januar 2010 sind in Tabelle 3-8 dargestellt. Der Holzeinschlag ist zwischen 2003 und 2008 im Kommunal- und Privatwald schwankend, jedoch im Trend nicht ansteigend. Die Ver-

kaufserlöse für Holz aus dem Forst (ohne Selbstwerbung) stiegen im Durchschnitt um 5 % pro Jahr. Die Erlöse für Selbstwerberholz sogar deutlich mehr. Diese Tatsache bestätigt den Zusammenhang zwischen Nachfrageanstieg und Preisentwicklung besonders im Bereich der Holznutzer, die ihr Holz selbst im Wald aufbereiten und abholen.

Tabelle 3-8: Mittlere Preissteigerungsraten für Holzbrennstoffe und konventionelle Brennstoffe, Quelle: nach [CARM 2011]

	Mittlere Preissteigerung pro Jahr (1/2003- 1/2010)
Holzpellets	3,1%
Scheitholz	3,3%
Holzhackschnitzel	7,8%
Erdgas	4,6%
Heizöl	6,2%

Größere Energieholzabnehmer (große Heizkraftwerke) sind für eine sichere Investitionsplanung auf langfristige Lieferverträge und dabei auf größere Akteure im Forstbereich angewiesen. Gerade in Leipzig konnte eine große Anzahl von beabsichtigten Holz-Heizkraftwerken nicht realisiert werden, da die Brennstoffbeschaffung nicht wirtschaftlich gesichert werden konnte. Im Vergleich zu den oben geschätzten dezentralen Holznutzungen beträgt der Holzbedarf eines Holz-HKWs, wie es in Piesteritz steht (ca. 75 MW Feuerungswärmeleistung), ein Vielfaches. Um diesen Bedarf zu decken, müsste nahezu der gesamte Holzeinschlag der Forstbezirke Leipzig und Taura herangezogen werden. Demzufolge sind in Leipzig kleinere Anlagen im einstelligen MW-Bereich eher realisierbar.

Die Trendentwicklung der Holzkessel in Leipzig wurde analog zu der Vorgehensweise bei der Solarthermie mittels des Biomasseatlanten mit Daten von ganz Sachsen herunter gerechnet. Man erkennt, dass das maximale oben ermittelte Potenzial im Jahr 2015 erreicht wäre. Damit wird die Trendentwicklung eher flacher verlaufen und sich dem Potenzialgrenzwert annähern.

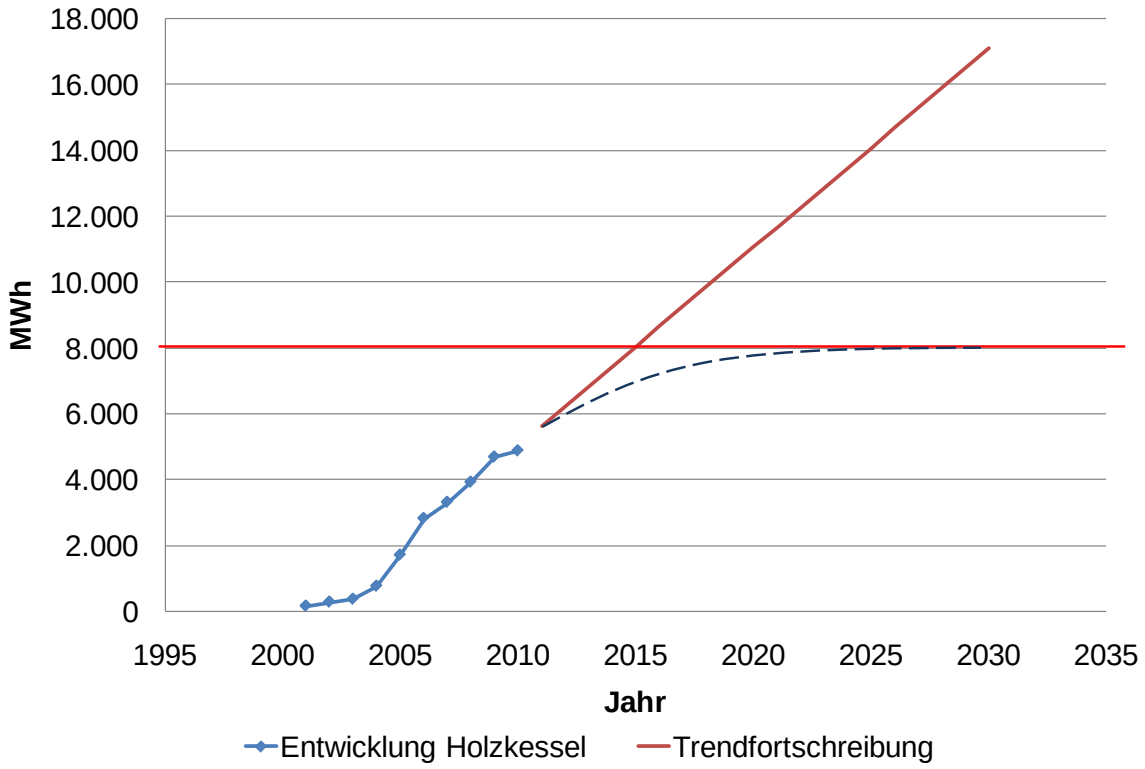


Bild 3-10: Trendentwicklung Holzkessel

<u>Getreidestroh</u>

Getreidestroh welches als Nebenprodukt beim Getreideanbau anfällt, weist ein hohes Potenzial zur energetischen Nutzung auf. Es kann entweder zur Wärmegewinnung in Heizwerken verbrannt oder für Biogasgewinnung genutzt werden. Die Biogasgewinnung aus Getreidestroh nimmt zurzeit noch eine untergeordnete Rolle ein, da es sich im Vergleich zum reinen Getreide schlechter in Biogas umwandeln lässt. In der Nähe von Zwickau steht z.B. seit 2003 eine Strohballenvergasungsanlage, die erfolgreich Biogas zur Verwendung in einem BHKW Strom und Wärme produziert [SMUL 2008].

Im Folgenden wird das technische Potenzial von Getreidestroh in Leipzig ausgewiesen. Grundlage sind dabei Daten zur Anbaufläche und Kornertrag aus dem Statistischen Jahrbuch, sowie weiteren Faktoren aus [SLL 2006] und [DBFZ 2010]. Dabei wurde der Strohbedarf der Landwirtschaft miteinkalkuliert (Ersatz des durch Getreideanbau in Anspruch genommene Nährstoff- und Humusvorrat), sowie Futter- und Einstreuzwecke für die Viehhaltung. Nach [DBFZ 2010] kann hier mit einem Erschließungsfaktor von 20 % gerechnet werden.

Tabelle 3-9: Technisches Potenzial aus Getreidestroh

	Anbaufläche	Spezifischer Kornertrag	Ertrag Korn	K/S-Verh.	Stroher-trag	technisches Strohpotenzial
	[ha]	[dt/ha]	[t/a]	[--]	[t/a]	[t/a]
Weizen	2.581,0	79,5	20.519,0	0,8	16.415,2	3.283,0
Roggen	706,0	79,7	5.626,8	0,9	5.064,1	1.012,8
Triticale	81,0	81,6	661,0	0,9	594,9	119,0
Wintergerste	1.385,0	82,9	11.481,7	0,8	9.185,3	1.837,1
Hafer	21,0	53,8	113,0	1,1	124,3	24,9
Getreide gesamt	**4.774,0**		**38.401,4**		**31.383,8**	**6.276,8**

Nach den oben genannten Annahmen ergibt sich ein technisches Strohpotenzial von **6.277 t/a**, was bei einer direkten Verbrennung mit einem Heizwert von 15 MJ/kg einen Primärenergieertrag von **26.153 MWh/a** ergibt.

Rapsstroh

Neben der Verwendung des Rapssaates (Biodiesel, Pflanzenöl) kann auch das Rapsstroh energetisch verwertet werden. Die folgende Tabelle weist das technische Potenzial an Rapsstroh in Leipzig aus.

Tabelle 3-10: Technisches Potenzial aus Rapsstroh

	Anbaufläche	Kornertrag	Ertrag Korn	K/S-Verh.	Strohertrag
	[ha]	[dt/ha]	[t/a]	[--]	[t/a]
Rapsstroh	1.941,0	45,2	8.773,3	1,7	14.914,6

In [SSL 2006] wird eine technische Nutzungsrate von 20 % unterstellt. Dies ergebe ein technisches Potenzial von **2.982,9 t/a** und, was bei einer direkten Verbrennung mit einem Heizwert von 15 MJ/kg einen Primärenergieertrag von **12.428,9 MWh/a** ergibt.

Zur erntetechnischen Erschließung und energetischen Nutzung liegen nach [SSL 2006] jedoch kaum Anwendungserfahrungen vor.

Dauergrünland

Das Dauergrünland, bestehend aus Dauerwiesen und Mähweiden wird traditionell als Futternutzung durch Beweidung und Heugewinnung genutzt. Nach [SSL 2006] ist dies jedoch stark rückläufig, so dass eine alternative Nutzung als Kofermentat für Biogasanlagen oder als Festbrennstoff (Heu) denkbar ist. Es wird davon ausgegangen, dass ca. 20 % des gesamten Aufkommens nicht mehr für die Futtermittelbereitstellung genutzt wird. Mittels Daten aus dem statistischen Jahrbuch ergibt sich daraus folgend folgendes technisches Potenzial.

Tabelle 3-11: Technisches Potenzial aus Dauergrünland

	Anbaufläche	Ertrag	Ertrag	technisches Potenzial
	[ha]	[dt/ha]	[t/a]	[t/a]
Dauerwiesen	778,0	77,9	6.060,6	1.212,1
Mähweiden	397,0	76,8	3.049,0	609,8
Gesamt	1.175,0		9.109,6	1.821,9

Bei einer Nutzung des Potenzials als Festbrennstoff wäre mit einem Heizwert von 15 MJ/kg ein Primärenergieertrag von **7.591,3 MWh/a** erreichbar.

Alternativ könnte das Potenzial auch für die Biogasgewinnung genutzt werden, womit eine Nutzung in Kraft-Wärme-Kopplung gesichert wäre. In diesem Fall werden die nicht vergärbare Rohasche (10 %) und die Silierverluste (19 %) abgezogen. Nach [SSL 2006] ergibt sich eine Ausbeute von ca. 550 m³ Biogas pro Tonne. Das technische Potenzial läge demnach bei **627.372,8 m³ Biogas**, was bei einem Heizwert von 6,2 kWh/m³ (Methangehalt 62 %) einem Primärenergieertrag von **3.889,7 MWh/a** entspricht.

<u>Biogas aus Tierexkrementen</u>
Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die Biogaspotenziale aus Tierexkrementen. Die Anzahl der Nutztiere in Leipzig ist dabei dem statistischen Jahrbuch 2010 entnommen, wobei die Daten für den Hühnerbestand aus 2007 stammen. Mit Hilfe von Erschließungsfaktoren und spezifischen Biogaserträgen aus [DBFZ 2010] wurde das potenzielle Biogasaufkommen bestimmt.

Tabelle 3-12: Technisches Potenzial aus Tierexkrementen

	Stück	tech. Biogaspotenzial [m³/a]	Primärenergieertrag [MWh/a]
Rinder	2.854	783.423	4.857
Schweine	115	5.879	36
Hühner (2007)	1.450	3.236	20
Gesamt	4.419	792.538	4.914

Das technische Potenzial läge demnach bei **792.538 m³ Biogas**, was bei einem Heizwert von 6,2 kWh/m³ (Methangehalt 62 %) einem Primärenergieertrag von **4.914 MWh/a** entspricht.

<u>Energiepflanzen</u>
Ein weiteres Potenzial besteht beim zusätzlichen Anbau von Energiepflanzen. Wie weiter oben bereits erwähnt, stehen diese immer in Konkurrenz zum Anbau von Pflanzen zur Lebensmittelproduktion. In [SSL 2006] wird davon ausgegangen, dass mittel- bis langfristig 2 bis 10 % des derzeitigen Ackerlandes für den Energiepflanzenanbau hinzukommt. In Leipzig entspräche dies einer Fläche von 167 ha bis 834 ha bei einer Ackerlandfläche von 8.335 ha in 2009. Berücksichtigt man einen durchschnittlichen Ertrag von 8 t TM/ha für ertragsschwä-

chere Böden für Energiepflanzen [SSL 2006] und einen Biogasertrag von durchschnittlich 615 m³/t oTM (Beispiel: Roggen-GPS aus [FNR 2009]) ergibt sich ein jährliches Biogaspotenzial von 779.156 bis 3.895.779 m³. Bei einem Heizwert von 6,2 kWh/m³ (Methangehalt 62 %) entspricht dies einem Primärenergieertrag von **4.831 bis 24.154 MWh/a**.

Tabelle 3-13: Technisches Potenzial aus Energiepflanzen

	Ackerfläche	Ertrag	Ertrag	Biogasertrag	Biogasertrag
	[ha]	[tTM]	[t oTM]	[m³/t oTM]	[m³]
Fläche für Energiepflanzen 2 % des Ackerlandes	167	1.334	1.267	615	779.156
Fläche für Energiepflanzen 10 % des Ackerlandes	834	6.668	6.335	615	3.895.779

Ein zusätzliches Potenzial kann sich aus der Nutzung von Freiflächen im Stadtgebiet ergeben.

<u>Bio- und Grünabfall</u>

Unter Bio- und Grünabfälle fallen Reststoffe, welche tierischen oder pflanzlichen Ursprungs sind. Dazu zählen Abfälle aus der Biotonne, sowie Grünschnitt aus der Garten-, Landschafts- und Parkpflege. Nach [DBFZ 2010] kann mit 1 % Sammelverlust und 4 % Störstoffanteil gerechnet werden. Es wird angenommen, dass Abfälle aus der Biotonne zu 100 % zu Biogas verwertet werden. Grünabfälle werden zu 40 % der Biogasproduktion und 60 % der thermischen Verwertung (Verbrennung) zugeordnet. Daten zum Trockenmasseanteil und organischen Trockenmasseanteil sind aus [FNR 2009] übernommen. Aus der Abfallbilanz 2008 [ZAW 2008] wurde das Aufkommen der Bioabfälle und Grünabfälle aus Haushalten und Gewerbe sowie Park- und Gartenabfälle ausgewertet. Die nachfolgende Tabelle weist das technische Potenzial des Biogases aus.

Tabelle 3-14: technisches Potenzial aus Bio- und Grünabfällen (Biogas)

	Aufkommen [t/a]	TM Anteil	oTM Anteil	Biogasertrag [m³/t oTM]	techn. Potenzial [m³]
Bioabfall aus Haushalten und Gewerbe	22.020	58%	60%	375	2.731.079
Grünabfälle aus Haushalten	12.869	12%	88%	615	317.724
Park- und Gartenabfälle	4.035	12%	88%	615	99.621

Bei einem Heizwert von 6,2 kWh/m³ ergibt dies ein Primärenergieertrag von **19.520 MWh.**

Das Potenzial der Grünabfälle für die thermische Verwertung wird in der nachfolgenden Tabelle ausgewiesen.

Tabelle 3-15: technisches Potenzial aus Bio- und Grünabfällen (Thermische Verwertung)

	Aufkommen [t/a]	Trockenmasseanteil	techn. Potenzial [t TM]
Grünabfälle aus Haushalten	12.869	12%	927
Park- und Gartenabfälle	4.035	12%	291

Bei einem Heizwert von 16,2 MJ/kg_{TM} ergibt dies ein Primärenergieertrag von **5.477 MWh.**

<u>Zusammenfassung der Biomassepotenziale</u>
Die Biomassepotenziale in Tabelle 3-16 beziehen sich auf die Stadtfläche von Leipzig und die aus deren Nutzungsarten anfallenden Biomassemengen. Beim Waldholz wurde ein anteiliger Anspruch auf die Ressourcen der Forstbezirke Leipzig und Taura angesetzt. Dabei wurde das Verhältnis der Leipziger Einwohner, deren Gebäude prinzipiell zur Nutzung von Holz als Heizquelle geeignet sind, der Bevölkerung in den beiden Forstbezirken als Grundlage verwendet.

Die größten Potenziale liegen beim Getreidestroh (24,2 %), bei Bio- und Grünabfällen (23,1 %) und bei Energiepflanzen (22,3 %), sofern für letztere 10 % der Ackerflächen zur Verfügung stehen.

Tabelle 3-16: Übersicht über die Energiepotenziale aus Biomasse

	Primärenergieertrag [GWh/a]	Anteil
Getreidestroh	26,2	24,2%
Rapsstroh	12,4	11,5%
Dauergrünland (Biogasgewinnung)	7,6	7,0%
Biogasaufkommen aus Tierexkrementen	4,9	4,5%
Energiepflanzen (10% Ackerfläche)	24,2	22,3%
Waldholz	8,0	7,4%
Bio- und Grünabfall	25,0	23,1%
Summe	108,3	100,0%

Von den insgesamt 108,3 GWh Biomassepotenzial fallen 51,9 % (56,2 GWh) auf die Biogasherstellung und 48,1 % (52,1 GWh) auf die thermische Verwertung (Verbrennung). In Leipzig wird zurzeit eine Biogasanlage betrieben. Die erzeugte Biogasmenge wurde mittels der eingespeisten Strommenge und eines elektrischen Wirkungsgrades von 38 % abgeschätzt. Zieht man dieses bereits genutzte Potenzial von dem gesamten Biogaspotenzial ab, so verbleiben **50,0 GWh Biogaspotenzial**.

Um dieses Biogaspotenzial ausschöpfen zu können, ist eine Verwertung in Biogas-BHKWs zur Nahwärmeversorgung oder in dezentralen Erdgas-BHKWs in Privathaushalten denkbar. Im letzteren Fall ist eine Konditionierung auf Erdgasniveau und Einspeisung in das Erdgas-

netz erforderlich. Aus heutiger förderpolitischer Sicht lohnt sich der Einsatz von Biogas und aufbereitetem Bioerdgas nur in dezentralen Anlagen. Eine Mitnutzung in zentralen Heizkraftwerken (z.B. GuD-HKW Nord) ist auf Basis des gültigen EEG nicht wirtschaftlich möglich.
Da es erklärtes Ziel der Stadt ist, die Waldfläche von derzeit 6 % auf 10 % zu erhöhen [LSPA 2011], können sich die ausgewiesenen Potenziale verschieben und reduzieren. Für die Abschätzung der Machbarkeit einzelner Energieumwandlungsanlagen auf Basis von Biomasse aus dem Stadtgebiet sind daher weitere Analysen erforderlich. Weiterhin muss sichergestellt werden, dass sich aus der Biomassenutzung keine negativen Auswirkungen, wie eine Verschiebung des Artenspektrums ergeben. Eine kontinuierliche Prüfung von Aspekten der Nachhaltigkeit sollte im zukünftigen Fachkonzept des SEKo verankert werden.

3.2.3 Geothermie, Umweltwärme und Abwärme

3.2.3.1 Oberflächennahe Geothermie und Umweltwärme

Oberflächennahe Geothermie wird zur Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen genutzt. Dabei wird überwiegend der Bereich der Raumwärme- und Trinkwarmwasserbereitung durch Wärmepumpenanlagen bedient. Industrielle oder gewerbliche Prozesswärme nimmt nur eine untergeordnete Rolle ein und weist kein Potenzial für die Nutzung von Wärmepumpensystemen auf.

Die Wärme kann dem Erdboden dabei entweder durch Erdwärmekollektoren oder Erdsonden entzogen werden. Erdwärmekollektoren werden horizontal in einer Tiefe von 1,0 bis 1,5 m Tiefe unter der Erdoberfläche verlegt. Die einzelnen Rohre sollten dabei einen Abstand von etwa 0,5 bis 1,0 m betragen. Nach [EE 2006] sollte die genutzte Erdfläche bei Gebäuden nach heutigen Wärmedämmvorschriften etwa das 1,5 bis 2,0-fache der zu beheizenden Fläche betragen. Erdwärmesonden werden vertikal verlegt und weisen dadurch einen sehr viel geringeren Platzbedarf auf als Erdwärmekollektoren. Sie werden in bis zu 250 m Tiefe eingesetzt. Bei Neubauten können Erdwärmekollektoren oder Erdsonden direkt beim Aushub eingebracht werden. Des Weiteren sollte die Ausführung der Gebäude auf eine Wärmepumpennutzung angepasst werden (z. B. Fußbodenheizung, hoher Dämmstandard).

Wärmepumpensysteme mit elektrisch betriebenen Kompressionswärmepumpen sind nur dann wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll, wenn sie eine Jahresarbeitszahl von mindestens 3,3 erreichen (Quelle: Verbraucherzentrale Sachsen). Dies ist meist nur durch Nutzung einer Niedertemperaturheizung und gute Dämmung realisierbar. Der Heizwärmebedarf sollte nach Angaben der Verbraucherzentrale Sachsen unter 80 kWh/(m²*a) liegen.

Daher umfassen die Potenziale der Wärmebereitstellung durch oberflächennahe Geothermie hauptsächlich komplett sanierte Gebäude bzw. Neubauten ab 2002 (Niedrigenergiehaus nach EnEV 2002: 70 kWh/(m²*a)). Des Weiteren werden nur Gebäude berücksichtigt, welche sich nicht im Fernwärmepotenzialgebiet befinden.

Die Nutzung von Wärmepumpen ist vor allem seit 2005 stetig angestiegen. Hemmnisse bei der Genehmigung bzw. beim Bau von Anlagen bestehen bisher nicht. Bei der Betrachtung

noch vorhandener Potenziale wird bei konservativer Einschätzung die derzeitige Nutzung zu Grunde gelegt und weitere Zuwachspotenziale analysiert. Die Entwicklung des Einsatzes von Wärmepumpen zur Geothermienutzung wurde aus den Bohrungsanzeigen der Unteren Wasserbehörde Leipzig abgeleitet.

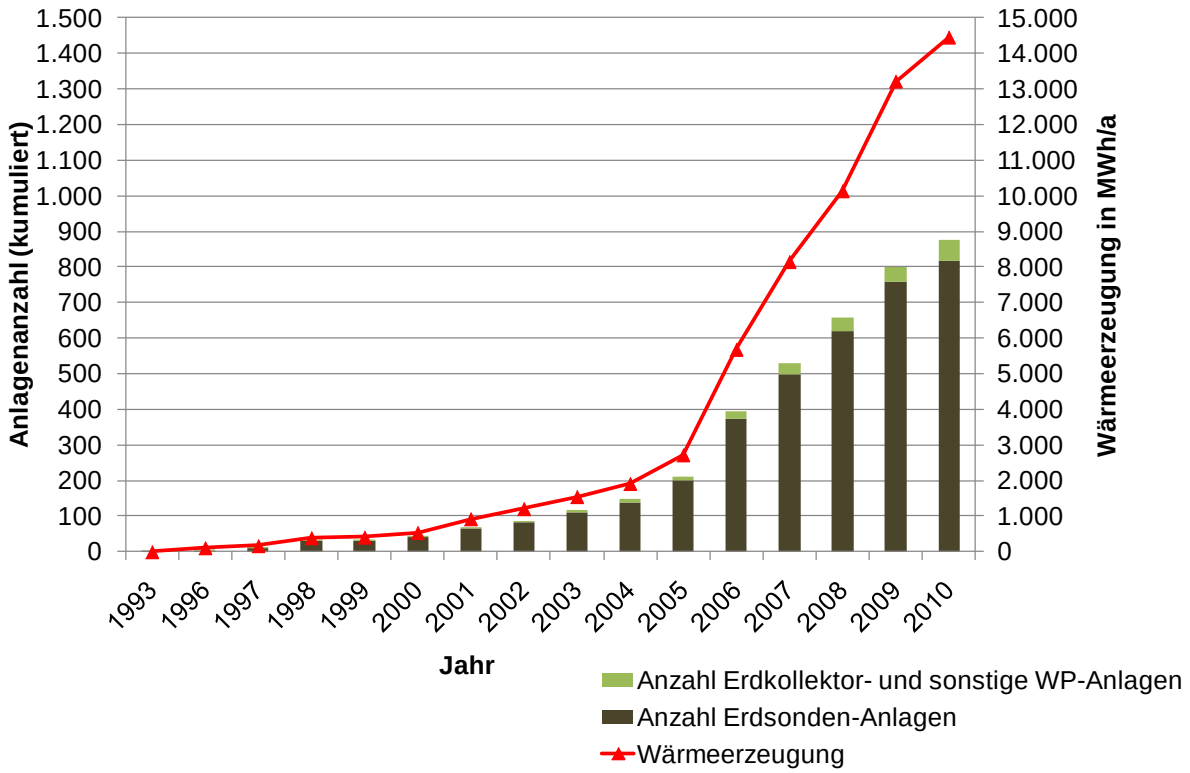


Bild 3-11: Kumulierter Ausbau von Wärmepumpenanlagen in Leizpig 1993 bis 2010, getrennt nach Erdsondenanlagen und sonstigen Anlagen (Erdkollektoren, Brunnen), Datenquelle: Untere Wasserbehörde Leipzig

Bei Errichtung und Betrieb von Erdwärmeanlagen sind die rechtlichen Vorschriften z. B. Mindestabstände einzuhalten. Wasserschutzgebiete sind im Stadtgebiet nicht vorhanden. Jedoch muss in besonders geschützten Gebieten und Gebieten mit Nutzungsbeschränkungen bzw. –verboten (z. B. Altlastengebiet) eine konkrete schutzgebietsbezogene Prüfung erfolgen.

Für eine langfristige Nutzung des Erdreiches als Wärmequelle ist ein ausreichender Abstand zwischen benachbarten Anlagen einzuhalten. Nach Baurecht sollen lediglich 5 bis 10 m zwischen einzelnen Erdsonden und 8 m zur Grundstücksgrenze eingehalten werden. Bei Wärmeentzug ohne sommerliche Regeneration der Sonden mit Solar- oder Abwärme (z.B. Klimatisierung) geht KEMA von einem mittleren Abstand von 50 m zwischen den Wärmepumpenanlagen mit Erdsonden aus. Damit hängt das Potenzial zur oberflächennahen Erdwärmenutzung von der Besiedlungsdichte und dem Wärmebedarf der Gebäude ab. Ausgehend von einem Beispielhaus mit 20.000 kWh Jahresheizwärmebedarf könnten in den Siedlungen mit Einfamilienhausbebauung in Leipzig 10.000 Häuser geothermisch beheizt werden. Dies entspräche einer Wärmebedarfsdeckung von 200 GWh/a.

Umgebungsluft ist eine weitere Wärmequelle, die in Verbindung mit Wärmepumpen zur Gebäudeenergieversorgung genutzt werden kann. Die Energieeffizienz und damit die Klimaschutzwirkung dieser Wärmepumpen ist im Durchschnitt niedriger als bei denen, die das Erdreich oder Grundwasser auskühlen. Des Weiteren ist bei der Kopplung von Heizen (Winter) und Kühlen (Sommer) nur sehr begrenzt eine Ausnutzung der saisonalen Wärmespeicherwirkung des Erdreichs, z. B. in Luftansaugkanälen, möglich.

Bei Fortschreibung der derzeitigen Zubaurate von Wärmepumpenanlagen (linearer Trend der Jahre 2005 bis 2009) würden **bis 2020 etwa 2.400 Anlagen** installiert sein und jährlich **40,1 GWh Heizwärme** damit bereitgestellt werden. Das bedeutet eine Erschließung des oben geschätzten Potenzials im Kleingebäudesektor von 20 %.

Mittel- und langfristig ist von einer verstärkten Anwendung von Wärmepumpen zur gekoppelten Beheizung und Klimatisierung von Gebäuden auszugehen. Dabei wird eine höhere Jahresauslastung der Wärmepumpe erreicht. Synergien ergeben sich durch die Reduzierung oder Einsparung erforderlicher Kälteerzeugungsanlagen zur Klimatisierung. Durch die sich stetig verschärfenden Dämmvorschriften im Gebäudesektor – ab 2020 auch zunehmend im Bestand zu erwarten – und die steigenden Komfortansprüche hin zur Gebäudeklimatisierung im GHD-Sektor sowie im privaten Bereich wird diese Variante in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Bei Nutzung der Erdwärme als Wärmequelle im Winter kann die Jahresarbeitszahl verbessert werden, wenn die sommerliche Abwärme der Gebäudeklimatisierung auch über die Erdsonden abgeführt wird. Dadurch sinkt auch die gegenseitige thermische Beeinflussung von benachbarten Erdsonden.

3.2.3.2 Tiefe Geothermie

In Deutschland wird die wirtschaftliche Nutzung der tiefen Geothermie zurzeit vorwiegend an günstigen geologischen Standorten (Norddeutsches Becken, Oberrheingraben, Molassebecken) praktiziert. Diese Standorte zeichnen sich durch einen überdurchschnittlichen geothermischen Tiefengradienten (Temperaturanstieg bei zunehmender Tiefe unter der Erdoberfläche) oder durch Anomalien wie tiefe Aquifere aus. Letztere sind poröse Schichten, deren Hohlräume mit Sole (Wasser mit gelösten Mineralien) ausgefüllt sind. Heiße Sole wird gefördert, abgekühlt (Wärme genutzt) und die kalte Sole wieder injiziert. Diese Technologie wird als hydrothermale Nutzung bezeichnet. Im Nordosten Sachsens treten wasserführende Sedimentschichten bis in Tiefen bis max. 1600 m auf.

Auch feste Gesteinsschichten (Kristallin) können geothermisch genutzt werden. Bei der sogenannten petrothermalen Nutzung (Hot-Dry-Rock) werden zwei Bohrungen in das Tiefengestein abgeteuft und anschließend durch hohen hydraulischen Druck das Gestein aufgebrochen. Durch die entstehenden Risse im Gestein kann anschließend Sole gepresst werden, die sich am heißen Gestein erwärmt. Allerdings befinden sich solche Projekte noch im Forschungsstadium. Bei vorhandenen bergbaulichen Strukturen liegt meist ein höherer Kenntnisgrad zu tiefen Gesteinsschichten und dem geothermischen Tiefengradienten vor. In Sachsen gibt es bisher keine Bohrung, die tiefer als 3000 m reicht [Geo 2008]. Vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen wurde im August

2009 ein „Rahmenkonzept Tiefengeothermie Freistaat Sachsen“ herausgegeben [Wolf 2009]. Die petrothermale Geothermienutzung könnte in Sachsen im Bereich regionaler Störzonen im Tiefengestein entwickelt werden. Der Raum Leipzig zählt jedoch nicht zu den fünf aussichtsreichen Zonen, von denen eine als Vorzugsgebiet weiteren Untersuchungen unterzogen werden soll.

Daher ist mittelfristig nicht von einer technisch-wirtschaftlichen Nutzung der tiefen Geothermie in Leipzig auszugehen.

3.2.3.3 Abwärme

Die Nutzung von Abwärme gliedert sich in zwei Hauptgruppen:
- Thermische Nutzung (Heizzwecke, Trinkwassererwärmung, sorptive Kälteerzeugung),
- Nutzung zur Stromerzeugung (ORC-Prozess).

Generell sollte Abwärme vermieden werden. Dies kann durch prozessinterne Nutzung erfolgen. Als nächste Option ist die lokale Nutzung für andere Zwecke zu prüfen. Erst danach sollte die externe Nutzung in Frage kommen, da hierfür aufwendige Infrastrukturinvestitionen erforderlich sind.

<u>Nutzung zur Stromerzeugung</u>
Die Nutzung zur Stromerzeugung ist nur dann sinnvoll möglich, wenn ein hohes Temperaturniveau der Abwärme vorliegt. Der Anteil Elektroenergie, welcher aus der Abwärme gewonnen werden kann, ist physikalisch stark begrenzt. Daher sind folgende Mindesttemperaturen notwendig [SAENA-WA]:
- Kondensierende Medien: 120°C
- Flüssige Medien: 100°C
- Gasförmige Medien: 300°C

Bei Abwärmetemperaturen von 100 bis 200 °C sind elektrische Wirkungsgrade von 10 bis 20 % erreichbar [Priebe 2008]. ORC-Anlagen sind zwischen etwa 50 kW und 3 MW elektrischer Leistung verfügbar. Sie zeichnen sich durch eine hohe Zuverlässigkeit und geringe Betriebskosten aus. Aus wirtschaftlicher Sicht sollten sie ganzjährig eingesetzt und der Strom möglichst selbst verbraucht werden.

<u>Thermische Nutzung (direkt)</u>
Die direkte thermische Nutzung von Abwärme ist nur bei entsprechend hoher Abwärmetemperatur und Wärmeverbrauchern mit Niedertemperatur-Wärmebedarf möglich. Dieser Fall kann im industriellen und gewerblichen Bereich auftreten. Ausgeführte Beispiele werden im eea-Maßnahmenkatalog von Leipzig erwähnt. Abwärme von Produktionsprozessen sowie von Maschinen und Anlagen kann zur Raumheizung eingesetzt werden. Umgesetzt werden solche Lösungen meist nur dann, wenn der Wärmebedarf räumlich sehr nah an der Abwärmequelle liegt. Aufwendige Wärmetransportleitungen lohnen sich bei großen Abwärmepotenzialen, zeitlicher Übereinstimmung von Abwärmeangebot und Wärmebedarf sowie bei ausgedehnter Nutzung über das Jahr. Die Zwischenspeicherung der Abwärme,

auch saisonal in der Erde oder in Aquiferen, ist möglich. Aus Wirtschaftlichkeitsgründen kommt diese Variante jedoch seltener zum Einsatz. Abwärmequellen mit niedriger Temperatur können als Wärmequelle für Wärmepumpenprozesse genutzt werden (z.B. industrielle und kommunale Abwässer).

Im Sächsischen Abwärmeatlas [SAENA-WA] ist ein Unternehmen in Leipzig eingetragen, welches Abwärme im Temperaturbereich 50 bis 100 °C anbietet. Es handelt sich um eine Gießerei. In diesem Beispiel werden Wärmerückgewinnungsmaßnahmen an mehreren verteilten Stellen im Produktionsbetrieb analysiert. Dabei handelt es sich um jeweils kleinere Energiemengen, deren Rückgewinnung ganz spezifisch den vorhandenen Randbedingungen anzupassen ist.

Thermische Nutzung (mit Wärmepumpe)

Die Nutzung von Abwärme stellt bei niedrigen verfügbaren Wärmequelltemperaturen ähnliche Anforderungen wie die oberflächennahe Geothermie. Nur durch Anhebung der Temperatur mittels einer Wärmepumpe kann eine Nutzung erfolgen. Eine ausgedehnte Nutzung, z. B. als Grundlasterzeugung für den Gebäudewärmebedarf (Heizung und Trinkwasser) ist auch hier erforderlich.

Für die Stadt Leipzig wurde die Nutzung der Abwärme des kommunalen Abwassers in einer Diplomarbeit untersucht [Kind 2009]. Dabei erfolgte die Analyse von zwei konkreten städtischen Objekten im Rahmen einer Vorstudie. Die vielfältigen Randbedingungen wie Wärmebedarf und Temperaturniveau der Objekte, die Entfernung zum Abwasserkanal, dessen Abmessungen, Abfluss und Sanierungserfordernis sowie die Mindestanlagengröße wurden analysiert und für geeignet befunden. Die Realisierung war aus anderen als technisch-wirtschaftlichen Gründen nicht möglich. Trotzdem kann geschlussfolgert werden, dass das Abwasserwärmepotenzial nur in bestimmten Fällen und bei Akzeptanz von Amortisationszeiten von bis zu 15 Jahren erschlossen werden kann. Damit entfallen maßgeblich die Akteure, welche an kurze Amortisationszeiten und geringes Investitionsrisiko gebunden sind (Wirtschaft, GHD-Sektor). Nur im Gemeinsektor erscheinen Abwasserwärmenutzungsanlagen als Alternative, da im Privatsektor keine ausreichend hohen Anlagengrößen realisierbar sind.

Bei massiver Nutzung der Abwasserwärme sinkt die mittlere Abwassertemperatur vor der Kläranlage. Bisher gibt es keine Einschränkungen durch die Kommunalen Wasserwerke (KWL) in dieser Hinsicht. Gerade im Winter ist jedoch bereits heute die Einhaltung der Kennwerte für die Wasserreinigung vor Einleitung in die Fließgewässer ausgesetzt, da die biologische Reinigung bei den niedrigen Wassertemperaturen langsamer erfolgt. Eine ausgedehnte Abwasserwärmenutzung könnte diesen Sachverhalt verschärfen bzw. eine Vorwärmung des Wassers vor der Kläranlage erforderlich machen. Das Potenzial zur Wärmegewinnung aus dem Abwasser ist daher in komplexen Zusammenhängen zu betrachten. Eine Nutzung des gereinigten Wassers am Austritt der Kläranlage ist aus obiger Sicht unbedenklich. Jedoch gibt es am Klärwerksstandort Rosental keinen ausreichenden Grundlast-Wärmebedarf, da ohnehin bereits Abwärme aus dem Klärgas-BHKW anfällt.

In Leipzig läuft derzeit ein Forschungsvorhaben, an dem u.a. die Arcadis Deutschland GmbH und die Universität Leipzig beteiligt sind. Zu den Forschungsinhalten liegen keine konkreten Angaben vor, jedoch handelt es sich um Grundlagenforschung mit Demonstrationscharakter. Aus diesem Projekt, welches voraussichtlich bis 2012/2013 läuft, werden genauer Kenntnisse zur Abwasserwärmenutzung am Standort Leipzig erwartet.

3.2.4 Wind

Vorrang- und Eignungsgebiete der Windenergienutzung sind im Regionalplan der Planungsregion Westsachsen aus dem Jahr 2008 geregelt. Im derzeit gültigen Regionalplan gibt es nur ein Vorranggebiet zur Windenergienutzung. In diesem stehen bereits vier Anlagen. Damit ist deren Kapazität bereits ausgeschöpft. Außerdem befinden sich sechs weitere Anlagen ebenfalls im Südwesten der Stadt. Laut der 50-Hz Datenbank beträgt die elektrische Leistung dieser zehn Windkraftanlagen insgesamt knapp 12 MW.

Windkraftanlagen sind in der Regel genehmigungspflichtige Anlagen. In einer Studie vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) aus dem Jahr 2009 [BBSR 09] wurde festgestellt, dass die Nutzung der Windkraft im Stadtraum nur in Ausnahmefällen möglich ist. „Der große Platzbedarf bei freistehenden Anlagen, die niedrige Effizienz von Kleinwindkraftanlagen und die Emissionen (Lärm, Schattenwurf etc.) sprechen gegen die Nutzung der Windkraft im Stadtraum.“ Auch weist das Stadtgebiet keine ausgeprägten Höhenlagen mit einem entsprechend guten Windenergieangebot auf.
Nach Rücksprache mit der regionalen Planungsstelle ist davon auszugehen, dass derzeit keine weiteren umsetzbaren Potenziale vorhanden sind. Einerseits sind keine einzelnstehende Anlagen gewollt und kein größeres geeignetes Gebiet vorhanden und andererseits gibt es verschiedene Einschränkungen z. B. durch den Flughafen Halle-Leipzig.
In naher Zukunft soll das Kapitel der erneuerbaren Energien im Regionalplan fortgeschrieben werden. Im Zuge dessen könnten weitere Eignungsgebiete der Windenergienutzung ausgewiesen werden.

Unabhängig von der Lage in einem Vorrang- und Eignungsgebiet Windenergienutzung bedürfen die Errichtung und der Betrieb von Windenergieanlagen einer behördlichen Zulassung. Unter anderem sind Abstandsgrenzen einzuhalten und Schallgutachten zu erstellen. Derzeit steht ein aktuelles Projekt an. Das BMW Werk Leipzig möchte im Bereich des Industriepark Nord alternative Energien nutzen. Sie plant die Errichtung von vier Windkraftanlagen auf dem Werksgelände. Im rechtskräftigen Bebauungsplan ist die Energieerzeugung aus Windkraft bisher nicht enthalten. Eine Genehmigung auf dem Wege der Befreiung nach BauGB von den im B-Plan maximal zulässigen Höhen scheint wahrscheinlich zu sein. Eine endgültige Entscheidung steht allerdings noch aus.

Insgesamt gesehen kann davon ausgegangen werden, dass einzelne Projekte im Stadtgebiet in Zukunft realisiert werden können, wenn der politische Wille da ist. Ansonsten wird weiteres Ausbaupotenzial eher im in der Umgebung von Leipzig, d. h. im Landkreis Leipzig gesehen.

Bislang fristen Kleinwindkraftanlagen (Anlagen, mit einer installierten Leistung von bis zu 100 kW) in Deutschland ein Schattendasein. Die Errichtung von Kleinwindenergieanlagen gestaltet sich regional sehr unterschiedlich. Ebenso ist die Genehmigungspraxis sehr unterschiedlich. Formal sind es bauliche Anlagen im Sinne des Baugesetzbuches und Vorgaben gemäß dem rechtsverbindlichen Bebauungsplan müssen eingehalten werden. Bei den derzeit marktgängigen Anlagen liegt die Leistung in der Regel zwischen 5 und 10 kW. Die tatsächliche Leistung hängt jedoch stark vom Standort ab. Für Kleinwindenergieanlagen findet sich im aktuellen EEG keine extra Förderung, damit fehlen Anreize diese Anlagen in größerer Stückzahl herzustellen. Über eine Aufstockung der Einspeisevergütung wird bereits in den Verbänden diskutiert. Experten gehen davon aus, dass diese Technologie weiter auf dem Vormarsch ist und zukünftig vor allem im städtischen Bereich eine größere Rolle spielen wird.

Wind kommt für die Stadt Leipzig damit eher als Maßnahme im außerstädtischen Bereich, z. B. in Form von Beteiligungen an Windparkanlagen, in Frage. Die damit erzielten CO_2-Reduktionen werden der Stadt jedoch im Rahmen eines territorial bilanzierenden Energie- und Klimaschutzkonzeptes nicht gutgeschrieben!

3.2.5 Wasser

Die Flüsse Weiße Elster, Pleiße und Parthe fließen im Leipziger Stadtgebiet zusammen. Trotz geringer Höhenunterschiede bietet sich die energetische Nutzung der Wasserkraft an.
Nach aktueller Abfrage bei der 50-Hz-Datenbank gibt es bereits drei Wasserkraftanlagen (WKA) im Stadtgebiet, die energetisch genutzt werden. Die installierte Gesamtleistung beträgt ca. 250 kW. Wobei die 9 kW-Anlage der Dölitzer Mühle unbedeutend klein ist. In der Wehrdatenbank des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landwirtschaft ist derzeit das Wehr Lützschena an der Weißen Elster, das mittels eines Ausleitungskraftwerks betrieben wird, erfasst. Nach Aussagen der unteren Wasserbehörde wird außerdem die Mühle Stahmeln energetisch genutzt und die Wasserkraftanlage der Mühle Hänichen befindet sich im Bau.

Der Bau und Betrieb von Wasserkraftanlagen erfordert eine wasserrechtliche Genehmigung nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Weiterhin ist für die Errichtung baulicher Anlagen meist eine Baugenehmigung einzuholen. Wasserkraftanlagen stellen im Allgemeinen einen bedeutsamen Eingriff in das Fließgewässersystem dar. Aufgrund der weitreichenden ökologischen Folgen bei der Neuerrichtung von Anlagen, ist nicht zu erwarten, dass neue Genehmigungen erteilt werden. Nach einem Erlass vom Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) vom 29.04.2010 werden auch keine Neuerrichtungen von Klein-Wasserkraftanlagen (Leistung von weniger als 100 kW) zugelassen. Außerdem werden in besonders geschützten Gebieten, wie in Naturschutz- oder FFH-Gebieten, keine Genehmigungen erteilt.
Weiterhin muss erst die Rückbaufähigkeit einer Anlage geprüft werden. Könnte diese negative Folgen nach sich ziehen, wird die Anlage erhalten und über eine Nutzung entschieden. Zu beachten ist, dass bestehende Anlagen oft eine konkrete Funktion im Hochwasserschutz erfüllen. Daher ist auch ein Umbau nur in beschränktem Maße möglich.

Für den Ausbau der Wasserkraft liegen die wichtigsten Potenziale im Ersatz und in der Modernisierung vorhandener Anlagen. Unter Berücksichtigung der EEG-Förderung muss grundsätzlich geklärt werden, ob das Ausbaupotenzial am Standort in einer vertretbaren Amortisationszeit wirtschaftlich erschlossen werden kann. Hinsichtlich der Genehmigungsfähigkeit wird die Reaktivierung von kleinen Wasserkraftanlagen an bestehenden Wehrstandorten als unproblematisch angesehen, wenn gleichzeitig ökologische Verbesserungen erreicht werden.

In dem Bericht vom 31.07.1995, erstellt von der GEU mbH aus Leipzig, wurden das Potenzial der Wasserkraftnutzung und mögliche Standorte detailliert untersucht [GEU 1995]. Es wurden insgesamt fünf Standorte vorgeschlagen, vier davon zur kommerziellen Nutzung und ein weiterer zur Nutzung als Demonstrationsobjekt. Als wirtschaftlich erschließbares Potenzial wird eine Jahresarbeit von 6.100 MWh/a angegeben. Die elektrische Leistung liegt zwischen 1.010 kW bis 1.470 kW. Bisher wurde jedoch an keinem der vorgeschlagenen Standorte eine WKA realisiert.

Als theoretisches Potenzial, für das damalige Stadtgebiet, wird eine elektrische Leistung von ca. 2.550 kW ausgewiesen. Dabei wurde von recht hohen Volllaststunden (zwischen 4.150 bis 6040) ausgegangen. Rein rechnerisch würde sich eine Jahresarbeit von ca. 10.500 bis 15.400 MWh/a, bei Nutzung aller damalig vorhandenen Anlagen, ergeben.

Nach Rücksprache mit der unteren Wasserbehörde wird aktuell aber nur ein wirtschaftlich erschließbares Potenzial von drei weiteren Anlagen mit einer geschätzten Gesamtleistung von 900 bis 1.000 kW gesehen, die kurz- bis mittelfristig zu realisieren wären. Darunter fallen die Gefällestufe Hartmannsdorf, das Wehr Großzschocher und ein geplantes Wehr an der Weißen Elster. Hintergrund des geringeren Potenzials im Vergleich zur Studie aus dem Jahr 1995 ist einerseits der angestrebte Rückbau (siehe o. g. Erlass vom Ministerium) und andererseits auch eine veränderte Ausgangslage, wie geplante oder bereits durchgeführte Gewässer- bzw. Anlagenumbaumaßnahmen. Insbesondere für die Gefällestufe Hartmannsdorf gab es in den letzten Jahren mehrere Voranfragen. Hemmnisse bei der Realisierung sind neben hohen Kosten für den Umbau auch ungeklärte rechtliche bzw. politische Aspekte. Für das genannte Ausbaupotenzial wird eine Jahresarbeit von maximal 6.000 MWh als Potenzial angenommen.

Langfristig gesehen könnte sich das Ausbaupotenzial in Abhängigkeit von der rechtlichen Situation erhöhen. Der Maximalwert für das theoretische Potenzial von ca. 2.550 kW elektrischer Leistung wird sicherlich nicht umsetzbar sein. Gründe sind u.a. Aspekte des Natur- und Hochwasserschutzes, wasserwirtschaftliche oder auch eigentumsrechtliche Gesichtspunkte.

3.3 Handlungsfeld Stadtentwicklung

Die Themen Energie und Klimaschutz sind wesentliche Aspekte im Handlungsfeld der Stadtentwicklung. Aber auch gesellschaftliche, wirtschaftliche, ökologische und weitere Aspekte

spielen eine wesentliche Rolle. Sich ändernde Rahmenbedingungen, wie der demografische Wandel oder Änderung im Lebensstil verlangen eine ständige Anpassung der Strategien. Auch den Auswirkungen des Klimawandels muss mit Hilfe von Anpassungsmaßnahmen begegnet werden, um die Lebensqualität der Bürger erhalten zu können. Die Maßnahmen des Klimaschutzes und der Klimaanpassung sollten miteinander abgestimmt werden, da sie u.a. auch die Freiflächenplanung und -gestaltung betreffen und Symbiosen erreicht werden können.

Aufgrund des Europarechtsanpassungsgesetzes Bau (EAG Bau) sind bereits im Juli 2004 wichtige Änderungen im Baugesetzbuch in Kraft getreten. Diese beeinflussen vor allem den Bereich der Bauleitplanung. In einer der wichtigsten Rechtsgrundlagen des Städtebaurechts wurde der Klimaschutz als Anforderung an die Bauleitplanung integriert. Anwendung kann dies in städtebaulichen Planungen (z. B. im Flächennutzungsplan) und Maßnahmen als auch in städtebaulichen Verträgen finden.

Entsprechende Maßnahmenansätze finden sich beispielsweise bereits im Stadtentwicklungskonzept. Über weitere zu bestimmende Maßnahmen, könnten die in der Stadt Leipzig bestehen Potenziale weiter ausgeschöpft werden. Durch Forcierung einer stärkeren Innenverdichtung ist es beispielsweise möglich zu kompakteren Stadtstrukturen zu gelangen. Auch durch Sanierungsmaßnahmen im Gebäudebereich können bedeutende Energieeinsparungen erreicht werden. Ein weiteres Beispiel ist die verstärkte Nutzung des Umweltverbundes. Damit lässt sich Verkehr, vor allem der motorisierte Individualverkehr, vermindern bzw. vermeiden (siehe dazu Abschnitt 4).

Bei der Festlegung zukünftiger Maßnahmen im Bereich Energieanwendung und -versorgung bzw. im Bereich Klimaschutz soll das Energie- und Klimaschutzkonzept eine wichtige Grundlage bilden. Jedoch sind bestehende Planungen, wie der Landschaftsplan oder das Stadtentwicklungskonzept zu berücksichtigen.

Ziele und Handlungsschwerpunkte der zukünftigen Stadtentwicklungsstrategie sowie Schwerpunkträume der Stadtentwicklung sind im integrierten Stadtentwicklungskonzept Leipzig 2020 (SEKo) festgelegt. Wesentliche Prinzipien wie „Stadt der kurzen Wege“ oder auch das Prinzip der „Innenentwicklung vor Außenentwicklung“ werden hier dargestellt und Handlungsschwerpunkte erläutert.

Die Steuerung der räumlichen Entwicklung erfolgt im SEKo neben der Prioritätensetzung auch über die Festlegung von Schwerpunkträumen. Dazu gehören der Leipziger Osten, der Leipziger Westen sowie die Großsiedlung Leipzig-Grünau. Förderprogramme der EU, des Bundes und des Landes bilden eine zentrale Grundlage im Bereich der Stadterneuerung und des Stadtumbaus. Die Stadt Leipzig hat sich intensiv um den Einsatz städtebaulicher Fördermittel bemüht. So wurden zwischen 1991 und 2009 insgesamt 575 Mio. € an öffentlichen Mitteln in Maßnahmen der Stadterneuerung und des Stadtumbaus investiert. Der dafür erforderliche Anteil an kommunalen Eigenmitteln betrug dabei 146 Mio. €. Allein 176,8 Mio. €

Fördermittel aus dem Bund-Länder-Programm „Städtebauliche Sanierungs- und Entwicklungsmaßnahmen“ flossen in die Leipziger Sanierungsgebiete.
Die Entwicklung von Strategien für eine energieoptimierte Stadtentwicklung steht im Mittelpunkt mehrerer Forschungsprojekte und Wettbewerbe der Stadt Leipzig. Zu erwähnen sind hierbei:

- das vom Bundesforschungsministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekte „Im Osten geht die Sonne auf“,
- Die Beteiligung am Bundeswettbewerb „Energetische Sanierung von Großwohnsiedlungen auf der Grundlage integrierter Stadtentwicklungskonzepte“ zur energetischen und mietneutralen Sanierung des Kreuzstraßenviertels gemeinsam mit der LWB,
- Die Beteiligung am Wettbewerb „Energieeffiziente Stadt“ im Rahmen des Förderkonzeptes „Grundlagenforschung Energie 2020+“ zur Entwicklung energieeffizienter Stadtentwicklungskonzepte.

Die in diesen Projekten entwickelten Ansätze sollen für die nachhaltige Profilierung der Stadt Leipzig als Energiemetropole berücksichtigt werden. Denn gerade im Gebäudebestand der Stadt besteht ein umfangreiches Energie- und CO_2-Einsparpotenzial. Vor allem durch Gebäudesanierungen und Ausbau von Effizienztechnologien können diese Potenziale umgesetzt werden. Zu den Ansätzen zählen u.a. die Ermittlung und Kommunikation der „Energiewahrheit“ (nutzerspezifische Informationen zur energetischen Situation und zu Potenzialen), Berücksichtigung sozioökonomischer und baulicher Faktoren, Strategie- und Maßnahmenentwicklung zur energetischen Optimierung unter Einbeziehung des Denkmalschutzes sowie Planung und Durchführung von Modellvorhaben.

Der Schwerpunkt bei der Konzepterstellung liegt im Energiebereich, daher wurden hier punktuell Aspekte herausgegriffen. Die Integration von Stadt- und Energieplanung ist ein wesentlicher Gesichtspunkt. Wie die Stadt dieses Vorhaben realisiert und umsetzt, wurde am politischen Willen, wie z. B. über Stadtratsbeschlüsse und allgemeinem Engagement analysiert. Im Folgendem eine kurze Auflistung wesentlicher Stadtratsbeschlüsse mit klimarelevanten Auswirkungen, die bereits gefasst wurden.

- Beschluss Nr. II-859/93 “Beitritt der Stadt Leipzig zum Klima-Bündnis europäischer Städte mit den indigenen Völkern der Regenwälder”
- Beschluss Nr. II/561/96 “Umweltqualitätsziele und -standards für die Stadt Leipzig” (UQZ); überarbeitete UQZ: Beschluss Nr. III/1356/03
- Beschluss Nr. II-1498/99 “Aktive Mitgliedschaft Leipzigs im Klima-Bündnis”
- Beschluss Nr. III/892/01 “Leipziger Agenda 21”
- Beschluss Nr. IV/1280/08 “Weiterführung der Leipziger Agenda 21”
- Beschluss Nr. IV-238/05 vom 23.02.2005 „Klimaschutzprogramm der Stadt Leipzig“
- Ratsbeschluss Nr. IV/1138/08 „Passivhausstandard für stadteigene und städtisch genutzte Gebäude“
- Beschluss Nr. IV-1137/08 „Beteiligung der Stadt Leipzig am European Energy Award“
- Ratsbeschluss Nr. IV/1212/08 „Klimaschutz bei Dienstreisen“
- Ratsbeschluss Nr. IV-1529/09 „Einsatz umweltfreundlicher Kraftfahrzeuge“

- Ratsbeschluss Nr. 1649/09 „Muster-Gestattungsvertrag für Bürger-Solarstromanlagen - Neubeschluss“
- Ratsbeschluss Nr. IV-701/06 „Umsetzung des Klimaschutzprogramms (Beschlusspunkt IV.3.1.2) und Umsetzung des mittelfristigen Haushaltssicherungskonzeptes 2006-2009 (S-2-1, Punkt 3.3), hier: Realisierung eines Intracting (stadtinternes Contracting) zur Durchführung von Energie- und Wassersparmaßnahmen“
- Ratsbeschluss Nr. IV-1578/09 „Energieleitlinie der Stadt Leipzig“

Die Umsetzung dieser Beschlüsse ist sehr unterschiedlich. Die Einführung des Passivhausstandards hauptsächlich für Schulen und Kindertagesstätten ist bereits erfolgt. So wurden bereits Projekte realisiert oder sind in der Planung. Bei der Sanierung von Gebäuden nach vorgegebenem Standard sind jedoch wenige Erfolge zu realisieren. Hier spielt die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen eine große Rolle. Auch die Umsetzung der klimafreundlichen Dienstreisen birgt noch viel Potenzial. Doch bei den klimafreundlichen Fahrzeugen, wie Elektroautos oder Carsharing-Modellen sind gute Ansätze zu verzeichnen. Auch Intractingmaßnahmen des Hochbauamtes haben sich bereits bezahlt gemacht. So übersteigt die Höhe der Energiekosteneinsparung am Jahresende 2010 bereits die Investitionskosten der Maßnahmen in den Jahren 2007 bis 2009. Eine spezielle Motivation zum Energiesparen in Verwaltungsgebäuden der Stadt ist bis auf Informationsaktionen nicht vorhanden. Diese kurze Auflistung ausgewählter Aspekte verdeutlicht das Vorhandensein weiterer Potenziale.

Außerdem wurden nach Aussagen des Amtes für Umweltschutz weitere Vorschläge unterbreitet:
- Gestaltung von Bebauungsplänen nach Kriterien energetisch optimierter B-Planung
- Planungsrechtliche Festsetzung von Nahwärmenutzung in B-Plan-Verfahren
- Förderung von Niedrigenergiehäusern z. B. durch Bauleitpläne
- gemeinsames Wohnungsmarktkonzept der Wohnungsunternehmen und der Stadt
- Entwicklung und Umsetzung von Teilkonzepten für Ortsteile/ Quartiere/ öffentliche Gebäude mit besonders schlechten Gebäudeenergiewerten (z. B. Einsatz von zentralen BHKWs oder Ersatzneubaukonzepte)
- Ausweisung von Vorranggebieten für Fernwärme bzw. Errichtung und Betrieb von Nahwärmenetze
- Entwicklung von Klima-Modellquartieren auf geeigneten (Entwicklungs-)Flächen durch CO_2-neutrale Energieversorgung

Einzelne Vorschläge werden in der Bearbeitungsphase 4 bei der Erstellung des Maßnahmenkataloges berücksichtigt.

3.3.1 Nutzung von Freiflächen im Stadtgebiet

Der urbane Raum stellt bei der Nutzung von Flächen zur erneuerbaren Energieerzeugung einige grundsätzliche Herausforderungen. So ist die nutzbare Fläche einerseits sehr begrenzt und andererseits schränken klimatische und geologische Bedingungen als auch städtebauliche Strukturen die Nutzungsmöglichkeiten ein. Dabei sind verschiedene Flächentypen

zu unterscheiden, wie Neubauland, Brachflächen, Baulücken, Konversionsflächen und Flächen des Stadtumbaus [BBSR 2010].

Wie im Abschnitt 3.2.1 bereits erläutert, sollte die energetische Nutzung von Freiflächen eingehend geprüft werden. Nutzungen, die dem Ziel der Verbesserung der Lebensqualität dienen, sollte immer Vorrang gewährt werden, um dem Ziel einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu entsprechen. Für besonders zur energetischen Nutzung geeignete Flächen, d.h. Flächen, die sich durch ihre Größe, Lage als auch Beschaffenheit auszeichnen, empfehlen wir eine Einzelfallbetrachtung durchzuführen und abzuwägen.

Durch die Einführung eines Flächenmanagements für innerstädtische Brachen könnten mögliche Optionen und Synergien mit anderen Nutzungsansprüchen besser gesteuert werden. Auch ist zu klären, wie flächenrelevant und/ oder stoffstromintensiv die gewählte Nutzungsoption ist. Dabei kann es von Vorteil sein, nicht einzelne Flächen sondern einen Verbund mehrerer Flächen zu betrachten und die Nutzung dieser in die städtische Infrastruktur zu integrieren.

Laut Amt für Stadtgrün und Gewässer vom 14. Juli 2011 wurden bis Mai 2001 3.132 private und öffentliche Brachflächen auf einer Fläche von ca. 939 Hektar in einem Kataster erfasst, um der zunehmenden Bodenversiegelung aktiv entgegenwirken zu können. Diese stellen ein bevorzugtes Flächenrevitalisierungspotenzial für neue Nutzungen dar [SEKo 2009]. In diesem Kataster werden die Flächen in Kategorien unterteilt.

Tabelle 3-17: Übersicht über Brachflächen (Quelle: Stadt Leipzig, Amt für Stadtgrün und Gewässer und Statistisches Jahrbuch 2010)

	Fläche in ha	Anteil an der Stadtgesamtfläche
Brachfläche	939,44	3,2%
davon teil- oder voll versiegelt Fläche	264,7	0,9%

Etwa 70 % der Brachflächen (65 % der Fläche) befinden sich in Privatbesitz. 16 % der Brachen (20 % der Fläche) teilen sich auf Bund, Land Sachsen, TLG, LWB, DB AG und Eigentum des Volkes auf. Nur 13 % der Brachen (15 % der Fläche) unterstehen direkt der Stadt Leipzig.

Die Wahl einer adäquaten Nutzungsstrategie sollte das Ziel haben die Lebensraumfunktion dieser Flächen zu erhöhen. Idealerweise könnten einige geeignete Flächen zur Energieerzeugung genutzt werden und mit anderen könnte ein Mosaik aus extensiv bzw. intensiv gepflegten Grünbereichen geschaffen werden. Hierbei sind ebenfalls die Kosten für Pflege und Unterhaltung zu berücksichtigen.

In der Studie vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien im Stadtgebiet Leipzig [BMVBS 2008] werden in verschiedenen Szenarien Potenziale der Stromerzeugung und der Wärmebereitstellung aufgezeigt.

Das Festhalten an den Nachhaltigkeitsstrategien "Stadt der kurzen Wege" und "Innenentwicklung vor Außenentwicklung" für Neubau und Bestandsgebiete sollte bei der Nutzung von Freiflächen im Vordergrund stehen. Neben positiven Auswirkungen auf die Wahl der Verkehrsmittel und die Gesamtwohnqualität entstehen dafür Vorteile für die Energie- und Kosteneffizienz der energetischen Infrastruktur wie Wärme-, Gas- und Stromnetze. Lokal erzeugter Solarstrom kann in kompakten Stadtstrukturen meist direkt vor Ort verbraucht werden und verursacht weniger Herausforderungen im elektrischen Verteilnetz (Spannungshaltung, Auslastung von Transformatoren und Leitungen). Die Stadtverdichtung erhöht auch die Wärmebedarfsdichte und begünstigt den Ausbau der Fernwärmeversorgung bzw. die Errichtung von Nahwärmeversorgungssystemen mit Einbindung erneuerbarer Energiequellen und Kraft-Wärme-Kopplung trotz hoher energetischer Gebäudegüte.

3.4 Handlungsfeld Öffentliche Einrichtungen (Gemeinbedarf)

Die Stadt kann im Handlungsfeld der öffentlichen Einrichtungen großen Einfluss auf die Entwicklung der CO_2-Emissionen nehmen. Einerseits hat sie direkte und indirekte Einflussmöglichkeiten, wodurch sie ihre Energiekosten senken kann und andererseits kann sie eine Vorbildfunktion für die privaten Haushalte als auch für Wirtschaftsbetriebe ausüben. Die Handlungsoptionen der Stadt reichen dabei weit. Besonders wichtig ist das Thema Energieeffizienz.

Eine besondere Rolle spielt die öffentliche Beschaffung, aber auch das energieeffiziente Verhalten der Bediensteten sollte gefördert werden.

Bisherige Maßnahmen im Bereich der Stadtverwaltung
Hervorzuheben sind der Beitritt zum "Klima-Bündnis der europäischen Städte mit indigenen Völkern der Regenwälder/Alianza del Clima e.V." im Jahre 1994 und den damit verbunden Verpflichtungen. Außerdem wurden spezielle Aufgabenbereiche im Klimaschutzprogramm der Stadt [DUOS 2005] definiert. Neben dem Klimaschutz bei Stadtentwicklung und Bauleitplanung zielt das Programm auch auf die Organisation der Energieversorgung, dem Verkehrssektor und Gebäudesektor ab. Einige Maßnahmen, z. B. in Form von Energiespar-Contracting und Energiesparprogrammen für Schulen und Kindereinrichtungen wurden umgesetzt.
Weiterhin hat sich die Stadt Leipzig im Jahr 2008 zur Teilnahme am "European Energy Award" (EEA) verpflichtet. Vertreter aus verschiedenen Bereichen der Stadt arbeiten gemeinsam in Arbeitsgruppen an der Erstellung und Umsetzung eines Maßnahmenkataloges.

Im Zuge der Potenzialbetrachtung zur Einsparungen von CO_2 wurden Daten von verschiedenen Ämtern angefordert. Teilweise wurden sehr gute Daten zur Verfügung gestellt. In einigen Bereichen war es sehr mühselig geeignete Daten zu beschaffen. Eine Analyse von Energieeinsparpotenzialen kann daher nur für Bereiche erfolgen, in denen entsprechende Verbrauchsdaten zur Verfügung gestellt wurden.

Folgende Bereiche wurden einer detaillierteren Analyse unterzogen:

- Sanierung öffentlicher Einrichtungen
- Nutzerverhalten
- Beschaffungswesen

3.4.1 Sanierung öffentlicher Einrichtungen

Der Strom- und Heizwärmeverbrauch öffentlicher Gebäude wurde durch das Hochbauamt erfasst und KEMA zugearbeitet. Die Daten stammen größtenteils aus der eea (European Energy Award) Ist-Stand Analyse vom 26.11.2010. Weitere Daten wurden bei den Einrichtungen direkt angefragt. Bezogen auf die Nutzfläche konnten spezifische Energiekennwerte gebildet werden (Energiekennwerte IST) und mit Zielwerten (Energiekennwerte Ziel) verglichen werden. Die Zielwerte stammen aus dem Forschungsbericht „Verbrauchskennwerte 2005“ der ages GmbH und wurden ebenfalls vom Hochbauamt zur Verfügung gestellt. Innerhalb dieser Studie wurden auf der Datengrundlage von 25.000 Nichtwohngebäuden und 45.000 Verbrauchsdaten Verbrauchskennwerte für Wärme, Strom und Wasser ermittelt. Aufgrund der hohen Diversifizierung innerhalb der einzelnen Objektgruppen und der Abhängigkeit der Energieverbrauchswerte von der konkreten Nutzung der Objekte ist die Ableitung des Einsparpotenzials in Tabelle 3-18 als grobe Näherung zu betrachten. Falls die angegebenen Zielwerte bereits im Bestand unterschritten werden, wird kein zusätzliches Einsparpotenzial angesetzt, jedoch sollte eine Erhöhung des derzeitigen Verbrauchs unterbunden werden.

Tabelle 3-18: Abschätzung der Einsparziele öffentlicher städtischer Einrichtungen abgeleitet aus Datenauswertung der eea-Arbeitsgruppe 2 und Ages-Kennwerten

	Energiekennwerte [kWh/ Bezugsgröße und Jahr]				**Einsparziel [MWh/a]**	
	IST		**Ziel**			
	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
Verwaltungsgebäude	147	36	55	10	8.820	2.464
Krankenhäuser	14.856	7.732	15.571	3.337	0	5.406
Schulen	98	15	63	6	1.255	333
Schulen mit Turnhalle	114	12	69	6	21.445	3.034
Kindertagesstätten	73	5	73	10	51	0
Turnhallen/Sporthallen	116	37	70	8	1.595	991
Hallenbäder	2.146	791	1.045	264	4.167	1.995
Sportplatzgebäude	99	21	63	6	407	182
Freibäder	0	56	(32)	25	0	264
Wohngebäude	171	28	82	4	1.191	315
Gemeinschaftsunterkünfte	104	19	95	17	67	14
Jugendzentren	70	10	46	8	514	37
Bürger-, Dorfgemeinschaftshäuser	160	11	74	8	636	25
Bauhöfe	195	12	57	6	531	22
Feuerwehren	131	35	68	6	1.856	850

	Energiekennwerte [kWh/ Bezugsgröße und Jahr]				**Einsparziel [MWh/a]**	
	IST		**Ziel**			
	Wärme	Strom	Wärme	Strom	Wärme	Strom
Friedhofsanlagen	117	28	29	3	1.817	513
Berufsschulen/Berufliche Schulen	97	18	48	8	5.158	1.048
Sonderschulen	114	15	76	7	3.214	606
Museen	72	70	50	4	1.275	3.892
Bibliotheken	76	16	50	9	473	127
Stadthallen/Saalbauten	119	55	69	11	5.914	5.238
Alten- und Pflegeheime	158	61	80	10	5.051	3.305
Volkshochschulen	84	19	25	3	445	121
Musikschulen	88	4	57	3	152	6
Summe					**66.032**	**30.787**

In Summe ergibt sich ein Einsparziell von 66 GWh/a (35 %) im Wärmebereich und 30,8 GWh/a (66 %) im Strombereich. Der Vergleich von IST-Kennwerten zu Zielkennwerten stellt zwar ein gebräuchliches Hilfsmittel dar, um die Größenordnung von Potenzialen abzuschätzen, jedoch ist die spezifische Untersuchung von einzelnen Gebäuden notwendig, um technische und wirtschaftliche Potenziale ausweisen zu können. Die Verbrauchswerte der öffentlichen Einrichtungen wurden über Gebäudegruppen bzw. Gebäudearten aggregiert zur Verfügung gestellt und sind einzelnen Gebäuden größtenteils nicht mehr zuzuordnen.

Die hier ausgewiesenen theoretischen Einsparpotenziale geben einen Überblick, wohin sich die Stadt mit ihren öffentlichen Einrichtungen in Zukunft hin bewegen sollte. Die Entscheidung zur Sanierung ist jedoch vom Einzelfall abhängig und ist von mehreren Faktoren abhängig. So z. B. auch die Entwicklung der öffentlichen Einrichtungen bezüglich Zu- und Rückbau (abhängig von der Demografieentwicklung) und die Haushaltssituation der Stadt.

Einsparpotenziale im Wärmebereich können nicht nur durch Sanierung und Optimierung des Anlagenbetriebes gedeckt werden, sondern sind immer gekoppelt an das Nutzerverhalten der Menschen, welche in den Gebäuden tätig sind. Im Strombereich ist vor allem das Beschaffungswesen (effiziente Geräte) als auch das Nutzerverhalten ausschlaggebend.

Analog zu den Objekten der Stadt wurden mögliche Energieeinsparziele bei Objekten des Freistaates Sachsen mit den jeweiligen Zielwerten des eea-Maßnahmenkataloges abgeschätzt. Dabei wurden nur die Angaben der Objekte berücksichtigt, für die sowohl Energieverbräuche als auch Bezugsgrößen (hier Bruttogeschossflächen) vorlagen. Im Bereich der Wärmeversorgung kann demnach ein Einsparziel von 14 % gegenüber dem IST-Stand abgeleitet werden, wobei einige Objekte die Zielwerte bereits unterschreiten. Beim Stromverbrauch entsprechen die Ages-Zielwerte einer Verbrauchsreduktion in Höhe von insgesamt 10,4 GWh/a, was 65 % des bisherigen Bedarfs bedeutet.

Tabelle 3-19: Abschätzung möglicher Einsparziele in Einrichtungen des Freistaates Sachsen, absolut und relativ zum IST-Stand abgeleitet aus Daten des SIB und Ages-Kennwerten

	Wärme		**Strom**	
	MWh/a	%	MWh/a	%
Verwaltungsgebäude	702	5%	4.483	65%
Geb. f. wiss. Lehre und Forschung	1.760	23%	3.986	71%
Gemeinschaftsunterkünfte	1.580	21%	487	31%
Schulen mit Turnhalle	0	0%	303	75%
Berufsschulen/Berufliche Schulen	670	34%	821	79%
Sonderschulen	0	0 %	62	31%
Museen	-	-	225	59%
Gesamteinsparziel	**4.712**	**14%**	**10.367**	**65%**

Für die Objekte des Bundes wurde anhand der aggregierten Datenlage ein Gesamteinsparziel von 4.475 MWh/a Strom ermittelt. Das entspricht 76 % des aktuellen Bedarfs. Beim Wärmeverbrauch erfüllen die Objekte im Mittel die Zielanforderungen. Ob an einzelnen Objekten trotzdem Handlungsbedarf besteht, kann nicht beurteilt werden. Aufgrund der aggregierten Datenlage wurde vereinfachend für alle Objekte der Nutzungstyp „Verwaltungsgebäude“ angesetzt.

Die technisch-wirtschaftlichen Einsparpotenziale beim Energieverbrauch der Objekte des Freistaats und des Bundes werden im Wärmesektor als gering eingeschätzt. Nach Aussagen des Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement [SIB 2011] wurden die Objekte des Freistaates und des Bundes in den vergangenen Jahren entsprechend der geltenden gesetzlichen Vorgaben (z.B. EnEV, EEWärmeG) auf den aktuellen Stand gebracht. Bauliche Sanierungsmaßnahmen sind daher in den nächsten Jahren kaum zu erwarten. Bei der Beschaffung elektrischer Geräte gelten ebenso wie bei der Stadt Leipzig hohe Anforderungen an die Energieeffizienz. Somit werden auch beim Stromverbrauch keine sprunghaften Reduktionen eintreten. Die große Abweichung dieser Aussage zu den anhand der Ages-Kennwerte abgeschätzten Einsparzielen beruht möglichweise zum Teil auf der spezifischen Nutzungsstruktur und Ausstattung der Gebäude.

<u>Schulen</u>
Für Schulen wurde bei der IST-Analyse in der Projektphase 2 eine Übersicht zu den mittleren spezifischen Wärme- und Stromverbrauchswerten dargestellt. Da die Energiemengen und Bezugsgrößen nicht identisch mit denen in Tabelle 3-18 sind, kann an dieser Stelle keine detailliertere Auswertung einzelner Objekte erfolgen. Diese Maßnahme wird in Projektphase 4 mit dem Hochbauamt spezifiziert.

Aufgrund des aktuellen Investitionsstaus bei den Schulen steht nicht nur die energetische Sanierung, sondern auch die allgemeine Sicherstellung eines bedarfsgerechten Lehrbetriebes im Vordergrund. Im Rahmen des Konjunkturpaketes konnten mehrere Sanierungsprojek-

te angegangen werden. Die Erschließung der weiteren energetischen Einsparpotenziale wird ohne vergleichbare Sonder-Fördermittel eine große Herausforderung darstellen.

3.4.2 Nutzerverhalten

Neben der energetischen Sanierung birgt der bewusste Umgang mit Energie durch die Gebäudenutzer Energieeinsparpotenziale. Diese sind in den oben ausgewiesenen theoretischen Potenzialen zur Wärme- und Stromeinsparung integriert. Um diese Potenziale optimal ausschöpfen zu können, ist ein Umdenken der Menschen erforderlich. Die Stadt hat hier nur indirekt Einflussmöglichkeit über effektive Aufklärung der Mitarbeiter bezüglich des eigenen Umganges mit dem Thema. Neben dem richtigen Heizung und Lüften der Räume bestehen hier handlungsspielräume durch das Anpassen der Einschaltzeit der Bürogeräte und des Lichts an die tatsächliche Nutzungszeit sowie die Vermeidung des Stand-by-Betriebs von Bürogeräten, z.B. durch die tatsächliche Nutzung abschaltbarer Steckerleisten. Durch speziell dafür geschulte Mitarbeiter (Energiedienst) kann diese Aufklärungsarbeit mit einer stichprobenartigen Kontrolle verbunden werden. Nach Erfahrungsberichten [DeSt 2011] beträgt das Einsparpotenzial bis zu 20 %.

3.4.3 Beschaffungswesen

Für die Umsetzung der oben ausgewiesenen Stromeinsparpotenziale ist das Beschaffungswesen ein wichtiger Baustein. Darunter u.a. fällt der Kauf von effizienten Geräten in städtischen Einrichtungen und Ämtern.

Laut Anfrage beim Hauptamt der Stadtverwaltung (Frau Makan, Herr Kästner) wird entsprechend § 4 der Vergabeordnung der Energieverbrauch von technischen Geräten und Ausrüstungen als Kriterium bei der Entscheidung über den Zuschlag berücksichtigt. Die Wichtung des Energieverbrauchs als Zuschlagskriterium (Punktewertung) ist dabei abhängig von der Art des zu beschaffenden Gerätes.

Den Großteil der in der Stadt Leipzig eingesetzten Geräte stellt die Bürotechnik in der Verwaltung dar. Die Beschaffung von PC-Technik, Druckern, Fax- und Kopiergeräten erfolgt seit 10 Jahren über die Lecos GmbH. Bei Computern ist seit 10 Jahren die Energieeffizienz ein Kriterium. Dabei werden der Strombedarf der CPU, die Auswahl des Netzteils und die Vermeidung von Zusatzkarten (z.B. Grafikkarten) geachtet. Bei Zusatzgeräten (Drucker, Kopier- und Faxgeräte) besteht seit 5 Jahren die Forderung nach Bevorzugung von Geräten mit „Blauem Engel“ und „Energy Star“. Es erfolgt keine separate Hochrechnung des Energieverbrauchs über die Lebensdauer des Gerätes. Die Bürogeräte sind maximal fünf Jahre im Einsatz. Damit ist eine ständige Anpassung der technischen Ausstattung an den Stand der Technik gegeben. Deutliche Sprünge bei der Effizienzsteigerung sind daher nicht möglich.

Mögliche Einsparpotenziale könnten in der Einführung von Thin Clients liegen. Hierfür ist ein Pilotversuch vorgesehen. Die Umsetzung gestaltet sich abhängig von Nutzbarkeit bisheriger Anwendungssoftware. Energieeinsparpotenziale werden in diesem Zusammenhang mit geprüft.

<u>Eigenbetriebe der Stadt und Unternehmen mit städtischer Beteiligung</u>

Die Messe Leipzig GmbH als Unternehmen mit 50 % städtischer und 50 % Landesbeteiligung schreibt derzeit ein Energiekonzept aus. Schwerpunkt werden Maßnahmen zum optimierten Betrieb der energetischen Anlagen sein. Potenziale sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abschätzbar. Bauliche Maßnahmen an den Gebäuden sind nicht vorgesehen.

Der Leipziger Zoo saniert stetig einzelne Bereiche und gestaltet dabei nach mehreren Kriterien die bestehenden Tiergehege um. Der rationelle Energieeinsatz spielt dabei stets eine Rolle. Aufgrund der Anbindung an das Fernwärmenetz wird diese CO_2-arme Beheizungsvariante meist genutzt. Beim Entwurf der Tropenhalle sind zusätzlich optimierte Wärmedämmung (Dach als Folienkissenkonstruktion in dreilagiger Ausführung), Wärmerückgewinnung und Wärmespeicherung in der Erde vorgesehen. Durch die stetige Erweiterung stieg in den vergangenen Jahren der Stromverbrauch des Zoos um durchschnittlich 3 % pro Jahr an, während der Wärmebedarf sogar leicht reduziert werden konnte (<1 % pro Jahr).

Bei den Sportbädern, welche durch die KWL-Tochter Sportbäder Leipzig GmbH bewirtschaftet werden, sind mehrere Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Planung bzw. im Bau. Die Erdgas- und CO_2-Einsparungen durch diese Maßnahmen werden erst nach Inbetriebnahme ausgewertet.

Straßenbeleuchtung

Bei der Straßenbeleuchtung konnte in der Vergangenheit in Leipzig der durchschnittliche Anschlusswert je Leuchte von 253 Watt (1970) auf 116 Watt deutlich abgesenkt werden. Durch ein ganzheitliches Lichtkonzept sind jedoch weitere Einsparpotenziale vorhanden. Durch das so genannte "intelligente Licht" können in verkehrsschwachen Zeiten bis zu 30 % Energie eingespart werden. Dies gelingt durch eine verkehrsabhängige Steuerung der Beleuchtungsleistung. Für dieses Konzept wurde die Stadt Leipzig beim Bundeswettbewerb Energieeffiziente Stadtbeleuchtung ausgezeichnet [LPress 2009].

3.5 Handlungsfeld Gebäude

3.5.1 Gesetzliche Vorgaben

Seit 1978 gibt es in der Bundesrepublik Deutschland energetische Vorschriften beim Wohnungsbau (Wärmeschutzverordnung). Erst nach der Wiedervereinigung wirkten sich diese auf die neuen Bundesländer und damit auf Leipzig aus. In weiteren Stufen wurden diese energetischen Mindestvorgaben stetig verschärft, so dass jeweils neu errichtete Gebäude geringere spezifische Wärmebedarfswerte aufweisen sollten. Im Jahr 2002 erfolgte die Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV). Auch deren Vorgaben wurden schrittweise verschärft und auch auf umfangreiche Sanierungsmaßnahmen bei Bestandsgebäuden ausgeweitet. Bei Sanierungsmaßnahmen dürfen die Anforderungen, welche für den Neubau gelten, jedoch um bis zu 40 % überschritten werden. Ausnahmeregelungen für technisch und wirtschaftlich nicht zumutbare Maßnahmen ergänzen das Regelwerk.

Die Mindestanforderungen in Form eines maximalen Primärenergieverbrauches und maximal zulässiger Wärmedurchgangswerte an Gebäudebauteilen ist abhängig vom Oberflächen-

Volumen-Verhältnis der Gebäude. In der Praxis werden oft Mittelwerte in Form eines maximalen Heizenergiebedarfs bezogen auf die beheizte Nutzfläche angegeben. Aufgrund der verschiedenen Gebäudeformen, -größen und -arten wird auch im Folgenden auf diese Mittelwerte zurückgegriffen, um den Bestand und die Einsparpotenziale durch energetische Sanierung abzuschätzen. In den Jahren 2002 und 2009 erfolgte eine Erhöhung der Anforderungen um jeweils bis zu 30 %. Gleiches ist für die novellierte Ausgabe der EnEV 2012 geplant.

Tabelle 3-20: Verwendete mittlere Kennwerte für den maximal zulässigen spezifischen Heizenergiebedarf nach jeweiliger Wärmeschutzverordnung

	maximaler spezif. Jahresheizwärmebedarf in kWh/m²a (Neubau)	maximaler spezif. Jahresheizwärmebedarf in kWh/m²a (Sanierung)
WSchV 1995	100	140
EnEV 2002, 2004 und 2007	70	98
EnEV2009	50	70
EnEV 2012	35	49
Passivhaus	15	

3.5.2 Methodik und Datengrundlagen

Datengrundlage zur Erfassung des Ist-Standes sowie zur Bestimmung der Defizite und Potenziale im Gebäudebereich bildet die digitale Stadtgrundkarte DSK 5 im Maßstab 1: 5000. Aus dieser Karte wurden im Wesentlichen Informationen zu Gebäuden und baulichen Anlagen der Stadt entnommen. Weitere digitale Daten wurden vom Stadtplanungsamt u. a. Ämtern der Stadt zur Verfügung gestellt. Dazu gehören Angaben zu Wohnbauflächen und deren Zuordnung zu Strukturtypen, Aussagen aus dem vorläufigen Flächennutzungsplan, dem Landschaftsplan sowie Verwaltungsgrenzen der Stadt. Im Ortsteilkatalog sind Angaben zu Anzahl von Gebäuden und Wohnungen und den gesamten Wohnflächen enthalten. Vom Stadtplanungsamt wurde weiterhin eine Übersicht zum Sanierungsstand der DDR-Neubauten und anderer Gebäude bereitgestellt.
Als weitere wesentliche Grundlage wurde eine dem Sozialamt vorliegende Erhebung (Wohnungs- und Gebäudedatei) über Gebäude mit Angaben zu Wohneinheiten, Rekonstruktionsjahr und Art der Beheizung genutzt. Die Vollständigkeit und Aktualität der einzelnen Daten ist verschieden, deshalb wurden alle gesichtet und auf Plausibilität verglichen.

Bearbeitungsschwerpunkt bilden hier die Flächen, die bebaut sind bzw. einem Wohnbau-Strukturtyp (vgl. Tabelle 3-21) zugeordnet wurden. Ein Strukturtyp charakterisiert in diesem Zusammenhang ein Bebauungsgebiet mit weitestgehend homogener historisch entwickelten Bebauungsstruktur und ähnlichen Gebäudetypologien und Funktionsmerkmalen. Diese Zuordnung erfolgte im Rahmen einer Forschungsarbeit aus dem Jahr 2004 [Empi 2004]. Als Wohngebäude sind alle diejenigen Gebäude klassifiziert, welche zu mindestens 50 Prozent zu Wohnzwecken Nutzung finden.

Tabelle 3-21: Strukturtypen der Stadt Leipzig

Wohngebäude		**Nichtwohngebäude**
Zentrum	Plattenbau	

Inneres Vorstadtgebiet	Mehrfamilienhäuser nach 1990	
Gründerzeit	Einfamilienhäuser vor 1990	
Großbürgerliche Villen	Einfamilienhäuser nach 1990	
Siedlungshäuser (1919-1945)	Innenstadt, gemischt	
Siedlungshäuser nach dem zweiten Weltkrieg (1949-1970)	Dorflage	

Quelle: eigene Darstellung, in Anlehnung an [Empi 2004]

Um die Gebäudegrundflächen der Stadtkarte in Wohn- und Nichtwohngebäuden unterteilen zu können, erfolgte eine Verschneidung dieser mit den Strukturtypen der Wohnbauflächen. Die Gebäude, die sich innerhalb oder am Rand dieser Strukturtypen befinden, wurden den Wohngebäuden und die restlichen den Nichtwohngebäuden zugeordnet.

Aufgrund der Vielzahl der Gebäude, die sich in einer Ebene der digitalen Stadtkarte befinden, war eine nähere Unterscheidung in reine Wohngebäude und andere Gebäude, wie öffentliche Gebäude, Wirtschaftsgebäude oder Garagen nicht möglich. Daher ist im Vergleich zur Wohnungs- und Gebäudedatei, die dem Sozialamt vorliegt, die Summe der Gebäude für die gesamte Stadt deutlich höher. Eine weitere Fehlerquelle liegt in der Vereinfachung, die bei der flächenhaften Kategorisierung der Strukturtypen erfolgte. Diese Einflüsse wurden bei den Auswertungen soweit möglich mittels Korrekturfaktoren berücksichtigt.

3.5.3 Sanierung des Gebäudebestandes, Leerstand

Beschreibung des Bestands

Der Wohnungsbestand der Stadt Leipzig ist durch einen hohen Altbauanteil (vor 1949 errichtet) gekennzeichnet. Laut Ortsteilkatalog der Stadt Leipzig entfallen 29 % der Gebäude mit Wohnungen auf die Altersklasse vor 1919. Daraus kann unter Verwendung der Gebäudetypologie für Deutschland [IWU 2003] der Gründerzeit ein Anteil an den Wohnflächen von einem Drittel zugeordnet werden. In genannter Quelle werden typische Heizenergieverbrauchswerte für verschiedene Gebäudetypen dargestellt und erreichbare Verbrauchswerte nach Sanierung ermittelt. Auf diese Werte wird bei der späteren Potenzialbetrachtung Bezug genommen. Dazu wurden die für Leipzig typischen Gebäudetypen herausgegriffen. Bei den Gebäuden mit Altersklasse bis 1918 entspricht die Angabe des Heizwärmebedarfs (saniert) einer Vollsanierung mit Ausnahme der Fassade. Dieser Wert ist relevant, wenn aus Gründen des Denkmalschutzes die Fassade nicht verändert werden soll, und eine Anwendung spezieller neuer Technologien (z.B. Vakuumisolationspanelen) aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht umgesetzt werden kann.

Tabelle 3-22: Verwendete Kennwerte für den Heizenergiebedarf nach [IWU 2003]

Baualtersklassen	Beispielhaus	Referenzhaus Wohnfläche [m²]	Heizwärmebedarf (unsaniert) [kWh/m²a]	Heizwärmebedarf (saniert) [kWh/m²a]

EFH bis 1918	EFH_B	129	250	90 (195)
MFH bis 1918	GMH_B	754	159	69 (95)
EFH 1919 bis 1948	EFH_C	275	194	77
MFH 1919 bis 1948	GMH_C	1349	164	72
EFH 1949 bis 1990	EFH_D	101	223	94
MFH 1949 bis 1990	GMH_F	3020	140	66
EFH ab 1991	EFH_H	137	140	81
MFH ab 1991	MFH_H	707	122	74
Mittelwert			160	75

Die Abkürzungen der Gebäudetypen bedeuten:
EFH: Einfamilienhaus
MFH: Mehrfamilienhaus
GMH: Großes Mehrfamilienhaus (Geschosswohnungsbau)

Gebäudesanierung

Dem Stadtentwicklungskonzept [SEKo 2009] zufolge liegt der Sanierungsstand im Altbau bei ca. 80 %. Der aktuelle Sanierungszustand in den einzelnen Stadtteilen konnte durch die Gebäudeliste des Sozialamtes am ehesten abgeschätzt werden. Diese Daten beruhen auf Ortsbegehungen und Befragungen von Wohngenossenschaften. Die Erfassungsquote der Gebäude liegt für alle Stadtteile deutlich über 90 %. Aufgrund der laufenden Begehungen (1998 bis 2010) ist das mittlere Begehungsjahr 2005. In der Auswertung wurde nach Jahresclustern unterschieden, in denen eine bestimmte Wärmeschutzvorschrift (WSV, EnEV) galt. Entsprechend des mittleren Begehungsjahres erfolgte eine Fortschreibung der jeweils in den Vorjahren erzielten lokalen Sanierungsrate bis Ende 2008, um den Gebäudesanierungsstand für das Bilanzjahr des Energie- und Klimaschutzkonzeptes abzuleiten. Insgesamt lag demnach der Anteil sanierter Wohneinheiten in Leipzig Ende 2008 bei 66 bis 74 %. Umgerechnet auf den Wohnungsbestand, der vor 1990 errichtet wurde („Altbau“), ergibt sich ein Sanierungsstand von 77 bis 85 %. Dieser Wert deckt sich mit den Angaben im Stadtentwicklungskonzept. Der Anteil von Teilsanierungen betrug bezogen auf die Gebäudeanzahl nur 1,7 % im Durchschnitt. Da bei den teilsanierten Gebäuden nicht immer ein Rekonstruktionsjahr bekannt ist, wurden vereinfacht nur die Gebäude mit angegebenem Rekonstruktionsjahr als saniert berücksichtigt und angenommen, dass an diesen eine energetische Sanierung erfolgte.

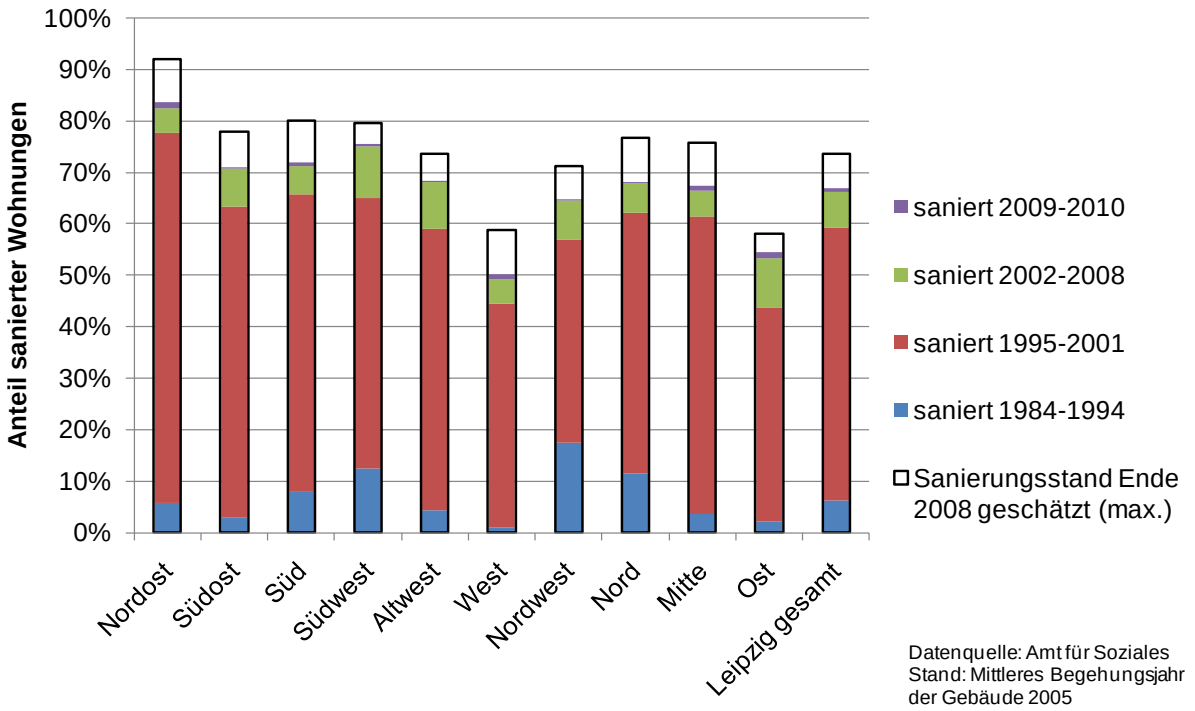


Bild 3-12: Anteil sanierter Wohnungen in Leipzig nach Stadtteilen und Sanierungsjahr, bezogen auf den Gesamtwohnungsbestand

Die mittlere jährliche Sanierungsrate bezogen auf die Gesamtanzahl der Wohnungen variierte in den vergangenen 25 Jahren stark. Dementsprechend kann auch bei der energetischen Sanierung auf eine Hauptphase zum Ende der 1990er Jahre geschlussfolgert werden. Daraus resultieren Hemmnisse für weitere zukünftige Energieeinsparmaßnahmen im sanierten Gebäudebestand.

Dementsprechend sollten von Seiten der EU und des Bundes erhöhte gesetzliche Forderungen an den Sanierungsstand des Wohngebäudebestandes gestellt werden. Einem sogenannten Sanierungszwang sollten unbedingt Fördermittel an die Seite gestellt werden, um auch deren Umsetzung garantieren zu können. Ein wichtiger Anreiz sind z. B. KfW-Programme, die Wohnungsunternehmen bzw. -eigentümern einen Anreiz geben in die energetische Sanierung ihrer Bestände zu investieren.

Ein wichtiger Schritt ist sicher die neue Europäische Gebäuderichtlinie, die seit dem 8. Juli 2010 in Kraft getreten ist. Sie stellt verschärfte Anforderungen an Gebäude und nimmt auch das Thema Sanierung auf. Bis zum Juli 2012 sind die Vorgaben dieser Richtlinie in nationales Recht umzuwandeln.

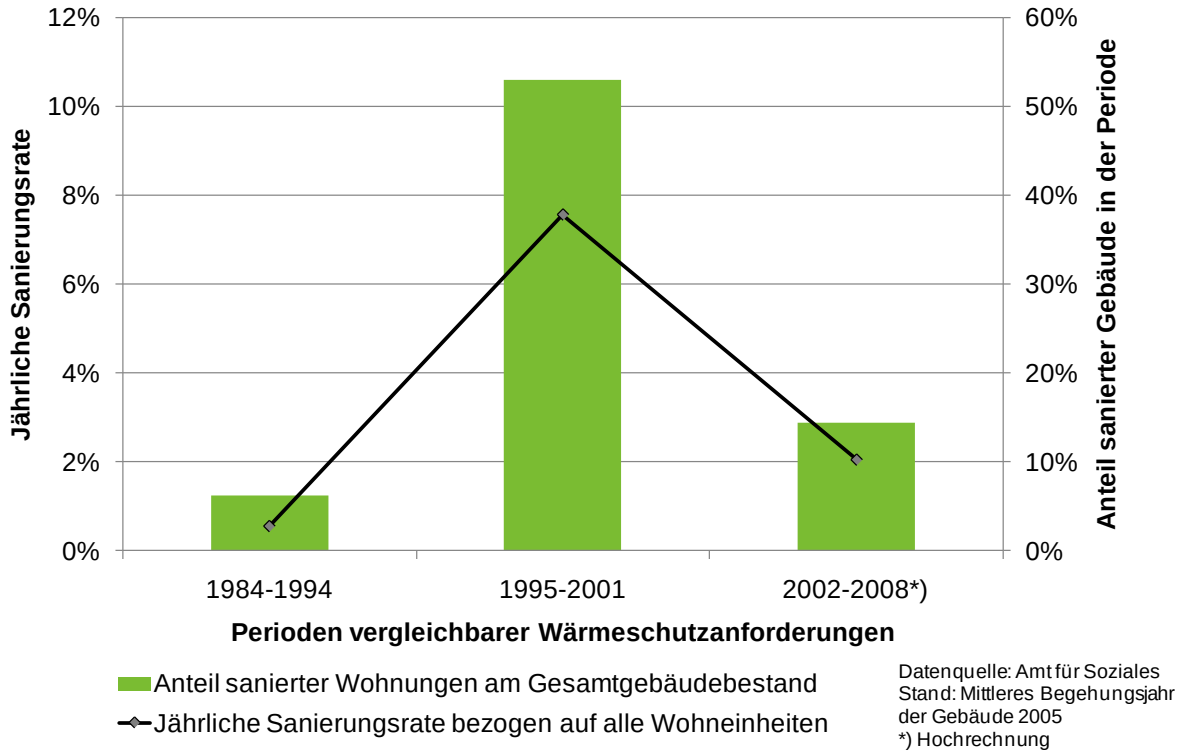


Bild 3-13: Entwicklung der Gebäudesanierung im Wohnsektor in Leipzig 1984 bis 2008

Unsicherheiten bei dieser Zusammenfassung sind der Anteil von 3,8 % der Gebäude, zu denen unvollständige Angaben vorliegen sowie das mittlere Begehungsjahr der Gebäude von 2005.

Für die DDR-Neubauten ergibt sich nach Angaben des Stadtplanungsamtes über alle Altersklassen (1949-1959 und 1960-1989) ein Sanierungsstand von 90 %, wobei 37 % der Objekte teilsaniert sind. Eine Aufschlüsselung nach Wohneinheiten liegt hierzu nicht vor.

Laut Fachkonzept Wohnen des SEKo´s sollen vor allem energetisch sinnvolle Modernisierungsmaßnahmen unterstützt werden. Insbesondere sollen denkmalgeschützte Gebäude energetisch optimiert werden.

Rückbau und Neubau

Mit Stadterneuerungs- und Stadtumbaumaßnahmen wurde auf Probleme wie Leerstand und fehlende Sanierung reagiert. Zentraler Bestandteil des Stadtumbaus war dabei der Rückbau von Wohnungen. Ab dem Jahr 2000 wurden zusätzlich Förderprogramme (Soziale Stadt, EFRE, Urban II) sowie das Programm Stadtumbau Ost in Leipzig eingesetzt. Im Rahmen des Stadtumbaus wurden so zwischen 2001 und 2007 11.575 Wohnungen abgerissen, 75% davon in Plattenbaugebieten [SEKo 2009].

Durch diesen Rückbau und vor allem im Zuge des Nachfragezuwachses hat der Wohnungsleerstand deutlich abgenommen und die Sanierungstätigkeit zugenommen. Annahmen zu zukünftigen Entwicklung gehen davon aus, dass kurzfristig mit einem weiteren Rückgang

des Leerstandes zu rechnen ist. Langfristig ist jedoch von einer stagnierenden Leerstandsquote auszugehen [SEKo 2009].

Die Zahl der leerstehenden Wohnungen wird in keiner Statistik erfasst. Nach Schätzung des Stadtplanungsamtes im Monitoringbericht 2009 stehen in der Stadt Leipzig derzeit ca. 38.000 Wohnungen leer [LStat 2010]. Das entspricht einer Quote von 12 % des Wohnungsbestandes.

Mittelfristig ist ein erhöhter Rückbau- oder Sanierungsbedarf der un- und teilsanierten Plattenbaubestände zu erwarten. Dieser wird sich jedoch auf die Rückbaubereiche im Stadtumbaugürtel Grünau beschränken. Nach vorläufigen Angaben des Stadtplanungsamtes wird sich der weitere Rückbau auf etwa 0,5 % des gesamten Wohnungsbestandes beschränken.

Die Neubaurate nahm von 1999 bis 2007 stetig ab [LWohn 2009]. Sie betrug in der Periode 2005 bis 2007 nur noch 0,3 % bezogen auf die Gesamtzahl der Wohnungen in Leipzig. Für die Zukunft wird angenommen, dass sich die Neubaurate aus dem Bedarf an Wohnungen und dem Bestand abzüglich des Rückbaus ergibt. Für den Neubau gelten die gesetzlichen Vorgaben der Energieeinsparverordnung. Aufgrund des geringen Rückbaus im Vergleich zum Neubau führt der energetisch hocheffiziente Neubau trotzdem nicht automatisch zu einer Senkung des Gesamtwärmebedarfs des Gebäudebestandes.

Potenziale für Energieeinsparung durch Sanierung im Wohnungssektor

Bisher unterteilten sich Gebäudesanierungen in Sanierungen ohne Verbesserung des Wärmeschutzes und sogenannte energetische Sanierungen. Die flächengewichteten Sanierungsraten im Altbau betrugen laut [IWU 2010] im Zeitraum 2005 bis 2009 im Osten Deutschlands aufgeteilt auf die Gebäudeteile Außenwand, Dach/Obergeschossdecke und Fußboden/Kellerdecke von etwa 0,75 %, 1,6 % bzw. 0,6 % pro Jahr. Zuzüglich erfolgten Sanierungen ohne Änderung des Wärmeschutzes an ca. 0,35 % der Fassadenflächen pro Jahr. Hinzu kommt eine Rate für Fassadenanstriche mit ca. 1,7 % der Fläche pro Jahr. Damit ergibt sich eine jährliche Gesamtsanierungsrate bezogen auf die Bausubstanz der Fassaden von 1 %. Die „Pinselsanierungsrate“ in Höhe von 2 % bleibt auch in Zukunft ohne Bedeutung für die Verbesserung des Wärmeschutzes der Gebäude.

Seit der 2002 in Kraft getretenen Energieeinsparverordnung (EnEV2002) ist die nachträgliche Dämmung der Außenwand eines Gebäudes vorgeschrieben, sofern eine Erneuerung der Fassade (Putz) erfolgt und der Wärmedurchgangskoeffizient größer als 0,9 W/m²K ist. Damit kann die oben genannte Sanierungsrate der Fassaden (1 % pro Jahr) als potenzielle energetische Sanierungsrate angesehen werden. Die nachträgliche Dämmung von Dach/Obergeschossdecke sowie Fußboden/Kellerdecke ist unabhängig vom Sanierungszyklus des Gebäudes.

Im Denkmalschutzbereich liegt der Stand der nachträglichen Wärmedämmung der Außenwand etwa ein Viertel niedriger als bei allen Altbauten in Deutschland im Durchschnitt. Dabei kam bei etwa der Hälfte der Fälle die Außendämmung, bei etwa 37 % die Innendämmung

und bei etwa 10 % die Dämmung im Zwischenraum bzw. im Bauteil selbst zum Einsatz. Bei den Bauteilen Dach/Obergeschossdecke und Fußboden/Kellerdecke liegen die denkmalgeschützten Wohngebäude sogar etwas über dem Durchschnitt. Gemessen an den Einspareffekten der jeweiligen Bauteildämmungen stellt dieses Hemmnis einen deutlichen Nachteil bei der Erreichung eines geringen spezifischen Gebäudeheizwärmebedarfs dar. Durch Außenwanddämmung kann der Heizenergiebedarf im Durchschnitt um ein Drittel reduziert werden. Die Dämmung von Dach/Obergeschossdecke und Fußboden/Kellerdecke bewirken bei Gebäudetypen mit Baujahr vor 1918 jeweils etwa 20 % bzw. 15 % (ermittelt nach [IWU 2003]). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die für diesen Vergleich berücksichtigten Dämmstärken aus Sicht der EnEV 2012 bereits als moderat anzusehen sind.

Entsprechend der deutschen Gebäudetypologie [IWU 2003] können folgende Einsparmöglichkeiten für die einzelnen Gebäudetypen in Leipzig abgeleitet werden. Hierfür wurden wie auch in Tabelle 3-22 die zutreffenden Gebäudeklassen herausgegriffen. Die in den östlichen Bundesländern übliche Plattenbauweise wird hier annähernd durch die Typen GMH_F (1969-1978) und MFH_H (1984-1994] repräsentiert. In Gründerzeitgebäuden wurden in Sanierungsbeispielen in anderen Städten Energiebedarfssenkungen auf etwa 50 % realisiert [IWU 2004].

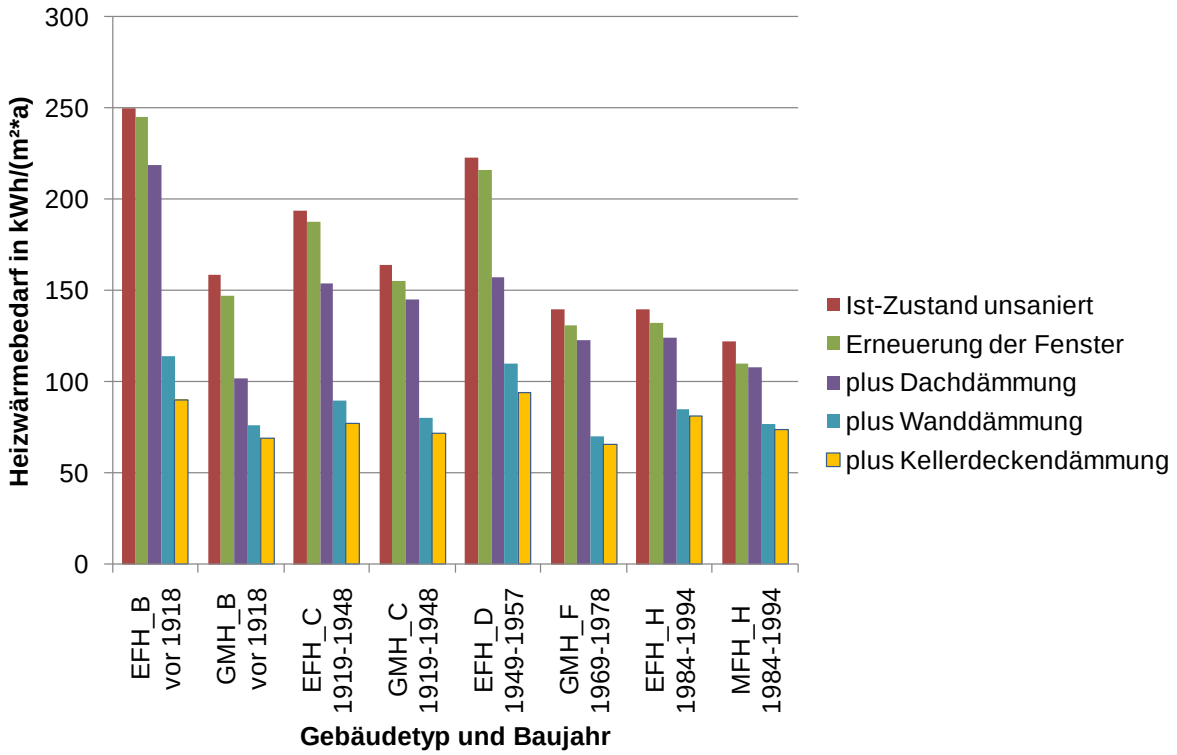


Bild 3-14: Jährliche Einsparpotenziale beim Heizenergiebedarf der in Leipzig relevanten Gebäudetypen bezogen auf die Wohnfläche (Datenquelle: [IWU 2003])

Aus Bild 3-14 wird ersichtlich, dass die größten Einsparpotenziale durch die Dämmung der Gebäudewand zu erschließen sind. Gleichzeitig liegen darin die größten Hemmnisse bei den Gründerzeitbauten (Denkmalschutz) sowie bei Gebäuden mit bereits vor einigen Jahren sanierter Außenwand. Je nach Art der vorhandenen Heizungsanlage und eingesetztem Ener-

gieträger bewirken die baulichen Sanierungsmaßnahmen eine unterschiedliche Reduktion der äquivalenten CO_2-Emissionen. Beispielhaft für den Gebäudetyp GMH_F sind sie im Bild 3-15 dargestellt.

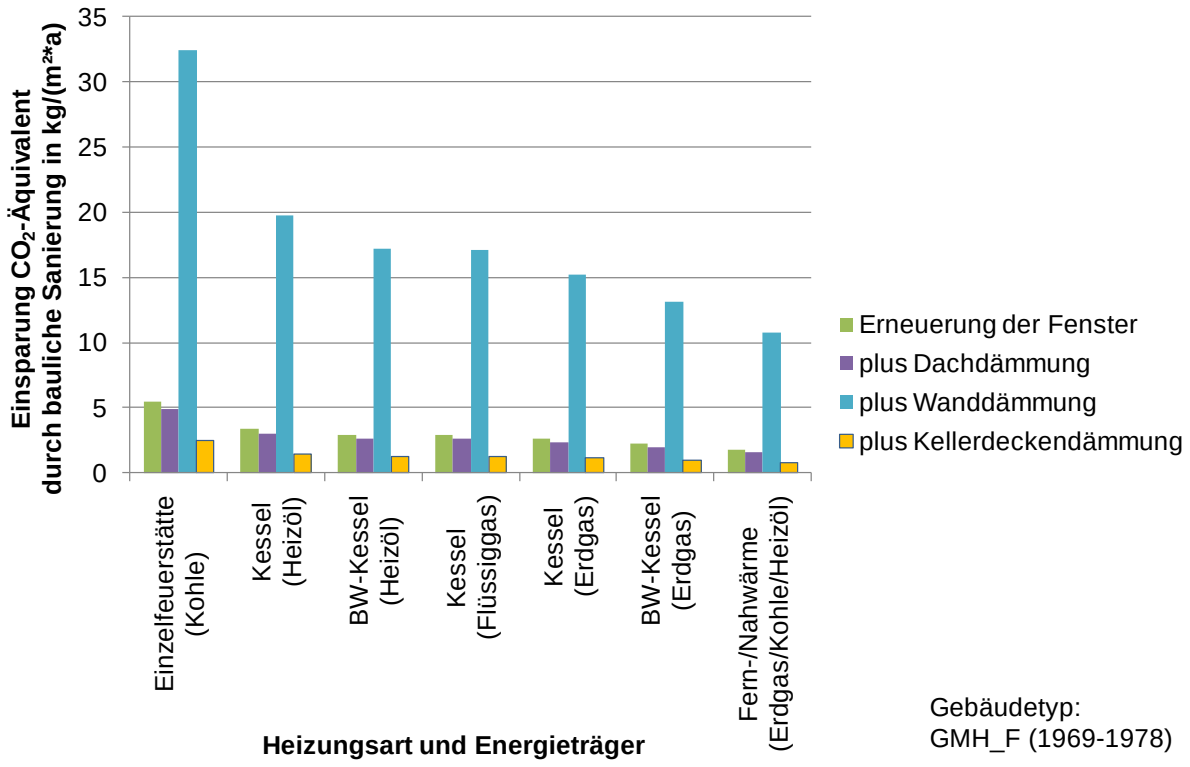


Bild 3-15: Jährliches Senkungspotenzial der äquivalenten CO_2-Emissionen bezogen auf die Wohnfläche bei baulicher Sanierung abhängig von Heizungsart und Energieträger, Gebäudetyp GMH_F (vergleichbar mit DDR-Geschosswohnungsbau ca. 1960-1980)

Die CO_2-Einsparpotenziale durch bauliche Sanierungsmaßnahmen können direkt den Emissionssenkungen durch Heizungs- und Brennstoffumstellung gegenübergestellt werden, siehe Bild 3-16. Daran wird deutlich, dass die wesentlichen Einsparpotenziale in der Ablösung von Kohle und Heizöl liegen sowie in der Dämmung der Gebäudewand. Dies gilt prinzipiell für alle Gebäudetypen. Im fernwärmeversorgten DDR-Plattenbaubestand bestehen nach den in Bild 3-15 genannten Sanierungsschritten nur geringe weitere Einsparmöglichkeiten wie z.B. eine Verstärkung der Außenwanddämmung und der Einbau einer Lüftungsanlage. Diese Maßnahmen wurden in der oben verwendeten Quelle [IWU 2003] nicht quantifiziert. Aus anderen Quellen [ebök 2004] kann eine Heizenergiebedarfssenkung durch Einbau einer Be- und Entlüftungsanlage in Höhe von 10 bis 25 kWh/(m²*a) abgeleitet werden.

Absolut betrachtet summieren sich im Wohnungsmarkt die Einsparungen durch die vollständige Ablösung von Kohle und Heizöl durch Erdgas auf ca. 70.000 t CO_2-Äquivalent pro Jahr und damit ca. 11 % der Emissionen der privaten Haushalte (ohne Verkehr und Elektroenergie). Bei Ablösung durch Fern-/ Nahwärme beträgt das Potenzial ca. 86.700 t CO_2-Äquivalent pro Jahr (ca. 13,5 %).

Die absoluten Emissionsminderungen durch bauliche Sanierung sind aufgrund der ungenauen Datenlage zum tatsächlichen baulichen Sanierungsgrad schwer abzuschätzen, werden jedoch langfristig bis 2030 im 6-stelligen Bereich liegen. Als direkter Vergleich soll hier auf die in Tabelle 3-23 aufgeführten Heizenergieeinsparungen verwiesen werden. Durch die Brennstoffumstellung ließen sich etwa 50 % bis 90 % mehr äquivalente CO_2-Emissionen vermeiden als im Trend durch bauliche Sanierung bis 2020 erwartet wird.

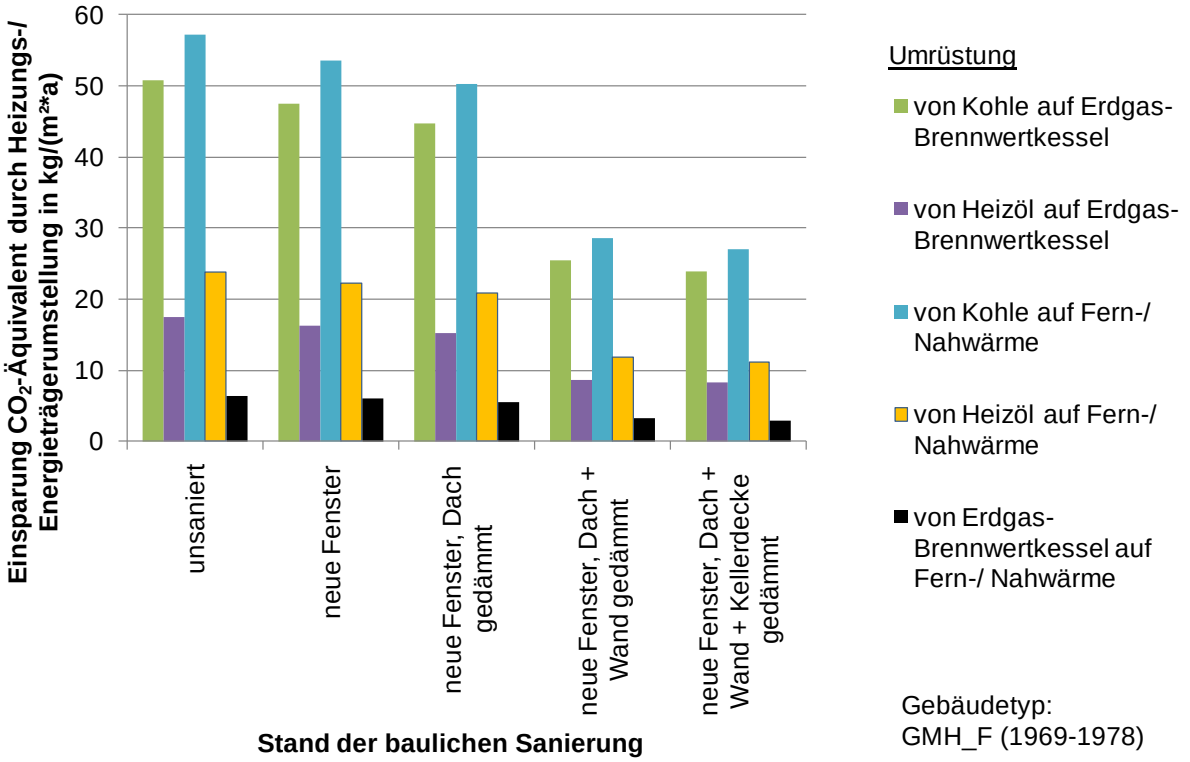


Bild 3-16: Jährliches Senkungspotenzial der äquivalenten CO_2-Emissionen bezogen auf die Wohnfläche durch Brennstoffumstellung und Kesselaustausch, Gebäudetyp GMH_F

Die gesamten Energieeinsparpotenziale durch bauliche Sanierung in Leipzig können für drei Szenarien unterschieden werden:

- Schrittweise Sanierung ausschließlich der noch unsanierten Gebäude (Trend),
- Umlaufende Sanierung aller Gebäude nach bestimmten Zeitzyklen auf den jeweils aktuell vorgeschriebenen bzw. empfohlenen Dämmstandard (Aktion),
- Zukünftige Sanierung aller Gebäude auf den Passivhausstandard (Vision).

Tabelle 3-23: Erzielbare Einsparpotenziale durch Sanierung von Wohngebäuden für unterschiedliche Szenarien und Zeiträume

	Jährliche Sanierungsrate	Einsparpotenzial Heizwärmebedarf
Trend (Gründerzeitgebäude ohne Wanddämmung)	1 %	7,0%
Aktion (Gründerzeitgebäude mit Wanddämmung) 2020	1%	9,8%
	1,5%	12,6%
	2%	15,4%

	Jährliche Sanierungsrate	Einsparpotenzial Heizwärmebedarf
Aktion (Gründerzeitgebäude mit Wanddämmung) 2030	1%	17,4%
	1,5%	24,1%
	2%	30,7%
Vision 2030	1%	20,9%
	1,5%	28,6%
	2%	36,3%
Vision 2050	1%	36,2%
	1,5%	51,6%
	2%	67,0%

Für die zwischen Ende 2008 und Eintreten der EnEV 2012 erfolgten Sanierungsmaßnahmen werden die Grenzwerte des spezifischen Heizwärmebedarfs der EnEV 2009 zuzüglich der 40 % zulässiger Überschreitung angesetzt. Der Ist-Stand 2008 entspricht den Bilanzierungen in der Projektphase 2, wobei dem gesamten Wohngebäudebestand ein mittlerer Heizwärmebedarf von 103 kWh/m²a und dem Trinkwassererwärmungsaufwand 18 kWh/m²a zugeordnet wurden.

Für das Trendszenario reicht der Bestand unsanierter Gebäude bei einer Sanierungsrate von 1 % pro Jahr bis 2020. Danach ist ohne äußeren gesetzlichen Zwang (verschärfte Vorgaben für Bestandgebäude) kein weiterer Bedarfsrückgang im Trend zu erwarten. Es wird angenommen, dass bei Sanierungen von Gründerzeitgebäuden keine Dämmung der Gebäudewand (weder Außenfassade noch Innenwand) erfolgt.

Beim Aktionsszenario wird von einer Dämmung der Gebäudewand bei Sanierung von Gründerzeitgebäuden ausgegangen. Falls eine Außendämmung nicht möglich ist, soll durch Innenwanddämmung der entsprechende energetische Einspareffekt erzielt werden. Für die Zeit ab 2020 wird als zulässiger Wärmebedarf bei Sanierung der des heutigen Passivhauses plus 40 % angesetzt. Bei Gründerzeitgebäuden wird ein mittlerer Wert von 72 kWh/m²a nach [IWU 2003] angenommen.

Beim Visionsszenario wird angenommen, dass der technische Fortschritt bei der Gebäudesanierung auch eine Senkung des Wärmebedarfs bei Gründerzeitgebäuden auf das Niveau eines Passivhauses erlaubt. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass ab 2012 alle Neubauten im Passivhausstandard und alle Sanierungen in Passivhausstandard plus 40 % erfolgen.

<u>Stand und Potenziale im Nichtwohnsektor</u>
Über Nichtwohngebäude in Leipzig liegen weniger detaillierte Daten vor. Aus dem Geoinformationssystem lässt sich die Anzahl der Gebäude abschätzen. Ein Schluss auf die Nutzfläche ist nicht möglich.

Die Nichtwohngebäude werden zum großen Teil durch den Sektor Wirtschaft genutzt, zum Teil auch durch den Sektor Gemeinbedarf. Beim Gemeinbedarf werden ähnliche Tendenzen wie im Wohnungssektor zu erwarten sein. Im Bereich Gewerbe/Handel/Dienstleistungen er-

folgen die Entwicklungen dynamischer. Der Gebäudewärmebedarf macht etwa drei Viertel des Gesamtenergiebedarfs des GHD-Sektors aus. In Leipzig ist von einem stetigen Wirtschaftswachstum auszugehen, mit dem die Erweiterung von Gebäudenutzflächen sowie Gebäudeausrüstung und Geräteausstattungen verbunden ist.

Die Sanierung spielt im Sektor Wirtschaft eine geringere Rolle als im Wohnungssektor. Alte Nutzgebäude werden nach kürzerer Lebensdauer abgerissen und neue Gebäude errichtet. Damit setzen sich höhere Energiestandards auch ohne hohen Sanierungsaufwand durch. Allerdings treffen diese Trends auf Leipzig nur bedingt zu. Neue Gebäude wurden in den vergangenen zwei Jahrzehnten bereits verstärkt erbaut. Ältere Gebäude, insbesondere aus der Zeit vor 1918, werden aufgrund des Stadtbildes bzw. Denkmalschutzes erhalten. Den größten Einfluss auf den mittleren energetischen Standard haben zusätzlich neu errichtete Gebäude.

In Anlehnung an [Prognos 2010] wird unter Berücksichtigung des Wirtschaftswachstums eine jährliche Senkung des Wärmebedarfs im Nichtwohnsektor von 0,5 % angenommen.

3.5.4 Technische Ausrüstung und Betrieb

Über die technische Gebäudeausrüstung, insbesondere die Heizungsanlagen, liegen keine detaillierten Daten für Leipzig vor. Daher wird auf die bundesweite Erhebung [IWU 2010] zurückgegriffen, um den Bestand zu beschreiben und Potenziale abzuleiten.

<u>Bereitstellung von Heizwärme und erwärmtem Trinkwasser</u>
In 77 % aller Wohngebäude erfolgt die Trinkwassererwärmung in Kombination mit der Heizung. In den restlichen Gebäuden verteilt sich die Trinkwassererwärmung auf 12 % elektrische Durchlauferhitzer, 5 % elektrische Kleinspeicher, 6 % sonstige brennstoffbasierte Trinkwassererwärmungsanlagen. Somit besitzen drei Viertel aller Gebäude Verteilleitungen für das erwärmte Trinkwasser. Von den Leitungen, die vor 1979 installiert wurden, sind 75 % bis 85 % noch nicht mit einer verbesserten Dämmung ausgestattet worden. Da etwa die Hälfte der Heizungsverteilleitungen vor 1979 erbaut wurden, kann von thermisch schlecht oder nicht gedämmten Verteilleitungen in bis zu 30 % aller Gebäude ausgegangen werden.

Durch die Zirkulation des Warmwassers in den Verteilleitungen treten kontinuierlich Wärmeverluste auf. Diese kommen dem Gebäude in der Heizsaison teilweise als Heizwärme zu Gute. In der restlichen Zeit des Jahres verursachen sie einen erhöhten Endenergiebedarf. Nach Stand der Technik sollten die Wärmeverteilverluste nicht mehr als etwa 7 kWh/m²a bezogen auf die Nutzfläche betragen. Bei älteren schlecht gedämmten Leitungen können die Verluste ein Vielfaches betragen. Hier bestehen Einsparpotenziale durch nachträgliche Dämmung der Leitungen, was je nach Verlegung sehr aufwendig sein kann. Durch spezielle Rohr-in-Rohr-Systeme können 20 bis 30 % Wärmeverlust vermieden werden. Ein dem Bedarf angepasster Betrieb der Zirkulationspumpe kann bis zu 25 % der Wärmeverluste vermeiden [TUD 2008]. Mittel- bis langfristig stellt die dezentrale elektrische Trinkwassererwärmung an der Zapfstelle oder wohnungszentral aus primärenergetischer Sicht eine Alternative dar, insbesondere bei steigendem Anteil erneuerbarer Energien im Strommix und damit sinkendem CO_2-Faktor des

Stroms [Huhn 2008]. Bei sanierten oder gut gedämmten Gebäuden mit niedrigem Heizwärmebedarf wird diese Variante bereits heute verstärkt eingesetzt.

Einsparungen an Elektroenergie sind durch den Austausch der Heizkreis- und Zirkulationsumwälzpumpen gegen hocheffiziente Umwälzpumpen zu erzielen.

Durch den hydraulischen Abgleich der Heizungs- und Trinkwarmwasserleitungsstränge und eine optimale Umwälzpumpeneinstellung sind Einsparungen an Heizwärme im Mittel von 8 kWh/m²a und Stromeinsparungen von 0,3 kWh/m²a erreichbar [Weinreuter].

Der Bedarf für erwärmtes Trinkwasser wird für die Zukunft als personenspezifisch weitgehend konstant angenommen. Änderungen können sich durch die Modifikation der Altersverteilung und der damit sich ändernden Verbrauchsgewohnheiten ergeben. Diese Effekte werden derzeit in einem sächsischen Forschungsprojekt analysiert [SMI 2010].

Kesseltypen:
Bei den Heizkesseln bzw. Thermen hat sich die Brennwerttechnik mehr und mehr durchgesetzt. Im Neubau und bei Heizungssanierung beträgt der Anteil der Brennwertgeräte ca. 90 % für Erdgas und ca. 50 % für Heizöl. Im Bestand sind es etwa 40 % bzw. 6 % [IWU 2010]. Bei der aktuellen Heizungssanierungsrate von 2,8 % (Mittelwert der Periode 2005 bis 2009) kann für 2020 von einer Durchdringung mit Brennwertgeräten bei Erdgas von 70 % sowie bei Heizöl von 25 % ausgegangen werden. Bis 2030 werden es 95 % bzw. 40 % sein. Der Anteil der Flüssiggaskessel kann vernachlässigt werden. Er beträgt etwa ein zwanzigstel der Heizölkessel, also in Leipzig vermutlich 0,5 % [IWU 2010]. Dieser Wert deckt sich mit Einschätzungen der sächsischen Bezirksschornsteinfegermeister [Schorn 2011].

Aus den steigenden Durchdringungen mit Brennwerttechnik wird eine Erhöhung der jährlichen Kesselnutzungsgrade von 86 % auf 87,5 % (2020) und 89 % (2030) abgeleitet.

In Sachsen wurden 75 % der im Jahr 2008 betriebenen Heizkessel zwischen 1990 und 1997 installiert. Daher ist in den kommenden Jahren mit einer erhöhten Kesselerneuerungsrate zu rechnen. Hierbei ließe sich der Anteil der Brennwertkessel deutlich erhöhen. Gleichzeitig könnte die Anwendung von Mikro-KWK-Anlagen in Gebäuden einen Anschub erfahren.

Be- und Entlüftung/Klimaanlagen:
Die Durchdringung von Lüftungs- und Klimaanlagen beträgt etwa 1,5 % im Wohngebäudebestand. Etwa die Hälfte davon sind Systeme mit Wärmerückgewinnung. Die Anlagen zur Kühlung/Klimatisierung machen weniger als 1 % aus. Im Altbau bis 1978 überwiegen Systeme ohne Wärmerückgewinnung (75 %), im Neubau ab 2005 verfügen über 80 % der Anlagen über eine Wärmerückgewinnung (WRG). Aufgrund der geringen Verbreitung bestehen im Wohngebäudebereich auch nur geringe Einsparpotenziale durch optimierten Betrieb der Anlagen. Heizenergieeinsparpotenziale ergeben sich vor allem in Kombination dieser Anlagen mit einer Sanierung zum Niedrigenergie- oder Passivhausstandard.

Beleuchtung

Der Stromverbrauch für die Treppenhaus- und Außenbeleuchtung liegt im Bereich 0,5 kWh/m²a, bezogen auf die Gebäudewohnfläche. Einsparungen sind durch optimierte Einstellungen des Zeitrelais und durch sensorgesteuerten Lichtbetrieb möglich.

3.6 Handlungsfeld Private Haushalte

Für einen Teil der privaten Haushalte ist das Handlungsfeld Gebäude zutreffend. Hauseigentümer können direkt Einfluss auf die bauliche Hülle sowie die Anlagentechnik der Gebäudeenergieversorgung und deren Betriebsweise ausüben. Die damit verbundenen Potenziale wurden bereits im Abschnitt 3.5 dargestellt.

Die weiteren Einflussbereiche der privaten Haushalte betreffen:

- energiebewusstes Verhalten (Heizungs- und Lüftungsverhalten),
- Ausstattungsgrad mit Haushaltsgeräten,
- Konsum,
- Freizeitgestaltung,
- Verkehrsmittelwahl.

Die Verkehrsmittelwahl wird thematisch im Abschnitt 4.4 behandelt.

Konsum und Freizeitgestaltung

Das Konsumverhalten und die Freizeitgestaltung wirken sich durch ihren Nachfrageeffekt auf das Angebot an Dienstleistungen und Produkten dieses Bereichs aus. Der Energieverbrauch und die klimarelevanten Emissionen von sämtlichen Konsumprodukten entstehen nicht nur lokal im Bilanzraum Leipzig. In der Bilanzierung von kommunalen Energie- und Klimaschutzkonzepten wird der Konsum nicht separat betrachtet und kann somit bei der Fortschreibung und Evaluierung des Konzeptes auch nicht weiterverfolgt werden. Trotzdem besteht aus globaler Sicht ein großes Potenzial zur Senkung von Energieverbrauch und Emissionen durch nachhaltiges Konsumverhalten. Außer der Auswahl von Reisezielen und der Anschaffung von Konsumartikeln mit hohem Energie- und Rohstoffaufwand und ggf. geringer Lebensdauer sind hier vor allem auch die Ernährungsgewohnheiten zu nennen. Angemessener Konsum von Fleisch sowie Nahungsmitteln, die hohe Transportaufwendungen und Energieaufwendungen bei der Herstellung benötigen, ist ein Ansatzpunkt für praktizierten Klimaschutz auf persönlicher Ebene.

Als weiterer grundlegender Einfluss ist der Anspruch auf Wohnraum zu erwähnen. Seit 1990 ist die spezifische Wohnfläche je Einwohner um 28 % gestiegen. Im den vergangenen 10 Jahren stabilisierte sich dieser Kennwert und wird für die Zukunft als konstant angenommen. Diese Kenngröße wird durch den Wohnungsleerstand, die Prosperität der Bevölkerung und die soziodemografische Entwicklung beeinflusst.

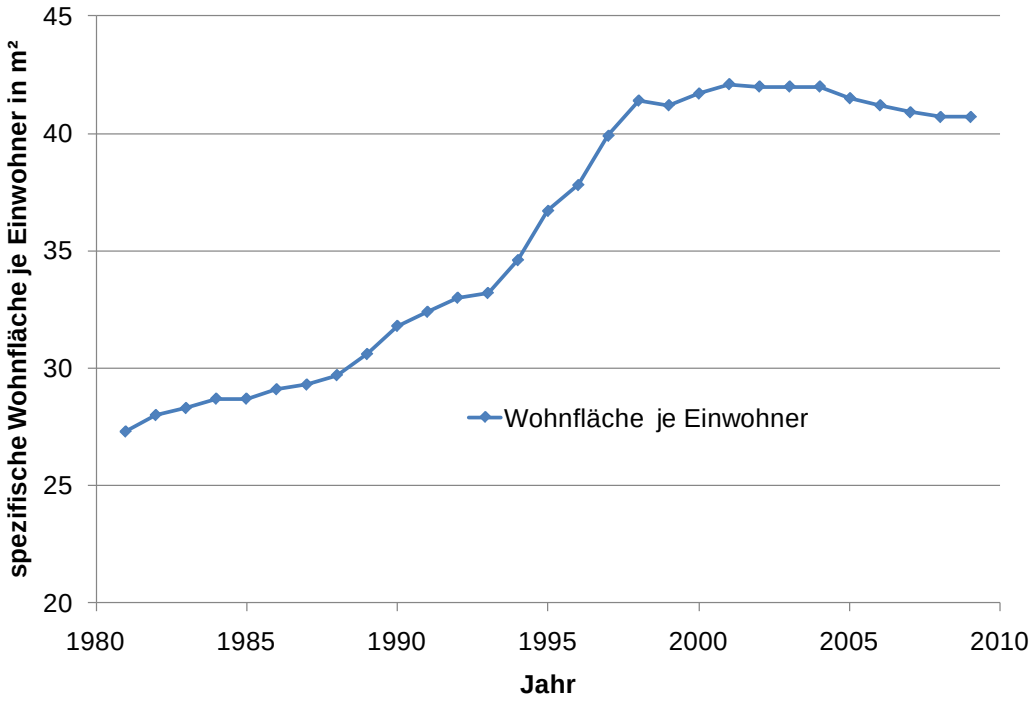


Bild 3-17: Entwicklung der spezifischen Wohnfläche je Einwohner von 1981 bis 2009 (Datenquelle: Statistisches Jahrbuch Leipzig 2010)

<u>Energiebewusstes Verhalten</u>

Neben den nicht nutzungsbedingten Faktoren zum Energiebedarf eines Gebäudes (Sanierungsstand, Außentemperaturen etc.) gibt es die personenabhängigen Faktoren. Dazu gehören neben der Belegungsdichte (Anzahl Bewohner) und der Belegungsdauer (Berufstätig, Rentnerhaushalt, etc.) auch das spezifische Nutzerverhalten des einzelnen. Vor allem in bereits energetisch optimierten Gebäuden stellt das Nutzerverhalten das wichtigste Einsparpotenzial. In [IWU 2009] werden bezüglich des Heizenergiebedarfes in Wohngebäuden verhaltensbezogene Einsparpotenziale von bis zu 25 % angegeben. Das am häufigsten zu vermeidende Fehlverhalten ergab sich aus der falschen Lüftung und zu hohen Raumtemperaturen. Hierbei ist zu erwähnen, dass das Komfortbefinden von Person zu Person jedoch unterschiedlich ausgeprägt ist.

Die Einsparmöglichkeiten beim Stromverbrauch in den Haushalten durch ein verändertes Nutzerverhalten werden in [IWU 2009] in Höhe von bis zu 15 % angegeben. Andere zitierte Quellen in [IWU 2009] gehen von 5 bis 30 % Einsparpotenzial aus. Auf Basis des in Phase 2 ermittelten Ist-Standes des Energiebedarfes der Haushalte wird das absolute Potenzial quantifiziert. Es wird angenommen, dass dieses Potenzial im Trendszenario nicht erschlossen wird.

Tabelle 3-24: Einsparpotenziale durch Nutzerverhalten in privaten Haushalten

		Strom	Wärme
Haushalte IST-Stand	[GWh/a]	585,9	2.158,8
Einsparpotenzial relativ	[%]	5% bis 15 %	25%
Einsparpotenziale absolut	[GWh/a]	29,3 bis 87,9	539,7

Für die Umsetzbarkeit dieser verhaltensabhängigen Potenziale ist ein hoher Aufwand an Aufklärungsarbeit und Informationsbereitstellung erforderlich, da davon ausgegangen werden kann, dass die Wissensstände zu den Einsparmöglichkeiten nicht in allen Bevölkerungsschichten den benötigten Umfang besitzen. Desweitern ist davon auszugehen, dass das Wissen um Fehlverhalten durchaus vorhanden ist, die Bequemlichkeit mancher Bürger jedoch überwiegt. Vorteilhaft kann die Einführung von Smart Metern zur transparenten Verbrauchskontrolle sein. Aber auch hier muss sich in Zukunft zeigen, ob alle Endverbrauchergruppen diese technische Möglichkeit auch aktiv nutzen.

Zu erwarten ist, dass sich ein Teil dieses Potenzials im Laufe der Zeit erschließen lässt.

<u>Effiziente Geräte</u>
Ein erheblicher Antrieb zum Austausch von Altgeräten durch neue effiziente Haushaltsgeräte in den Privathaushalten entsteht durch die zukünftig steigenden Energiekosten. Es ist jedoch auch damit zu rechnen, dass durch die zunehmende Technisierung der absolute Energieverbrauch in den Privathaushalten trotz verbesserter Energieeffizienz konstant bleibt.

Bezüglich des Stromverbrauches der privaten Haushalte beziffert [IWU 2009] die Einsparpotenziale mit bis zu 30 %. Hierbei wird von Ersatz- oder Neuanschaffungen ausgegangen, welche einen wirtschaftlichen Gewinn versprechen.

In Anlehnung an [Klobasa 2007] wurde das Energieeinsparpotenzial bei Austausch alter Haushaltsgeräte durch neue Geräte mit Energieeffizienzklasse A bzw. je nach Verfügbarkeit A+ oder A++ abgeschätzt. Die Hochrechnung auf das theoretische Gesamtpotenzial in Leipzig erfolgte auf Basis des Marktdurchdringungsgrades, der Anzahl der Wohnungen in Leipzig sowie dem aktuellen durchschnittlichen Stromverbrauch pro Haushalt. Der Grad der bisherigen Durchdringung der Haushalte mit neuen Geräten ist nicht bekannt. Ausgehend von einer mittleren Nutzungsdauer aller Geräte von 15 Jahre und jährliche Austauschrate von etwa 7 % wurde angenommen, dass bereits die Hälfte aller alten Geräte ausgetauscht sind und sich das restliche Potenzial bis 2020 erschließen lässt. Damit ergibt sich ein Gesamteinsparpotenzial nach vollständigem Altgeräteaustausch in Höhe von 77,6 GWh pro Jahr.

Tabelle 3-25: Energieeinsparpotenzial bei Austausch alter Haushaltsgeräte durch neue Geräte mit Energieeffizienzklasse A (Quelle: eigene Berechnungen nach [Klobasa 2007])

	relatives Einsparpotenzial je Gerät	Geschätztes Gesamtpotenzial in GWh/a
Beleuchtung	64%	19,6
Kühlschrank	57%	18,3
Gefriergerät	44%	14,3
Elektroherd	8%	2,7
Waschmaschine	33%	5,2
Wäschetrockner	29%	3,0
Geschirrspüler	26%	3,1
TV, Audio, Video, PC	20%	7,1
sonstige Geräte	5%	4,5
Strom gesamt	**24%**	**77,6**

Bereits heute sind Geräte der Effizienzklassen A+ und A++ erhältlich. Aufgrund des oft höheren Preises geht KEMA nicht davon aus, dass bei Neuanschaffung generell die höchste verfügbare Effizienz gewählt wird.

Bei PC-Technik gibt es keine Effizienzklassen wie bei Haushaltgeräte. Hier zeigen „Blauer Engel“ oder „Energy Star“ an, ob es sich um ein effizientes Gerät handelt. Laut [UBA 2009] spart ein sehr effizienter PC spart gegenüber einem ineffizienten Gerät zwischen 50 und 70 Prozent Strom. Besonders hohen Stromverbrauch weisen Multimedia-PC und Gamer-PC auf. Hier kann sich der Trend der Freizeitbeschäftigung der jungen Bevölkerung trotz effizienter Geräte in einem deutlichen Anstieg des Haushaltsstrombedarfs widerspiegeln.

Da die technische Entwicklung ständig fortschreitet und von politischer Seite hohe Vorgaben an die Energieeffizienz gestellt werden, wird eine kontinuierliche Senkung der Energieverbrauchswerte der jeweils aktuell im Handel verfügbaren Geräte angenommen und eine Effizienzsteigerungsrate von 1 % pro Jahr auch für den Zeitraum 2020 bis 2030 festgesetzt.

<u>Ausstattungsgrad mit Haushaltsgeräten</u>
Den Einsparungen durch effiziente Geräte stehen zusätzliche Energieverbräuche durch die erhöhte Durchdringung der Haushalte mit Elektrogeräten gegenüber. Es wird folgende Entwicklung des Durchdringungsgrades der Haushalte mit Elektrogeräten angenommen.

Tabelle 3-26: Annahmen zur Entwicklung des Durchdringungsgrades der Haushalte mit Elektrogeräten (Quelle: eigene Berechnungen, Jahr 2008 nach [Klobasa 2007])

	2008	2020	2030
Beleuchtung	100%	100%	100%
Kühlschrank	99%	100%	100%
Gefriergerät	75%	85%	95%
Elektroherd	83%	85%	90%
Waschmaschine	95%	97%	99%
Wäschetrockner	34%	45%	60%
Geschirrspüler	52%	70%	80%
TV, Audio, Video, PC	130%	150%	170%
sonstige Geräte	100%	100%	100%

Werte über 100 % bedeuten, dass nicht nur ein Gerät in den Haushalten vorhanden ist. Der Mehrverbrauch durch die zusätzlichen Geräte liegt in einer Größenordnung von 0,4 % pro Jahr. Diese Entwicklung wird als Trend angesehen.

Die Ausstattung mit Haushaltsgeräten wird durch die sozioökonomische Entwicklung beeinflusst. Weiterhin bestehen Wechselwirkungen mit der Wohnraumsituation, z.B. in Bezug auf geeignete Flächen und Räume zum Wäschetrocknen, die einer verstärkten Durchdringung von Wäschetrocknern entgegenwirken. Diese Einzeleffekte wurden hier nicht modelliert.

In dem bereits in Abschnitt 2.4.4 erwähnten deutschlandweiten Szenario [Prognos 2010] wird eine Reduktion des Haushaltsstrombedarfs von 12 % bis 2020 und 23 % bis 2030 angegeben. Für 2050 geht diese Studie von einer Verbrauchssenkung auf 55 % des heutigen Bedarfs aus.

3.7 Handlungsfeld Wirtschaft

3.7.1 Entwicklung des Sektors

Eine strikte Aufteilung in Gewerbe/Handel/Dienstleistung sowie Industrie wurde aufgrund der mäßigen Datengrundlage spezifischer Kennzahlen zu den Branchen und schlechter Übereinstimmung mit den vorliegenden Energieabsatzdaten der Netzbetreiber nicht vorgenommen.

Hauptschwerpunkte in der Wirtschaft in Leipzig sind die Automobilindustrie samt den Zuliefergewerben (Maschinenbau, Metallbe- und -verarbeitung, elektronische Industrie) und das Verlags- und Druckereigewerbe. Weiterhin entwickelt sich Leipzig als Logistikstandort weiter und verfügt über zahlreiche Forschungsinstitute.

Der Energiebedarf des Sektors Gewerbe/Handel/Dienstleistung ist von der wirtschaftlichen Gesamtentwicklung sowie der Steigerung der Energieproduktivität abhängig. Weiterhin haben stadtplanerische Randbedingungen wie die Entwicklung von Gewerbegebieten und

Stadtteilzentren Auswirkungen auf die Ansiedlung von Wirtschaftsunternehmen sowie die Ausweitung von Verkaufsflächen in der Stadt.

Da die Entwicklung der Wirtschaft in der Stadt von großer finanzieller Bedeutung ist, stehen energetische Belange bei der Standortentwicklung selten im Vordergrund. Durch die gezielte konzentrierte Ansiedlung von Wirtschaftsunternehmen mit hohem Wärmebedarf können günstige Voraussetzungen für die Errichtung von Nahwärmenetzen mit Kraft-Wärme-Kopplung sowie die Nutzung von Abwärmemengen geschaffen werden.

Eine Hochrechnung der aktuellen Energieverbrauchswerte des Sektors Wirtschaft auf Basis spezifischer Energiekennzahlen, Unternehmensklassen und Beschäftigtenzahlen zeigte sich als sehr unsicher. Daher wurde der Energieverbrauch dieses Sektors aus der städtischen Gesamtenergiebilanz ermittelt und die zukünftige Entwicklung anhang der bisherigen Trends von spezifischem Bruttoinlandsprodukt und der Prognose zur Einwohnerentwicklung fortgeschrieben.

3.7.2 Potenziale

Die wesentlichen Einsparpotenziale liegen in der Senkung des Raumwärmebedarfs, des Stromverbrauchs der Beleuchtung und der Nutzung anfallender Abwärme zur Raumheizung. Die Kreisdiagramme in Bild 3-19 und Bild 3-20 zeigen den derzeitigen Einsatz von Brennstoffen und Strom im GHD-Sektor. Durch den Zubau neuer Standorte nach aktuellen Dämmvorschriften wird sich der Anteil des Raumwärmebedarfs am Gesamtbedarf reduzieren. Bei der Beleuchtung sind nach Angaben von [Novalux 2011] bis zu 40 % Einsparpotenzial vorhanden. Die Nutzung von Abwärme sollte vordergründig für die Branchen Bäder, Backgewerbe, Wäschereien und Gartenbau sowie Gießereien in Einzelmaßnahmen untersucht werden.

In einem Pilotprojekt der Sächsischen Energieagentur wurden beispielhaft für 20 sächsische Unternehmen aus verschiedensten Branchen technisch-wirtschaftlich realisierbare Energieeinsparpotenziale in Höhe von 9,8 % beim Wärmeverbrauch und 20,7 % beim Stromverbrauch ermittelt [Saena 2008].

Der steigende Ausbau von Verkaufsflächen, insbesondere größere Kaufcenter in der Innenstadt und in Stadtteilzentren wird bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der vorhanden Endverbrauchermärkte in den äußeren Ortsteilen zu absolut erhöhtem Energiebedarf führen.

Einen starken Anstieg wird der Energiebedarf für Lüftung und Klimatisierung erfahren. Bisher sind diese Anlagen hauptsächlich in Krankenhäusern (75 %) verbreitet. In den sonstigen Branchen beträgt die gesamte Durchdringung etwa 10 %. Aufgrund zunehmender sommerlicher Hitzeperioden, steigenden Komfortansprüchen sowie bei verstärktem Einsatz von Hochtechnologien wird der Bedarf an Lüftung und Klimatisierung steigen. Gesetze und EU-Richtlinien zum verbesserten sommerlichen Wärmeschutz bei Neubau und Sanierung können diese Trendentwicklung dämpfen, jedoch ist erst bei Einführung von Zwangsmaßnahmen im Gebäudebestand mit signifikant positiven Einflüssen auf den Kühlbedarf zu rechnen.

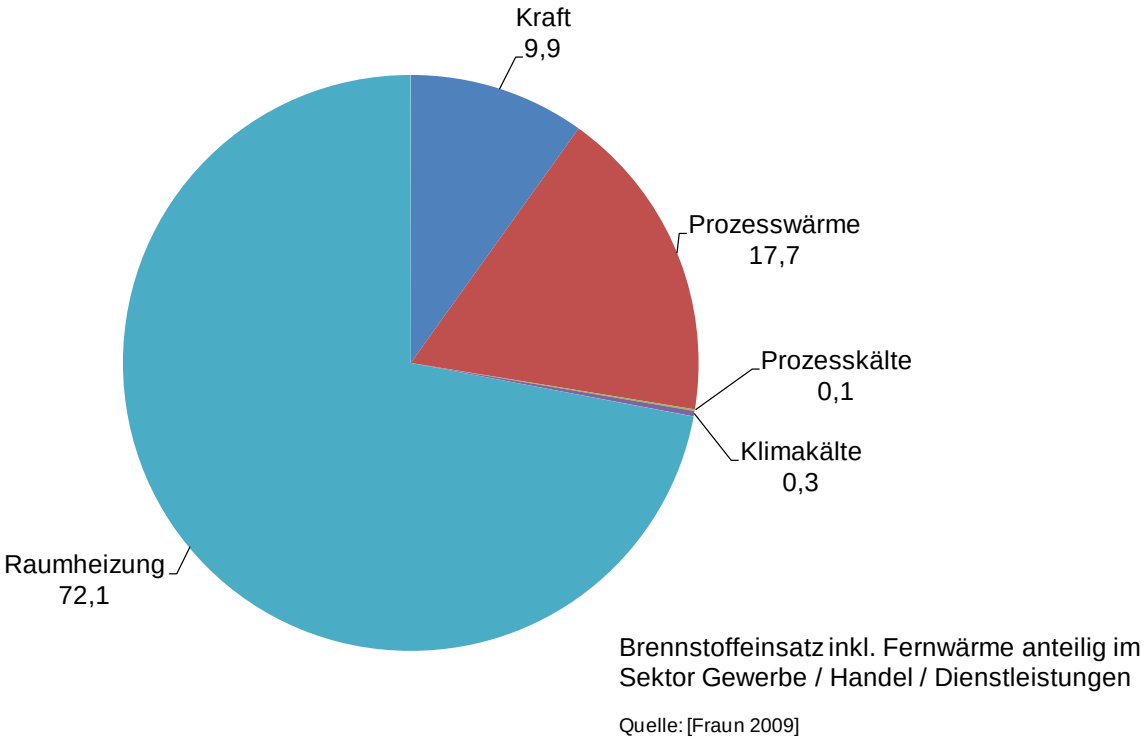


Bild 3-18: Verteilung des Brennstoffeinsatzes im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung (Datenquelle: [Fraun 2009])

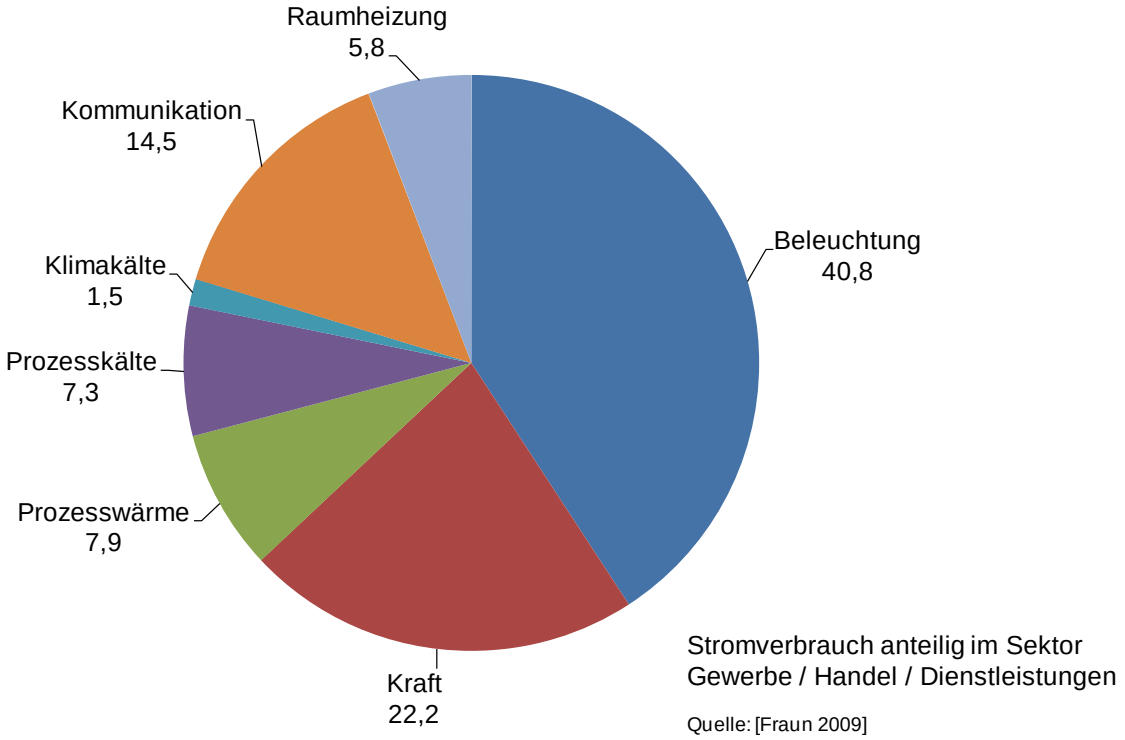


Bild 3-19: Verteilung des Stromeinsatzes im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung (Datenquelle: [Fraun 2009])

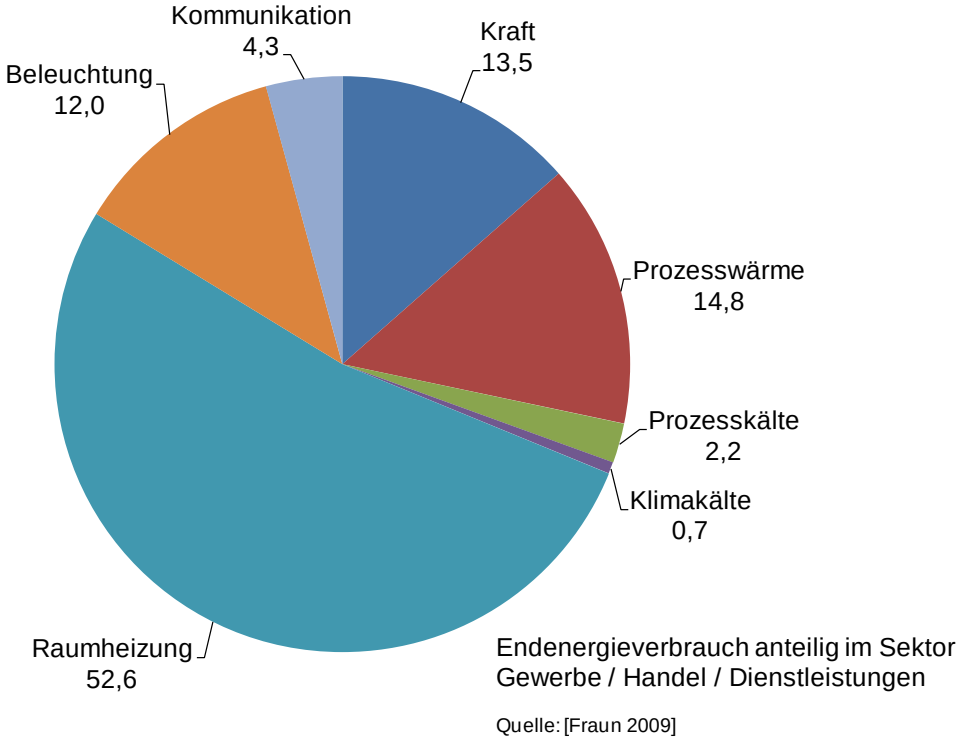


Bild 3-20: Verteilung des Endenergieeinsatzes im Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistung (Datenquelle: [Fraun 2009])

3.7.3 Randbedingungen für die Umsetzung

Bezüglich der Umsetzung von Energieeinspar- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen in der Wirtschaft wurde der Energieverantwortliche der IHK Leipzig konsultiert [Fiedler 2011]. Die IHK bietet Beratungen für Unternehmen an, erhält jedoch keine direkte Rückmeldung über die Umsetzung von Maßnahmen. Aus Erfahrung wird eingeschätzt, dass die Unternehmen meist aus wirtschaftlichem Eigeninteresse handeln. Die Umsetzung ist jedoch abhängig von:

- der voraussichtlichen Amortisationszeit (möglichst maximal 2-3 Jahre),
- der Freiheit der Entscheidung im Unternehmen (z. B. Zuständigkeiten zwischen technischer und kaufmännischer Abteilung, Abhängigkeit von Mutterkonzern),
- zentralen Vorgaben zum Erscheinungsbild und der Werbewirksamkeit (Autohäuser, beleuchtete Schaufenster),

Kaum Einfluss hat die Lage Leipzig in den Neuen Bundesländern. Außer bei kleinen Familienunternehmen (dort generell) stellt der verfügbare Investitionsspielraum selten ein Ausschlusskriterium dar. Meist sind die Investitionen vom Willen und der (kurzfristigen) Wirtschaftlichkeit abhängig.

4 Defizit- und Potenzialanalyse Verkehr

4.1 Zielstellung der Potenzialbetrachtungen

Durch die Potenzialbetrachtungen sollen die einzelnen Handlungsfelder einer ersten Untersuchung unterzogen werden, um die jeweils möglichen Effekte darstellen und bewerten zu können. Dazu werden Annahmen getroffen, die als grundsätzlich möglich einzustufen sind und die klimatische- und energetische Wirkung aufgezeigt. Durch die Wirkungsbeschreibung kann im nächsten Schritt bei der Entwicklung der Aktionsszenarien hinsichtlich der Vorgaben in den einzelnen Handlungsfeldern effektiv und zielführend gearbeitet werden.

Als Referenz zur Beschreibung der Wirkungen der einzelnen Handlungsfelder wurden die ebenfalls berechneten Trendwerte für jeweils 2020 und 2030 angesetzt. Somit sind die Maßnahmeneffekte von „normalen“ technischen und demographischen Entwicklungen weitestgehend bereinigt und es wird nur die tatsächliche Wirkung aufgezeigt. Auch das „Gewicht“ der Maßnahme wird deutlich, da der Vergleich im Kontext mit der Gesamtbelastung des Teilbereichs des Verkehrs die tatsächlichen Wirkungen belegt.

4.2 Vorbemerkungen zu Schwierigkeiten bei der Entwicklung von Maßnahmen im Verkehrsbereich

4.2.1 Kommunale Einflussmöglichkeiten im Kontext der Verkehrsentwicklung

Gerade im Bereich Verkehr stellen sich die kommunalen Einflussmöglichkeiten auf eine nachhaltige Verkehrsentwicklung begrenzt dar. Dies liegt vor allem an den begrenzten Steuerungsmöglichkeiten gerade in Hinblick auf die wohl wichtigste Einflussgröße im Bereich des Straßenverkehrs: der Kostenstruktur.

Einflussmöglichkeiten auf die Kostenstruktur

Diese setzt sich im Kfz-Bereich aus mehreren Komponenten zusammen. Im MIV sind neben dem Kaufpreis für ein Kfz dessen Steuern und Versicherungen zu bezahlen, im Betrieb fallen finanzielle Aufwendungen für Kraftstoffe, Wartung und Parkmöglichkeiten an. Weiterhin sind durch den Wertverlust von Fahrzeugen idealerweise Rücklagen zu bilden, die beim Kauf eines neuen Fahrzeuges neben dem Erlös für den alten Wagen eingesetzt werden können.

Im Wirtschaftsverkehr kommt zu den genannten Aufwendungen gerade im Fernverkehr noch eine Straßenbenutzungsgebühr in Form der „Lkw-Maut“ auf Autobahnen und stark frequentierten Bundesstraßen hinzu. Die Gebühr muss auf den entsprechenden Strecken seit 2005 für alle Fahrzeuge mit einem Gesamtgewicht von mehr als 12 t entrichtet werden[2].

Zielstellung der Einführung einer Straßennutzungsgebühr war auch, Lkw aus dem Ausland stärker an den Kosten für Bau und Unterhalt der deutschen Verkehrsinfrastruktur zu beteiligen. Insbesondere aufgrund der Lage Deutschlands innerhalb der EU ist ein hoher Anteil an

[2] Von der Mautpflicht ausgenommen sind nach § 1 Abs. 2 Autobahnmautgesetz Kraftomnibusse und Fahrzeuge der Streitkräfte, der Polizei, der Feuerwehr, der Notdienste, des Bundes, des Zivil- und Katastrophenschutzes, des Straßenunterhaltungs- und Straßenbetriebsdienstes einschließlich Straßenreinigung und Winterdienst, des Schausteller- und Zirkusgewerbes, des humanitären Hilfsgütertransportes.

Transitverkehren zu verzeichnen. Bis zur Einführung der Maut war eine Beteiligung ausländischer Transportfahrzeuge nur indirekt über die Einnahmen aus den Abgaben zum Kraftstoffpreis (Mehrwertsteuer und Energiesteuer) möglich. Durch ein Betanken der Fahrzeuge im Ausland konnten diese Abgaben jedoch umgangen werden.

Generell stellt sich im Bereich des motorisierten Verkehrs die Problemstellung, dass keine „Kostenechtheit" besteht, also externe Effekte des Verkehrs nicht auf die Nutzer umgelegt werden. So werden die negativen Folgen des Verkehrs für die Schutzgüter Mensch und Umwelt (vor allem gesundheitlich und klimatisch relevante Emissionen, Landschaftsverbrauch) und die Infrastruktur nicht oder nur teilweise preislich kompensiert.

Auch im „Weißbuch europäischen Verkehrspolitik bis 2010" wurde festgestellt, dass „eine nachhaltige Verkehrspolitik (…) die vollständige Internalisierung der sozialen und Umweltkosten"[3] fördern sollte. Dazu ist es notwendig „die derzeit dem Verkehrssystem auferlegten Steuern schrittweise durch Instrumente zu ersetzen, die die Infrastrukturkosten und die externen Kosten am wirksamsten internalisieren". Die EU sieht hier vor allem die Kraftstoffbesteuerung als Handlungsmöglichkeit als zielführend hinsichtlich der klimarelevanten Emissionen an. Die Tarifierung der Infrastrukturnutzung (z. B. LKW-Maut), ist aus Sicht der EU besonders zur Regelung der Stauprobleme und Verringerung anderer Umweltbelastungen geeignet.

Tatsächlich kann über entsprechende Kostenstrukturen erheblicher Einfluss auf die Nutzung genommen werden. Entsprechende Ansätze zur Forcierung umweltfreundlicherer Fortbewegung bestehen aktuell bereits durch die unterschiedliche Besteuerung nach spezifischen Schadstoffemissionen und Kohlendioxidemissionen der Fahrzeuge. Auch die Staffelung der Mautabgaben in Deutschland in Abhängigkeit von Emissionen ist ein Schritt in Richtung der Internationalisierung externer Kosten und der Schaffung von Anreizen für die Nutzung von modernen, schadstoffarmen und klimafreundlicheren Fahrzeugen.

Allerdings sind gerade im Bereich der individuellen Mobilität entsprechende Ansätze rar. Die bloße differenzierte Besteuerung auf Grundlage von Emissionsklassen schafft zwar den Anreiz, emissionsarme Fahrzeuge zu erwerben, das tatsächliche Nutzungsverhalten wird aber nicht geändert. Hier spielt auch die Wahrnehmbarkeit von Kosten eine Rolle: während die Steuer in der Regel nur einmal im Jahr gezahlt wird, müssen Verbrauchskosten in Abhängigkeit der Fahrtenhäufigkeit und Wegelängen beglichen werden. Der Nutzer nimmt demnach eben diese häufigen Zahlungen eher als Belastung war.

Da jeder Kraftfahrer selbst durch Fahrweise, Mobilitätsverhalten und genutztes Kfz Einfluss auf den Verbrauch nehmen kann, hat das Preisniveau der Treibstoffe einen erheblichen Einfluss hinsichtlich der entsprechenden Motivation.

[3] Vgl.: Kommission der europäischen Gemeinschaften: „Weißbuch – Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichestellung für die Zukunft", Brüssel 2001, S. 83

Auch in Hinblick auf einen weiteren Aspekt im Sinne der Nachhaltigkeit macht die Sparsamkeit im Umgang mit Kraftstoffen Sinn. So ist die Ressource Erdöl, der Grundstoff des Straßenverkehrs, endlich. Dem gegenüber steht eine erhöhte Nachfrage nach Kfz und Treibstoffen aus wirtschaftlich erstarkenden aber auch sehr einwohnerreichen Schwellenländern wie China und Indien, so dass ein fortwährender Anstieg der Nachfrage nach Erdöl zu verzeichnen ist. Durch diese Verknappung des Gutes einerseits und einer Erhöhung der Nachfrage andererseits wird es demnach zu einer zunehmenden Preissteigerung kommen, welche sich auf den Verkehrssektor auswirkt.

Im Bereich des Wirtschaftsverkehrs sind die Einflussmöglichkeiten einer Steuerung mittels Kostenstrukturen sogar noch größer, da sich gerade logistikintensive Unternehmen sehr sensibel gegenüber dem Faktor Transportpreis verhalten. Es kann davon ausgegangen werden, dass Entscheidungsprozesse hinsichtlich Fahrtenhäufigkeit, Auslastung und Fahrzeugflotte bei steigenden Preisen rational und optimiert ablaufen. Im Sinne des Klimaschutzes kann durch die weitere emissionsabhängige Mautgestaltung und eine erhöhte Besteuerung von Diesel entsprechend Einfluss genommen werden.

Auch wenn die EU die Wichtigkeit der Steuerungsmöglichkeiten durch CO_2-abhängige Steuern, Mautsysteme und einem einheitlichen Vorgehen bei der Besteuerung von Kraftstoffen erkannt hat, so ist ein abgestimmtes Verhalten innerhalb der Mitgliedsstaaten derzeit nicht zu erkennen. So konnte Deutschland sich beispielsweise dafür einsetzen, dass in der Revision der Eurovignettenrichtlinie[4] die ursprünglich vorgesehene Bemautung von „gewerblichen Güterkraftverkehrs über 3,5 t“ auch „die Möglichkeit einer ausschließlichen Bemautung schwerer Lkw über 12 t“ erfolgen kann, wenn “bestimmte Ausnahmetatbestände erfüllt werden“[5].

Auch die Einführung einer Pkw-Maut, die sich im Sinne einer Erhöhung der Kostenechtheit des Pkw-Verkehrs streckenabhängig auf die Nutzer umgeschlagen würde, ist trotz fortwährender Diskussion gegenwärtig nicht geplant.

Einflussmöglichkeiten auf die Effizienzsteigerung in der Fahrzeugflotte

Als wesentlicher Beitrag zu einer klimafreundlicheren Verkehrsgestaltung kann die technische Optimierung von Fahrzeugen unter Verbrauchsaspekten gesehen werden. Auf entsprechende Entwicklungen versucht auch die EU einzuwirken. Eine Maßnahme sollte dazu die Vorgabe von CO_2-Emissionen sein, die durch Neuwagen der jeweiligen Fahrzeugflotte der Hersteller eingehalten werden muss. Mehrere entsprechende Versuche einer Initiierung wurden durch Selbstverpflichtungen der Automobilhersteller vermieden.

Seit 2009 ist mit der Verordnung 443/2009 eine Senkung des Emissionsdurchschnitts von Neuwagen auf 130 Gramm CO_2 pro Kilometer bis 2012 festgelegt. Ab 2020 muss dieser Wert auf 95 Gramm CO_2 pro Kilometer gesenkt werden. Die Angaben beziehen sich auf die

[4] Vgl. Richtlinie 2006/38/EG des europäischen Parlamentes und Rates vom 17. Mai 2006 zur Änderung der Richtlinie 1999/62/EG über die Erhebung von Gebühren für die Benutzung bestimmter Verkehrswege durch schwere Nutzfahrzeuge

[5] Vgl.: Information des BMU zur Lkw-Maut (Stand April 2009), abrufbar unter http://www.bmu.de/verkehr/gueterverkehr/lkw-maut/doc/4379.php

gesamte Flotte eines Herstellers, wobei eine stufenweise Anrechnung der neuen Kraftfahrzeuge erfolgt.

Wichtigste Zielstellung der Automobilherstellung muss sein, gerade in größeren Fahrzeugklassen für eine Minderung der Emissionen zu sorgen, um die Nachfrage nach entsprechenden Modellen mit per se höheren Verbrauchswerten in Einklang mit den Vorgaben der EU zu bekommen.

Einflussmöglichkeiten auf die Geschwindigkeitsvorgaben auf Autobahnen

Auf dem Leipziger Stadtgebiet und damit auch im Gebietsumgriff der verkehrlichen Bilanzierungen befinden sich mehrere Abschnitte von Bundesautobahnen. Diese sind, je nach Alter und Ausbaustandard, hinsichtlich der Geschwindigkeiten entsprechend der deutschen Regelungen zum Tempolimit auf 130 km/h „Richtgeschwindigkeit“ beschränkt, so dass zumindest von Pkw höhere Geschwindigkeiten gefahren werden können.

Generell bestehen in Deutschland seit Jahrzehnten Diskussionen um eine generelle Beschränkung der Geschwindigkeit auf Autobahnen, in der neben Aspekten wie einer Erhöhung der Verkehrssicherheit auch klimatische Effekte als Argument dienen. So sind nach Angaben des Verkehrsclub Deutschland (VCD) jährlich auf deutschen Autobahnen 3,4 Millionen Tonnen CO_2 einsparen, wenn das zulässige Tempo auf 120 km/h gesenkt würde[6]. Als indirekter Effekt wird weiterhin angeführt, dass eine Verringerung der maximal möglichen zu fahrenden Geschwindigkeiten dazu führt, dass sich auch die Fahrzeugflotte hin zu schwächer motorisierten Kfz verschiebt.

Ein generelles Tempolimit ist trotz dieser Argumente gegenwärtig nicht absehbar. Die abschnittsweise Ausweisung von Geschwindigkeitsbegrenzungen, die von Kommunen beispielsweise in Hinblick auf eine bessere Klimabilanz oder zur Erhöhung des Lärmschutzes gefordert wird, hat nur äußerst geringe Erfolgsaussichten, da die Bundesrepublik Deutschland als Baulastträger für den Bau und Betrieb von Autobahnen verantwortlich ist und bei Einhaltung aller gesetzlichen Vorgaben entsprechende Forderungen abschlägig beantwortet werden.

4.2.2 Räumliche Abgrenzung der Maßnahmeneffekte

Auch hinsichtlich der räumlichen Abgrenzung bei der Entwicklung und Wirksamkeitsbewertung von Maßnahmen ist von Belang, dass eine Minderung von klimawirksamen Emissionen nicht auf bestimmte lokale Bereiche beschränkt zu sehen ist. Vielmehr befindet sich die Stadt Leipzig in einer Wechselwirkung zum regionalen Umfeld (Berufs-Ein- und Auspendler, Einkaufs-Ein- und Auspendler, …) sowie auch zu nationalen und internationalen Zielen, zwischen bzw. von und zu denen Wege durch Leipzig zurückgelegt werden.

Auch wenn das Energie- und Klimaschutzkonzept somit hauptsächlich für die Stadt Leipzig erstellt werden soll, wirken die Maßnahmen zum Teil auch außerhalb des Stadtgebietes.

[6] Vgl.: Pressemeldung des VCD: “Tempolimit für mehr Klimaschutz und Sicherheit“, abrufbar unter http://www.vcd.org/tempolimit.html (Abruf Februar 2011)

Demnach bildet die Bilanzierung entsprechend dem Inlandskonzept zwar vornehmlich die Minderungseffekte innerhalb des Stadtgebietes ab, eine Klimawirksamkeit kann bei Maßnahmen, die Einfluss auf die Stadt-Umland-Beziehung nehmen, jedoch auch über die Stadtgrenzen hinaus konstatiert werden. Auch wenn diese Wirkung aufgrund des festgelegten Bilanzierungsverfahrens nicht ausgewiesen werden kann, so soll doch auf diesen Aspekt hingewiesen werden.

4.2.3 Abgrenzung der Maßnahmen zum Klimaschutz von anderen strategischen Umweltplanungen im Verkehrsbereich

In den letzten Jahren haben strategische Planungen zur Verminderung negativer verkehrsbedingter Umweltbelastungen zunehmend an Bedeutung gewonnen. So sind mit der Luftreinhalte- und der Lärmaktionsplanung aufgrund von EU-Vorgaben zwei Instrumente etabliert worden, welche vordringlich den Schutz des menschlichen Organismus vor gefährlich hohen Lärm- und Luftschadstoffimmissionen zum Ziel haben.

Entsprechend dieser Zielstellung sind im städtischen Verkehrsnetz die größten Handlungsschwerpunkte in Bereichen gegeben, in denen sich eine Konzentration an schädlichen Emissionen in der Nähe von Wohnhäusern oder anderen schützenswerten Objekten befinden. Der Fokus liegt demnach an angebauten, stark befahrenen Straßen des Hauptverkehrsnetzes.

Im Gegensatz zu strategischen Planungen zur Bekämpfung lokaler Konzentrationen von Lärm und gesundheitsgefährdenden Luftschadstoffen wirken klimarelevante Emissionen unabhängig von lokalen Schwerpunkten negativ auf die Umwelt ein. Demnach sind nicht alle Maßnahmen aus Luftreinhalte- und Lärmaktionsplänen als geeigneter Beitrag des Klimaschutzes zu sehen.

Beispielsweise ist die groß- oder kleinräumige Verlagerung von Verkehren hinsichtlich der Zielstellungen einer Minderung von lokal hohen Belastungen gesundheitlich relevanter Emissionen eine Option. Im Sinne des Klimaschutzes und der Energieeinsparung ist es jedoch kontraproduktiv, Fahrzeuge längere Wege fahren zu lassen, was mit einem höheren Verbrauch an Kraftstoffen und damit auch mit höheren Emissionen klimaschädlicher Gase einhergeht.

Keine oder nur geringe Effekte bezüglich des Klimaschutzes lassen sich weiterhin aus der Einführung der Umweltzone in Leipzig ableiten, da ein Verbot der Einfahrt in diese nur durch zu hohe Feinstaubemissionen der Fahrzeuge bestimmt wird. Ein indirekter Effekt kann sich dann einstellen, wenn die am Stärksten durch Umweltzonen betroffenen veralteten Dieselfahrzeuge durch neuere, verbrauchsärmere Kfz ersetzt werden. Diese Wirkung ist jedoch nicht gesichert zu belegen.

4.2.4 „Nebeneffekte“ der Verkehrsplanung – induzierter Verkehr

Bei Maßnahmen im Verkehrsbereich, welche auf eine Minderung des Straßenverkehrs abzielen, müssen einige Besonderheiten beachtet werden. So stellt sich das im Straßennetz abzuwickelndes Kfz-Verkehrsaufkommen von Städten und Regionen nicht als statische Grö-

ße dar, sondern ist vielmehr als Ergebnis von einer Vielzahl von Einflussfaktoren und individuellen Entscheidungen zu sehen.

So ist auch die Verfügbarkeit und Attraktivität von Verkehrsangeboten mit entscheidend. Ein gut funktionierendes und nutzerorientiertes ÖPNV-Angebot erleichtert den Gebrauch von Bus und Straßenbahn genauso wie ein gut ausgebautes und mit sicheren Anlagen ausgestattetes Radverkehrsnetz, welches zu einer besseren Nutzbarkeit des Fahrrades führt. Im Umkehrschluss bedeutet dies aber auch, dass ein leistungsfähiges, kaum von Überlastungserscheinungen geprägtes Straßennetz dazu führt, dass verstärkt Kfz eingesetzt werden und es zu:

- Veränderungen in der Zielwahl (weiter entfernt liegende Ziele können in der gleichen Zeit erreicht werden wie bisher näher liegende),
- zusätzlichen Fahrten zu neuen Zielen (bisher nicht akzeptable Entfernungen werden attraktiver),
- häufigeren Fahrten zu alten Zielen,
- Veränderungen in der Wohnstandortwahl (die zeitlich akzeptable Erreichbarkeit notwendiger Ziele bewirkt eine Verlagerung zu günstigeren, peripher bzw. außerhalb gelegenen Wohnstandorten)

kommt.

Dieser Effekt, bei dem durch eine Verbesserung des Straßennetzes die Gesamtverkehrsleistung steigt, wird als „induzierter Verkehr“ bezeichnet.

Im Sinne der Minderung des Energieverbrauchs und der klimawirksamen Emissionen soll jedoch die Grundannahme getroffen werden, dass sich eine Verringerung der Gesamtverkehrsbelastung erreichen lässt, ohne das die Attraktivität des Kfz-Verkehr steigt. Dazu ist es unabdinglich, entstehende Reserven im Straßenraum für die Verbesserung der Bedingungen für umweltverträgliche Verkehrsarten oder die allgemeine Aufwertung des städtischen Wohnumfeldes zu nutzen.

4.3 Handlungsfeld Verkehrsvermeidung

4.3.1 Klimawirksamkeit von Verkehrsvermeidungsstrategien

Das Handlungsfeld Verkehrsvermeidung zielt vor allem auf die Reduzierung von Straßenverkehren ab. Diese soll vor allem durch eine Erhöhung des Anteils der Nahmobilität erreicht werden. Kurze Wege können zu Fuß oder mit dem Fahrrad besonders gut zurückgelegt werden, so dass Kfz-Verkehrsleistungen eingespart werden können.

Um Nahmobilität zu ermöglichen, müssen die Entwicklungsschwerpunkte der Flächennutzungs- und Stadtentwicklungsplanung auf entsprechend dichte, hinsichtlich der Nutzungen gut durchmischte sowie möglichst zentrale Lagen ausgerichtet werden. Wie die detaillierte Auswertung der Befragung zum Mobilitätsverhalten der Leipziger aus dem Jahr 2008 gezeigt hat, stellen sich die Innenstadtlagen und periphere Großwohngebiete als die Bereiche mit dem geringsten Motorisierungsgrad dar.

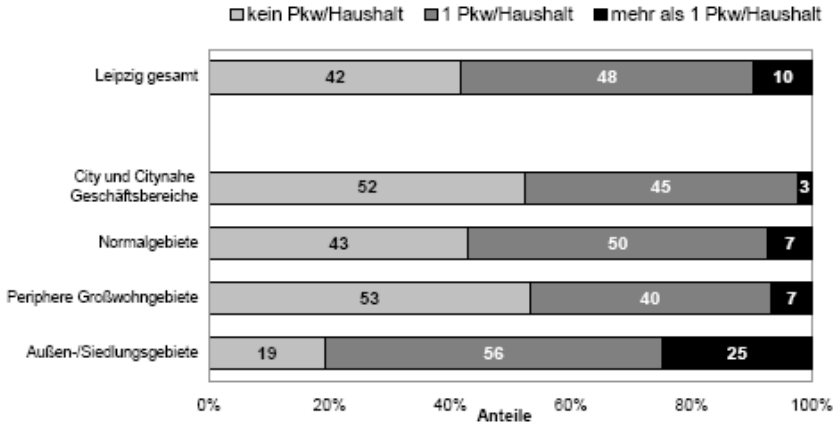


Bild 4-1: Motorisierungsgrad nach Stadtteiltypen (Quelle: SrV 2008)

Dass auch die zu DDR-Zeiten in industrieller Plattenbauweise entstandenen Wohngebiete einen vergleichbaren Motorisierungsgrad aufweisen, ist auf mehrere Gründe zurückzuführen:

- in diesen Gebieten ist der Altersdurchschnitt hoch[7], die Bewohner gehören teilweise Generationen an, die keinen Führerschein besitzen (vor allem ältere Frauen)
- die niedrigen Mieten und das schlechte Image der Gebiete führte zu einem Zuzug sozial schwächer gestellter Einwohner, während gut verdienende Einwohner wegzogen[8]
- bei der Planung dieser Gebiete wurde auf eine gute innere Erschließung geachtet, es ist also entsprechende Infrastruktur für Versorgung etc. auf kurzen Wegen zu erreichen. Des Weiteren sind die Wohngebiete auch gut in das ÖPNV-Netz integriert.

Den höchsten Pkw-Besatz weisen die Außensiedlungsgebiete auf. Die Bewohner der zumeist peripher gelegenen Bereiche müssen zumeist weite Wege zur Arbeit, zu Schulen oder Einzelhandelseinrichtungen absolvieren. Sie können dabei auch nicht auf eine gute ÖPNV-Erschließung zurückgreifen, da die meist dünn besiedelten Bereiche nicht in wirtschaftlich akzeptabler Weise durch umfangreiche Bus- oder Straßenbahnlinien und in enger Taktung in das ÖPNV-Netz eingebunden werden können.

Untersuchungen zu verkehrlichen Auswirkungen der Stadtentwicklung in Rückbaugebieten haben ergeben, dass bei konsequenter Entwicklung kompakter Strukturen sowohl Fahrten als auch die Verkehrsleistung eingespart werden können. Demnach liegt die Größenordnung der Fahrleistungen, die in dichten gegenüber dispersen Städten eingespart werden können, bei etwa 15 %.

[7] Vgl. SEKO, S. A 24 ff.
[8] Vgl. SEKO, S. A 28 ff

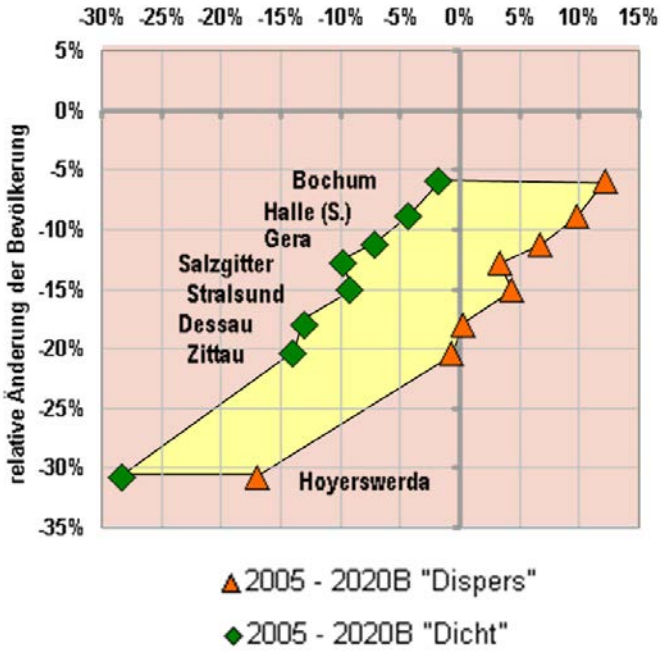


Bild 4-2: Relative Änderung der Fahrleistungen Pkw im Städtevergleich in den Szenarien disperse Stadt und dichte Stadt (Quelle: IVAS)

Da es sich bei dem Untersuchungsgegenstand um schrumpfende Städte handelte, wurde als eine wesentliche Empfehlung gegeben, die Entdichtung vor allem in infrastrukturell schlecht erschlossenen Bereichen vorzunehmen. Obwohl Leipzig nicht als schrumpfende Stadt einzuordnen ist, so kann diese Handlungsempfehlung durchaus übertragen werden. Demnach ist bei der Schaffung neuer Wohnbaustandorte darauf zu achten, dass es sich um integrierte Lagen mit guter Einbindung in das ÖPNV-Netz handelt. Entsprechende Maßnahmenansätze finden sich bereits im Stadtentwicklungskonzept, wo die „Vermeidung der Verfestigung von Wohnnutzung in … unzureichend in den Stadteilzusammenhang integrierten Rand- und Streulagen“ enthalten ist[9].

In einer konservativen Schätzung wird die Wirkung auf Einwohnerfahrten begrenzt. Demnach werden vor allem Binnenfahrten mittlerer Länge durch eine stärkere Innenentwicklung eingespart, wenn diese künftig zunehmend mit klimafreundlichen Verkehrsmitteln oder zu Fuß absolviert werden. Auch die generelle Verkürzung von Wegen aufgrund räumlicher Nähe hat eine positive Wirkung, selbst wenn sie weiterhin mit dem Auto gefahren werden.

[9] Vgl.: SEKO, S. B 1-18

Tabelle 4-1: Potenziale im Handlungsfeld Verkehrsvermeidung durch Innenverdichtung

Potenziale im Handlungsfeld Verkehrsvermeidung durch Innenverdichtung			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr) CO_2/Energie	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr) CO_2/Energie
• Annahmen zur Veränderung der räumlichen Bevölkerungsverteilung hin zum Zentrum: ▪ Zentrum und zentrumsnahe Bereiche + 5 % ▪ Periphere Großwohnsiedlungen - 5 % ▪ Außensiedlungen Erhalt der Bevölkerung ▪ Bevölkerungsverlust Großwohngebiete - 8 % • Beibehaltung des spezifischen Mobilitätsverhaltens gemäß SrV 2008	- 0,5 %	• Annahmen zur Veränderung der räumlichen Bevölkerungsverteilung hin zum Zentrum: ▪ Zentrum und zentrumsnahe Bereiche + 5 % ▪ Periphere Großwohnsiedlungen - 5 % ▪ in Außensiedlungen Erhalt der Bevölkerung ▪ Bevölkerungsverlust Großwohngebiete - 8 % • Beibehaltung des spezifischen Mobilitätsverhaltens gemäß SrV 2008	- 0,3 %

Im Ergebnis der Potenzialbetrachtung ist zu erkennen, dass die tatsächlichen Einsparungen innerkommunaler Verlagerungen sehr gering ausfallen. Zu beachten ist dabei, dass in diesen Berechnungen die Wirkung im Verhältnis zur Gesamtverkehrsleistung innerhalb des Stadtgebietes als Summe der Einwohnerfahrten, Quell- und Zielfahrten aus der näheren und weiteren Umgebung Leipzigs, von Wirtschaftsverkehren sowie Durchgangsverkehren aller Fahrzeugklassen enthalten sind.

Der ausgewiesene vergleichsweise geringe Effekt hängt auch damit zusammen, dass insbesondere die innerstädtischen Lagen, in denen Bewohner die größte Affinität zum Umweltverbund haben, keine sehr hohen Wohnraumkapazitäten aufweisen. Auch sind die Bevölkerungsanteile in den peripheren und somit verkehrsintensiven Lagen gering, so dass die langen Wegelängen dieser Einwohner nicht stark ins Gewicht fallen. Die großen Distanzen aus den Randlagen tragen scheinbar auch dazu bei, dass weniger Wege als durch Bewohner zentraler Bereiche zurückgelegt werden. Gemäß SrV liegt die Mobilität pro Tag in Außensiedlungsgebieten bei 2,8 Wegen gegenüber 3,2 in Normalgebieten.

Eine Vergrößerung der Wirksamkeit des Handlungsfeldes Innenverdichtung ist zu erwarten, wenn die Potenziale über die Stadtgrenzen hinaus gehoben werden können und sich nicht nur auf die im Stadtgebiet verteilten Einwohner beziehen. Allerdings ist gerade diese Zielstellung allein durch kommunale Maßnahmen nicht zu erreichen, sondern bedingt eine regional integrierte Planung. Es ist jedoch nicht zu erwarten, dass die Umlandgemeinden „freiwillig“ auf Einwohner (und die damit verbundenen finanziellen Zuweisungen von Land und Bund) verzichten.

Eine weitere Verstärkung des Klimaeffektes der Innenverdichtung ergibt sich aus der generell besseren Eignung innerstädtischer Lagen zur Nutzung der Verkehrsmittel des Umwelt-

verbundes aufgrund kürzerer Wege und guter ÖPNV-Erschließung. Somit kann eine modale Verlagerung eher erreicht werden, wenn die Siedlungsgebiete kompakt gehalten werden.

4.3.2 Erhöhung des Besetzungsgrades

Neben der generellen Vermeidung von Fahrten können auch durch eine effizientere Ausnutzung des Kfz große Einsparungspotenziale gewonnen werden. Dazu muss der Besetzungsgrad in den Fahrzeugen erhöht werden, wodurch die gleiche Anzahl an Personen ihre Mobilität mit weniger Fahrzeugen befriedigt.

Dabei muss beachtet werden, dass entsprechende Bündelungen bei einer Zunahme von Single-Haushalten (sowohl unter jungen Menschen als auch im Alter als Resultat einer höheren Lebenserwartung von Frauen) nicht umfassend möglich wird. Reserven ergeben sich aber bei regelmäßigen täglichen Fahrten auf Strecken mit hohen Richtungsverkehrsaufkommen, z. B. in der Stadt-Umland-Beziehung oder auf dem Weg zu Arbeitsschwerpunkten. Durch die Verbesserung mobiler Kommunikationsstrukturen sind entsprechende Ansätze dynamischer Mitfahrerbörsen durchaus gegeben.

Tabelle 4-2: Potenziale im Handlungsfeld Verkehrsvermeidung durch höheren Besetzungsgrad MIV

Potenziale im Handlungsfeld Verkehrsvermeidung durch höheren Besetzungsgrad MIV			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Erhöhung des Besetzungsgrades von 1,3 auf 1,4 im MIV	- 7,1 %	• Erhöhung des Besetzungsgrades von 1,4 auf 1,45 im MIV	- 1,8 %

Wie die Abschätzung zeigt, kann durch die Erhöhung des Besetzungsgrades tatsächlich ein erheblicher Rückgang an Emissionen verzeichnet werden. Für die Nutzer liegen des Weiteren die Vorteile aufgrund geringerer Fahrkosten bei der gemeinsamen Nutzung auf der Hand.

4.4 Handlungsfeld Modale Beeinflussung des Verkehrs

4.4.1 Verschiebung des Modal Splits zu Verkehrsmitteln des Umweltverbundes

Auch wenn durch kompakte Stadtstrukturen die Voraussetzungen für das Zurücklegen von Wegen mittels klimafreundlicher Verkehrsmittel gefördert werden kann, so muss hinsichtlich des Verkehrsmittelwahlverhaltens auch im Bestandssystem erhebliches Potenzial zur Optimierung gesehen werden.

Wie die differenzierte Auswertung der im Jahr 2008 durchgeführten Mobilitätsbefragung des „Systems repräsentativer Verkehrsbefragungen“ der TU Dresden [SrV 2010] zeigt, sind fast ein Drittel der mit Kfz zurückgelegten Wege kürzer als 3 km. Auch in der Entfernungsklasse zwischen 3 km und 5 km kommt das Kfz häufig zum Einsatz, so dass fast die Hälfte aller MIV-Wege grundsätzlich für eine Substitution durch Fuß- oder Radnutzung geeignet sind.

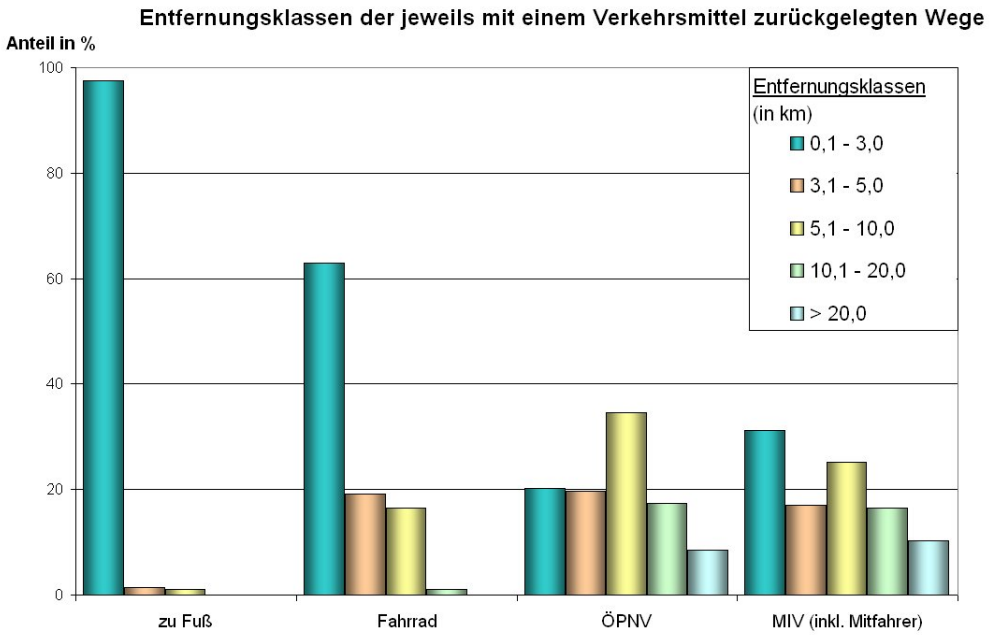


Bild 4-3: Verkehrsmittelwahlverhalten der Leipziger Bevölkerung nach Entfernungsklassen (Quelle: SrV-Erhebung 2008)

Allerdings muss auf eine methodisch bedingte Unsicherheit, die es bei der Interpretation der Ergebnisse zu beachten gilt, verwiesen werden. So werden Wegeketten (z. B. Wohnung - Kindertagesstätte - Arbeitsplatz) isoliert betrachtet: Wohnung - Kindertagesstätte und Kindertagesstätte - Arbeitsplatz und daraus zwei Einzelwege generiert. Solche durchaus typischen Wegeketten können nicht ohne weiteres aufgebrochen werden. Wie hoch der Anteil der tatsächlich nur zwischen Start- und Zielpunkt in Hin- und Rückrichtung zurückgelegten Wege ist, kann anhand der vorliegenden Daten nicht bestimmt werden.

Generell entscheiden die Nutzer selbst, welche Wege sie zu welcher Zeit und mit welchem Verkehrsmittel zurücklegen. Grundsätzlich teilt sich die Nutzergruppe auf zwischen:

- Captive Drivers: Personen, die aus objektiven Zwängen auf die Benutzung des Pkw angewiesen sind (keine akzeptablen Alternativen auf den zurückzulegenden Wegen, körperliche Beeinträchtigungen, …)
- Wahlfreien Personen: unterliegen keinen Zwängen und können theoretisch das Verkehrsmittel wählen, das objektiv besser für einen bestimmten Weg geeignet ist.

Auch wenn es durch die Begrifflichkeit suggeriert wird, so erfolgt die Entscheidungsfindung hinsichtlich des zu nutzenden Verkehrsmittels vor jedem zurückzulegenden Weg bei „Wahlfreien Personen“ nicht zwangsläufig rational anhand objektiver Faktoren. Vielmehr kommt es zu einer zusätzlichen „individuellen Wichtung“. So kann beispielsweise die Nutzung anderer Verkehrsmittel als dem Auto aus Gewohnheit oder persönlichen Anschauungen („zu unbequem“, „unzuverlässig“, „zu gefährlich“, …) ausgeschlossen werden.

Die Möglichkeiten einer „direkten“ Einflussnahme durch die Kommune auf das individuelle Verkehrsverhalten beschränken sich auf indirekte Steuerungsmittel, deren Einsatz zur Verschiebung des Modal Splits hin zum Umweltverbund sowohl durch Attraktivierung des entsprechenden Verkehrsangebotes als auch durch Beschränkung des MIV erfolgen kann.

Die Erhöhung der Attraktivität des Umweltverbundes kann durch verschiedene Maßnahmenansätze erreicht werden:

Schwerpunkt ÖPNV:
- Anpassung des Angebotes an die sich verändernde Nachfrage (räumlich und zeitlich)
- Abbau von Behinderungen auf Strecken und Knoten durch Priorisierung des ÖPNV im bestehenden Verkehrssystem zur Verkürzung der Fahrzeiten
- Modernisierung der Verkehrsmittel und Haltestellen des ÖPNV zur Verminderung von Zugangsbeschränkungen
- Attraktive Tarife (sowohl Preisgestaltung als auch generell kundenfreundliche Angebote wie z.B. flexible Monatskarten)
- Optimierung der Verknüpfungen zwischen den einzelnen ÖPNV-Angeboten sowie mit den weiteren Verkehrsarten (Bike-and-Ride, Park-and-Ride)
- Kooperation mit Unternehmen zur umweltverträglichen Abwicklung von Wegen zum Arbeitsplatz (Jobticket)

Schwerpunkt Radverkehr:
- Vorhaltung eines flächendeckenden, schnellen und sicheren Radverkehrsnetzes im Straßensystem
- Verbesserung der Abstellbedingungen von Fahrrädern
- Verbesserung der Verknüpfung mit anderen Verkehrsmitteln (z.B. Fahrradmitnahme im ÖPNV/ SPNV)

Schwerpunkt Fußverkehr:
- Vorhaltung sicherer und angemessener Fußwege
- Erhalt und Verbesserung der Querungsbedingungen für Fußgänger
- Schaffung kurzer Wege in Quartieren (z.B. durch Blockdurchquerungen)

Maßnahmenansätze, die den Nutzen der automobilen Fortbewegung gegenüber den anderen, umweltfreundlicheren Verkehrsarten senken sollen, sind vielfältig:

Verringerung der Durchlässigkeit des Straßennetzes:
- als Konsequenz der ÖPNV-Bevorrechtigung
- Verzicht auf zusätzliche Fahrspuren bei Straßenplanungen, bei denen sich die gegenwärtigen sowie der prognostizierten Verkehrsbelegungen im Grenzbereich zwischen einer Ein- oder einer Mehrspurigen Variante bewegen
- durch die Einrichtung von „Pförtner-LSA“, die vor allem an Haupteinfallstraßen den Zufluss des Verkehrs regulieren

Verringerung der Attraktivität des Zieles für den MIV-Nutzer:

- Reduzierung/ geringe Neuausweisung von Stellplätzen im Innenstadtbereich (Einkaufsverkehr)
- Erhöhung der Gebühren innerstädtischen Parkens
- Ausweisung von Anwohnerparken in Wohngebieten mit hohem Zielverkehrsanteil gebietsfremder Arbeitnehmer

Allerdings sind diese Ansätze nur sehr begrenzt umsetzbar, da eine vorsätzliche Kapazitätsbeschränkung immer im Netzzusammenhang zu sehen ist. So kann es in Folge der Beschränkung der Durchlässigkeit des Straßennetzes zum Ausweichen auf Strecken z. B. in sensiblen Wohngebieten kommen. Generell werden alle Ansätze, die eine Beschränkung des MIV bedeuten, von Entscheidungsträgern oftmals als „unpopuläre Maßnahme“ vermieden. So bestehen beispielsweise Ängste, dass negativer Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung der Stadt eine Folge dieser Maßnahmen ist, die sich in Standortentscheidungen von Unternehmen oder einem Rückgang der Kundschaft des innerstädtischen Einzelhandels widerspiegeln.

In Hinblick auf die Konkurrenzsituation sowohl zwischen Städten und Regionen sowie im nationalen, teilweise sogar internationalen Kontext um das gerade im Osten Deutschlands knappe Gut „Arbeitsplätze“ wird entsprechend sensibles Agieren verlangt.

Zur Potenzialabschätzung wurden die im Trend-Verkehrsmodell in Leipzig mit dem Kfz gefahrenen Wege nach Entfernungsklassen und Art des Verkehrs (Binnenverkehr und Quell-Ziel-Verkehr) aufgespalten und auf die Verkehrsmittel des Umweltverbundes in Abhängigkeit der generellen Eignung umverteilt. Es gilt zu beachten, dass gemäß der Bilanzierungsart gemäß Innlandprinzip nur Klima- und Energiewirkungen innerhalb der Stadtgrenzen dargestellt werden. Im Quell- und Zielverkehr über die Stadtgrenzen hinaus werden jedoch tatsächlich weitere Minderungseffekte erreicht, die sich im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung positiv darstellen, aber methodisch nicht Leipzig zugeordnet werden können.

Die Möglichkeiten des Fußverkehrs (FV) sind auf Wegelängen bis 3 km beschränkt, hier wird ein Anstieg um jeweils 5 % angenommen. Der Aktionsradius des Radverkehrs erhöht sich durch den verstärkten Einsatz von Pedelecs (vgl. Abschnitt 4.5.3, S. 117) zwar weiter, die größten Potenziale liegen jedoch im Bereich bis 5 km. Für den ÖPNV (ÖV) wird eine zunehmende Wirksamkeit in Langstreckenbereichen angenommen, welche zum einen aus höheren Kraftstoffpreisen resultiert. Zum anderen werden die Verbesserungen im Nahverkehrsbereich vor allem aufgrund der Eröffnung des Citytunnels wirksamer angenommen, als im Trendmodell der Stadt.

Tabelle 4-3: Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – Verstärkte Nutzung des Umweltverbundes

Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – Verstärkte Nutzung des Umweltverbundes			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Annahmen in Abhängigkeit der gegenwärtigen Wegelängen, gefahren mit dem Kfz: ▪ < 3 km + 8 % RV, + 5 % FV, + 5 % ÖV ▪ < 5 km + 8 % RV, + 5 % ÖV ▪ < 10 km + 5 % RV, + 5 % ÖV ▪ < 20 km + 3 % RV, + 5 % ÖV ▪ > 20 km + 1 % RV, + 5 % ÖV	- 5,3 %	• Annahmen in Abhängigkeit der Wegelängen Szenario 2020: ▪ < 3 km +8 % RV, + 5 % FV, + 5 % ÖV ▪ < 5 km + 8 % RV, + 5 % ÖV ▪ < 10 km + 5 % RV, + 5 % ÖV ▪ < 20 km + 3 % RV, + 5 % ÖV • > 20 km + 1 % RV, + 5 % ÖV	- 4,8 %

4.4.2 „Klassisches“ Car-Sharing als klimawirksame Alternative zum Pkw-Besitz

Car-Sharing, also die organisierte gemeinschaftliche Nutzung von Autos, wird als umweltfreundliche Alternative zum individuellen Pkw-Besitz und -Einsatz dargestellt. In Leipzig kann der private Anbieter „Teilauto“, der auch mit dem Car-Sharing der Deutschen Bahn kooperiert, ein dichtes Netz an Car-Sharing Standorten aufbauen. Insgesamt stehen den Nutzern ca. 115 Fahrzeuge zur Verfügung (Stand: Februar 2011).

Vom Grundsatz her sind Effekte, die bei der Nutzung weniger Fahrzeuge durch viele Nutzer entstehen, unbestritten. So werden bereits durch den Verzicht auf ein eigenes Kfz Ressourcen eingespart, die zur Produktion von Kfz notwendig wären. Ein weiterer Vorteil ist im Umgang mit begrenztem städtischem Raum in dem geringeren Stellplatzbedarf zu sehen, welcher bei der gemeinschaftlichen Nutzung entsteht.

Hinsichtlich der Bewertung von Energie- und Klimaschutzeffekten ist eine differenzierte Betrachtung des Komplexes notwendig, da kein „typischer Car-Sharing-Nutzer“ existiert, dessen Mobilitätsverhalten auf alle Nutzer übertragen werden kann. Entsprechende wissenschaftliche Untersuchungen, die sich mit dem tatsächlichen Umwelteffekt beschäftigen, sind aufgrund der Komplexität der Thematik rar. Eine umfangreiche Analyse sowie eine Bewertung der perspektivischen Entwicklungen des Car-Sharings wurde durch das Wuppertal-Institut unter dem Titel „Zukunft des Car-Sharings in Deutschland“ im Jahr 2007 veröffentlicht.

Bei der Bewertung der klimatischen Effekte von Car-Sharing tut sich auch diese Studie schwer, obwohl umfangreiche Datengrundlagen zu Nutzern verschiedener deutscher Car-Sharing Anbietern und ihrem Ausleihverhalten vorlagen. Dies ist mit der differenzierten Ausgangssituation der Nutzer zu begründen. Hinsichtlich des tatsächlichen Minderungseffektes ist relevant, wie die jeweiligen Nutzer ihre Mobilität ohne Car-Sharing sicherstellen würden. Würde diese ohne Kfz erfolgen, müsste Car-Sharing eine negative Klimawirkung unterstellt werden, da durch ein solches Angebot die Nutzer zusätzliche Fahrten mit Pkw zurücklegen, was ihnen sonst nicht möglich wäre. Ein positiver Effekt hingegen müsste konstatiert werden,

wenn Personen Car-Sharing nutzen, die ohne ein solches Angebot einen eigenen Pkw angeschafft hätten. Gerade diese Fiktivität erschwert die Abschätzung der Wirksamkeit von Car-Sharing.

Aus verschiedenen Gründen muss Car-Sharing dennoch als umweltfreundlichere Alternative zum eigenen Pkw gesehen werden:

- Fahrten mit Car-Sharing-Fahrzeugen müssen als „kostenechter" als die Nutzung eines eigenen Pkw gesehen werden. Die Kosten, die für eine Fahrt mit Car-Sharing-Fahrzeugen zu entrichten sind, liegen zwar in der globalen Betrachtung (also inkl. der Kosten für Versicherung, Steuer, Verschleiß, Abschreibung, …) durchaus im Bereich dessen, was auch mit dem eigenen Kfz für Strecken zu bezahlen wäre. Die „Out-of-pocket"-Kosten suggerieren jedoch im Vergleich höhere Ausgaben beim Car-Sharing, da bei einem eigenen Kfz die Nutzer oftmals nur die reinen Treibstoffkosten und ggf. Parkgebühren als Ausgabe pro Fahrt wahrnehmen. Somit werden von Car-Sharing-Nutzern Kfz-Fahrten schon aus Kostengründen seltener vorgenommen.
- Car-Sharing kann auch aufgrund einer systembedingten Besonderheit nicht als adäquat zum eigenen Pkw nutzbar angesehen werden. So setzt sich die Nutzungsgebühr aus zwei Komponenten zusammen: einer Zeitpauschale und einer Kilometer-Pauschale, wobei eine Fahrt erst dann als beendet angesehen wird, wenn das Kfz an der ursprünglichen Ausleihstation steht. Regelmäßige Fahrten mit langen Standzeiten am Zwischenziel, beispielsweise dem Arbeitsplatz, sind somit finanziell nicht sinnvoll und wirken sich somit auf das Verkehrsverhalten der Nutzer aus.
- Auch die bloße Verfügbarkeit eines eigenen Kfz verführt bereits zu dessen Nutzung, auch wenn andere Mobilitätsoptionen vorhanden und ggf. sinnvoller wären. Dieser Effekt tritt bei Nutzung von Car-Sharing nicht ein. So stellt schon der Buchungsvorgang trotz eines geringen Aufwandes ein Zugangshemmnis dar. Auch die Kalkulation der Fahrt vor Antritt führt dazu, dass Alternativen eher betrachtet und genutzt werden.
- Neben diesen fahrtvermeidenden Wirkungen treten zusätzliche Effekte ein. Da sich Car-Sharing-Flotten in der Regel aus relativ neuen, emissionsärmeren Fahrzeugen zusammensetzen, sind sie hinsichtlich Verbrauchsoptimierung und Abgasreinigungstechnik auf neuerem Stand, als bei über mehrere Jahre in privater Hand befindliche Kfz. Weiterhin können die Nutzer ihren Fahrzeugbedarf auf jeder Fahrt individuell bestimmen: Fahrten allein können mit kleinen Fahrzeugen absolviert werden, für Ausflüge z. B. mit mehreren Familienpersonen werden große Autos genutzt. Im Vergleich zur klassischen Familienlimousine, die eine ausreichende Größe für Familienfahrten und damit höhere Masse und Verbräuche besitzt, aber in der täglichen Nutzung zumeist lediglich mit dem Fahrer besetzt ist, werden weitere Minderungseffekte erreicht.

Zusammenfassend sind Car-Sharing-Nutzer generell als Mobilitätsoptimierer zu bezeichnen. Die theoretische Verfügbarkeit eines Fahrzeuges im tatsächlich notwendigen Bedarfsfall wird oftmals als Ergänzung des persönlichen, von Multimodalität geprägten, Mobilitätsspektrums gesehen. Dabei sind auch finanzielle Gründe für die Mitgliedschaft am Car-Sharing ausschlaggebend: die hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten eines eigenen Kfz werden

angesichts der absehbaren geringen Fahrleistungen als nicht sinnvoll angesehen und das Car-Sharing-Angebot als echte Mobilitätsalternative angenommen.

Eine direkte Ausweisung der Klimawirksamkeit wurde aufgrund der methodischen Schwierigkeiten in keiner Studie vorgenommen. Auf Grundlage der Studie des Wuppertal-Instituts wurde deshalb eine Abschätzung des Minderungspotenzials über alle relevanten Gruppen an Nutzern von 50 % des Energieverbrauchs und der CO_2-Emissionen gegenüber dem fiktiven Fall „Verhalten ohne Car-Sharing“ angenommen, in dem verstärkt eigene Pkw angeschafft und genutzt würden. Die Annahme stellt eher eine konservative Abschätzung der Car-Sharing-Effekte dar, in der Realität könnte die Wirkung tatsächlich noch größer sein.

Trotz der benannten Klimawirksamkeit muss betont werden, dass Car-Sharing gegenwärtig noch nicht als die massentaugliche Alternative zu sehen ist. Als Nutzer kommen demnach vor allem Personen in Frage, die das Kfz nie oder selten auf dem Arbeitsweg benötigen und eine Jahresfahrleistungen des Kfz von weniger als 10.000 km haben bzw. durch die vollständige Umstellung der individuellen Mobilität auf dieses Niveau senken könnten. Auch wenn dies theoretisch für eine Vielzahl von Personen zutrifft, ist insbesondere der psychologisch als massiver „Einschnitt“ wahrgenommene Verzicht auf den gewöhnten, eigenen Pkw nur schwer umsetzbar.

Das größte Potenzial geht demnach von Personen aus, die (noch) kein eigenes Fahrzeug besitzen und multimodales Handeln gewohnt sind. Vor der Entscheidung für oder gegen ein eigenes Fahrzeug, die sich beispielsweise mit Eintritt in das Berufsleben stellt, ist diese Gruppe offener für alternative Mobilitätsformen als Kfz-Gewohnte.

Mehrere aktuelle Studien kommen zu dem Schluss, dass sich gerade unter jungen Menschen ein Wertewandel bezüglich der Notwendigkeit eines eigenen Kfz zur Gewährleistung der Mobilität sowie unter dem Aspekt der Funktion als Statussymbol vollzieht[10]. So sind gerade junge, gebildete Personen im städtischen Umfeld eher bereit, auf ein eigenes Auto als auf moderne Kommunikationsmittel, Wohnungen oder Urlaube zu verzichten. Aus dieser „neuen Rationalität“ hinsichtlich der emotionalen Bewertung des Kfz als bloßes Fortbewegungsmittel, eröffnet Car-Sharing-Anbietern das größte Neukundenpotenzial.

Hinsichtlich der Potenzialausweisung wurde eine weitere positive Entwicklung der Nutzerzahlen in erheblichen Größenordnungen unterstellt.

[10] Vgl. z. B.: Center of Automotive, Fachhochschule der Wirtschaft (FHDW): „Jugend und Automobil 2010“, Bergisch Gladbach, 2010

Tabelle 4-4: Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – klassisches Car-Sharing

Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – klassisches Car-Sharing			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Erhöhung des Anteils der Car-Sharing-Nutzer in Leipzig von ca. 1,5 % auf 3 % • Ø-Car-Sharing-Effekt: 50 % geringere Fahrleistung von CS-Nutzern gegenüber Durchschnitt	- 0,3 %	• Erhöhung des Anteils der Car-Sharing-Nutzer in Leipzig von ca. 3 % auf 5 % • Ø-Car-Sharing-Effekt: 50 % geringere Fahrleistung von CS-Nutzern gegenüber Durchschnitt	- 0,4 %

Die Wirkungseffekte sind aufgrund der einerseits geringen Nutzerzahlen und einem andererseits nur teilweisen Substituieren von Fahrleistungen in der Bilanzierung gering.

4.4.3 Neue Formen des Car-Sharing im Kontext des Klimaschutzes

Durch eine als „neues Car-Sharing“ oder „flexibles Car-Sharing“ bezeichnete Form des Car-Sharing versucht gegenwärtig die Daimler AG als Automobilhersteller, dem Trend junger Menschen hinsichtlich ihrer Entscheidung gegen ein eigenes Auto zu begegnen. Unter dem Namen „Car2go“ (Ausgesprochen „Car to go“, sinngemäß „Auto zum mitnehmen“) wurde seit 2009 ein Modellprojekt in Ulm und Neu-Ulm erfolgreich abgeschlossen und nun in weiteren Städten eingesetzt. So ist ab Frühjahr 2011 die Etablierung in Hamburg vorgesehen.

Der Grundgedanke hinter dem neuen Konzept ist die Beseitigung des größten Problems vieler potenzieller Nutzer im klassischen Car-Sharing: der Notwendigkeit, Fahrten immer am Ausgangsort abzuschließen und für die Gesamtdauer zu bezahlen. Bei Car2go existiert hingegen die Möglichkeit, das Fahrzeug an einem beliebigen Standort in einem definierten Gebiet abzustellen und die Fahrt somit zu beenden, ohne zum Startpunkt zurückkehren zu müssen. Die Standorte freier Kfz in der Nähe des eigenen Standorts werden per Internet an Interessenten gemeldet, so dass für die Rückfahrt ein anderes Fahrzeug genutzt werden kann. Außerhalb des Geschäftsgebietes ist eine Rückgabe nicht möglich, die Kosten sind hier weiter zu tragen.

Das Konzepte ist primär auf junge, mit modernen Medien vertraute Personengruppen abgestellt: der auf internettypischen Abkürzungen basierende Name, maßgebliche Vorgänge wie Buchung und Verwaltung lassen sich am besten auf Smartphones abwickeln, die Fahrzeuge sind auffällig lackiert (versprechen somit Aufmerksamkeit) und das Gebührenmodell ähnelt dem von Mobilfunkanbietern (zur Zeit in Ulm 0,19 €/Minute Einheitspreis, pro Stunde maximal 9,90 €/laut Internet-Seite für Hamburg[11] liegen die Kosten bei 0,29 €/Minute, pro Stunde maximal 14,90 €).

[11] Vgl.: http://welcome.car2go.com/hamburg/de/tarife/index.html

Die Wuppertaler Studie sieht in dem Modell die Zukunft des Car-Sharing mit erheblichem Nutzerpotenzial. Problematisch ist jedoch die Klimabilanzierung. Auch wenn noch keine Erfahrungswerte vorliegen, so kann schon jetzt davon ausgegangen werden, dass gegenüber dem klassischen Car-Sharing mit deutlich geringeren oder sogar negativen Effekten gerechnet werden muss.

So wirbt der Anbieter selbst mit „…Fragen wie „Wann kommt eigentlich der nächste Bus?“ oder „Lohnt sich überhaupt ein Auto, wenn ich nur Kurzstrecke fahre?“ gehören der Vergangenheit an.“[12]. Damit positioniert sich das Angebot augenscheinlich vorrangig gegen den ÖPNV bzw. die autolose Fortbewegung auf Kurzstrecken. Vor dem Hintergrund der Initiierung dieses Modells durch einen Automobilkonzern erscheint diese Ausrichtung nachvollziehbar: jungen Menschen soll die automobile Fortbewegung zu überschaubaren Kosten zugänglich gemacht werden, um sie so an die Fahrzeugnutzung zu gewöhnen.

Demnach darf das als „flexibles Car-Sharing“ beworbene Konzept nicht uneingeschränkt als umweltfreundlich gesehen werden. Grundsätzlich ist der Flotteneffekt (gegenwärtig werden nur Pkw Smart als Fahrzeuge im Car2go eingesetzt) positiv zu werten. Die genaue Wirkung kann zuverlässig aber erst abgeschätzt werden, wenn klar ist, wie sich diese Form des Car-Sharing weiter entwickelt. Obwohl auf den ersten Blick nutzerfreundlicher (durch die möglichen Punkt-zu-Punkt-Fahrten), so ist das Angebot doch vorrangig auf Stadtverkehr ausgerichtet. Zeitlich lange Fahrten oder Standzeiten außerhalb des Geschäftsgebietes müssen hingegen bezahlt werden, was angesichts des Preises von 9,90 € pro Stunde (Ulm) bzw. 14,90 € (Hamburg) für ein stehendes Kfz teuer wird. Hier ist das klassische Car-Sharing (Zeitpreis 1,90 € für eine Stunde bei Teilauto Leipzig im Rahmentarif, Stand Februar 2011) erheblich günstiger. Auch die mangelnden Wahlmöglichkeiten (lediglich Zweisitzer im Angebot) bieten z.B. Familien keinen vollwertigen Ersatz zum eigenen Pkw.

Eine zuverlässige Abschätzung des Effektes für das Klima ist demnach aufgrund fehlender tatsächlicher Erfahrungswerte zurzeit nicht möglich und soll deshalb auch nicht als mögliches Szenario betrachtet werden. Sollte die Stadt Leipzig als Standort für entsprechende Systeme in Frage kommen und die Anbieter kommunale Unterstützung erfragen, sollte die Stadt auf Grundlage aktuellerer Erkenntnisse prüfen, ob sich tatsächlich eine positive Umweltwirkung nachweisen lässt.

[12] Vgl.: Ausführungen zum „Mobilitätskonzept“ auf der Internetseite von Car2go, abrufbar unter https://www.car2go.com/ulm/de/konzept/ (Stand: Februar 2011)

Tabelle 4-5: Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – flexibles Car-Sharing

Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – flexibles Car-Sharing			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Keine zuverlässige Schätzung aufgrund fehlender Erfahrungswerte möglich • Tendenziell eher geringe/keine Effekte aufgrund starker Aufstellung gegenüber Kurzstreckenverkehrsmittel des Umweltverbundes		• Keine zuverlässige Schätzung aufgrund fehlender Erfahrungswerte möglich • Tendenziell eher geringe/keine Effekte aufgrund starker Aufstellung gegenüber Kurzstreckenverkehrsmittel des Umweltverbundes	

4.4.4 Modale Beeinflussung von Wirtschaftsverkehren

Wie im Personenverkehr, so wird auch im Wirtschaftsverkehr die Entscheidung über das zu nutzende Verkehrsmittel für den Transport von Waren und Personen durch die Unternehmen selbst getroffen. Allerdings sind Wirtschaftsverkehre im Gegensatz zu Personenverkehren eher als Ergebnis rationaler Entscheidungsfindungsprozesse zu sehen. Je nach Größe und Art der Unternehmen spielt so die Optimierung von Transporten insbesondere hinsichtlich von Kosten- und Zeitaspekten eine wesentliche Rolle. Umweltaspekte werden zwar zum Teil ebenfalls beachtet, dies dient jedoch zumeist der besseren Außendarstellung.

Die Bedeutung des Kostenfaktors gerade in transportintensiven Wirtschaftszweigen führt dazu, dass von einer guten Akzeptanz von Lösungen ausgegangen werden kann, die sich als finanziell günstiger darstellen als die bisher gewählte Form des Transports. Die Einflussmöglichkeiten von Kommunen auf Transportkosten sind allerdings gering. Da im Sinne der weiteren positiven wirtschaftlichen Entwicklung der Stadt kaum Handlungsfelder etablieren lassen, die durch restriktive Vorgaben anderweitig in die Logistik von Firmen eingreifen, ergibt sich somit generell ein geringer Einfluss auf den Sektor Wirtschaftsverkehr. Zudem ist generell in der Emissionsbilanzierung ein hoher Wirtschaftsschwerverkehrsanteil insbesondere auch auf den noch dem Stadtgebiet zuzuordnenden Autobahnen zu verzeichnen, die Verkehre bündeln sollen und somit nicht beschränkt werden sollten. Auch die Eigentumsverhältnisse (Straßenbaulast der Autobahn liegt beim Bund) begrenzen die Möglichkeiten.

Da mit steigenden Energiepreisen auch die Transportkosten für Lkw-Fahrten ansteigen werden, ist auch eine Zunahme der Nachfrage nach alternativen Transportmöglichkeiten zu erwarten. Da Leipzig keinen für Binnenschiffe geeigneten Fluss aufweist, konzentriert sich diese Nachfrage vor allem auf den Schienenverkehr. Deshalb sollte bereits heute darauf geachtet werden, dass neue Standorte von Unternehmen mit hohem logistischem Aufwand entweder bereits über einen Gleisanschluss zum Schienenverkehrsnetz verfügen oder diesen mit geringem Aufwand nachrüsten können.

Im Zusammenhang mit höheren Energiepreisen ist aber auch ein Rückgang von entsprechenden Kraftstofftransporten aufgrund allgemeiner Verbrauchsrückgänge bzw. der Nutzung alternativer Antriebe und Fortbewegungsarten zu erwarten. Auch eine Regionalisierung in der Lebensmittelversorgung kann zu kürzeren Transportwegen per Lkw beitragen, wobei

sich beide Effekte auf das Stadtgebiet Leipzig als Bilanzierungsraum kaum auswirken dürften, sondern eher im großräumigen Maßstab zu sehen sind.

Tabelle 4-6: Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – Wirtschaftsverkehre

Potenziale im Handlungsfeld Modale Beeinflussung – Wirtschaftsverkehre			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Senkung des Wirtschaftsverkehres um 5 %	- 1,5 %	• Senkung des Wirtschaftsverkehrs um 5 %	- 1,7 %

4.5 Handlungsfeld Energieeffiziente Verkehrsmittel

4.5.1 Effizienzgewinne durch die Optimierung von Kfz mit Verbrennungsmotoren

Hinsichtlich der Energieeffizienz von Lkw und Pkw ist in den nächsten Jahren generell mit einem Rückgang hinsichtlich Emissionen zu rechnen. So nehmen Flottenvorgaben der EU ebenso Einfluss wie die steigende Preissensibilität der Kunden, welche aufgrund generell steigender Energiekosten auch ein Interesse an verbrauchsärmeren Fahrzeugen besitzen werden. Die entsprechenden Entwicklungen sind in den Energie- und Emissionsfaktorprognosen der nächsten Jahre bereits integriert und im Trend-Szenario einbezogen.

Eine darüber hinausgehende Effizienzsteigerung der reinen Verbrennungsmotoren ist nicht absehbar. Hingegen können durch den verstärkten Einsatz von Hybridfahrzeugen die Emissionen wirksam gemindert werden. Die Fahrzeuge besitzen dazu einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor mit einem Energiespeichersystem. Regulär wird das Kfz durch den Verbrennungsmotor betrieben, unterstützend wirkt der E-Antrieb. Auf Gefällestrecken oder beim Bremsen fungiert der Elektromotor als Generator und lädt einen Akkumulator auf, so dass wieder elektrische Energie zur Verfügung steht.

Gegenwärtig ist der Anteil an Hybridfahrzeugen noch gering und liegt bei deutlich unter einem 1 %.

Tabelle 4-7: Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Hybridantrieb

Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Hybridantrieb			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Anteil Hybridfahrzeuge 10 % • Anteil am Wegeaufkommen 10 % (Alltagstauglichkeit) • Einsparung gg. Konventionellen Antrieb: 20 %	- 1,4 %	• Anteil Hybridfahrzeuge 20 % • Anteil am Wegeaufkommen 20 % (Alltagstauglichkeit) • Einsparung gg. Konventionellen Antrieb: 25 %	- 2,7 %

4.5.2 Kfz-Elektromobilität als Schlüsseltechnologie für den Klimaschutz?

Unter dem Schlagwort „Elektromobilität“ wird seit mehreren Jahren eine neue Generation der automobilen Fortbewegung entwickelt, welche als Antwort auf die drängenden Probleme der Entwicklungen im Kfz-Verkehr der letzten Jahrzehnte gesehen wird. So fahren Elektrofahrzeuge unabhängig von fossilen Brennstoffen (Verringerung der Abhängigkeit von begrenzten Ressourcen), sind erheblich leiser als Kfz mit Verbrennungsmotoren (Lärmminderung) stoßen am Fahrzeug keine direkten Emissionen aus (Luftreinhaltung) und gelten aufgrund eines generell höheren Wirkungsgrades von Elektromotoren als verbrauchsärmer als mit Verbrennungsmotoren angetriebene Fahrzeuge (Klimaschutz).

Die Bundesregierung hat im August 2009 mit dem „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ ein Förderprogramm aufgelegt, welches dazu beitragen soll, dass sich Deutschland zum Leitmarkt der Elektromobilität entwickelt. Dazu sollen Bemühungen auf den Feldern Forschung und Entwicklung, Marktvorbereitung und -einführung sowie Schaffung notwendiger Infrastrukturen und Rahmenbedingungen unterstützt werden. Strategische Zielstellung ist, dass bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge in Deutschland unterwegs sind und die notwendige Ladeinfrastruktur zumindest in Ballungszentren flächendeckend zur Verfügung steht.

Die Stadt Leipzig stellt zusammen mit der Stadt Dresden eine von 8 „Modellregionen Elektromobilität“ dar, welche durch die Bundesregierung mit Mitteln aus dem Konjunkturpaket II speziell gefördert werden. Neben dem Förderschwerpunkt ÖPNV („SaxHybrid“) soll durch das Projekt „SaxMobility“ eine öffentliche Ladeinfrastruktur schrittweise aufgebaut werden und kleine Elektro-Fahrzeugflotten beschafft und betrieben werden. Zielstellung ist, die Netzintegration und das Energiemanagement dieser Flotten zu untersuchen und Erkenntnisse vor allem darüber zu gewinnen, wie sich Flotten effektiv betreiben lassen.

Generell sind reine Elektrofahrzeuge gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor sowie Hybridfahrzeugen mit unterstützenden Elektroantrieben mit mehreren Problemen behaftet. So ist vor allem die Reichweite der elektrisch betriebenen Fahrzeuge deutlich geringer und liegt je nach Quellenlage gegenwärtig bei durchschnittlich etwa 100 km bis 200 km. Auch wenn diese Reichweite für den Großteil der täglichen Fahrten der Bevölkerung als ausreichend betrachtet werden kann, so ergeben sich bei Weitstrecken doch erhebliche Beschränkungen. Hinzu kommt, dass im Gegensatz zum per Verbrennungsmotor angetriebenen Fahrzeug keine Reaktivierung der Reichweite durch einen kurzen Tankvorgang erfolgen kann, sondern ein längerer Ladezyklus notwendig ist.

Auch die Kosten für Elektro-Kfz sind aufgrund der preisintensiven Speichertechnik hoch. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass aufgrund der zu erwartenden Erhöhung der Treibstoffkosten einerseits und einer Verringerung der Produktionskosten von Elektromobilen durch Standardisierungen und Effizienzsteigerungen andererseits, eine Konkurrenzfähigkeit entsteht. Dies impliziert aber auch, dass sich ein Preisniveau einstellt, welches mit heutigen Bedingungen nicht vergleichbar ist, so dass eine generelle Verteuerung des MIV realistisch erscheint.

Zu Berechnung der tatsächlichen Effekte, vor allem hinsichtlich des Klimaschutzes, wurden Annahmen getroffen, die aus heutiger Sicht möglich sind. Das von der Bundesregierung selbst als „ambitioniert“ bezeichnete Ziel, dass eine Million Elektrofahrzeuge bis 2020 auf deutschen Straßen fahren, wurde dazu aufgegriffen und weiterentwickelt.

Weiterhin wurde davon ausgegangen, dass die Fahrzeuge eine vollwertige Alltagstauglichkeit besitzen und somit entsprechend des Anteils an der Fahrzeugflotte auch an den Fahrleistungen angesetzt werden kann.

Obwohl Elektrofahrzeuge von Herstellern oftmals als „Zero-Emissions-Fahrzeuge“ dargestellt werden (z. B. bewirbt die BMW-Group den „ersten zu 100 % elektrisch betriebenen, völlig emissionsfreien MINI“[13]), muss tatsächlich auch die in Akkumulatoren der Fahrzeuge gespeicherte elektrische Energie produziert und transportiert werden. Dabei fallen jedoch Emissionen an, deren Größenordnung vor allem von der Art der Stromherstellung abhängt.

Was die Verbrauchswerte angeht, so halten sich die Hersteller zumeist bedeckt. In Ermangelung offizieller Angaben wurde deshalb zur Abschätzung entsprechender Werte auf unabhängige Quellen[14] gesetzt, die im Internet von Nutzern die tatsächlichen Verbräuche ihrer Fahrzeuge generieren. Verfügbar sind gegenwärtig jedoch vor allem kleinere Kfz mit einem aus dem geringen Fahrzeuggewicht resultierenden niedrigen Verbrauch. Ansätze, auch größere Fahrzeuge zu 100 % elektrisch anzutreiben, gibt es jedoch bereits. Demnach wurde für 2020 ein Verbrauch von 20 kWh/100 km als durchschnittlicher Verbrauch der gesamten Flotte angesetzt, was eher als positive Annahme gewertet werden muss. Auch 2030 ist dieser Verbrauchswert enthalten, da mit zunehmender Alltagstauglichkeit der Trend zu größeren Fahrzeugen zunimmt und sich evtl. einstellende Effizienzgewinne dadurch wiederum aufheben werden.

Tabelle 4-8: Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Elektromobilität – Bereich Kfz-Verkehr

Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Elektromobilität – Bereich Kfz-Verkehr			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)
	CO_2/ Energie		CO_2/ Energie
• Anteil an Kfz-Flotte: 2 % (Entspricht Zielstellung Bundesregierung) • Anteil an gefahrenen Strecken: 2 % (Alltagstauglichkeit) • Ø-Verbrauch 0,2 kWh/km • konservativer Ansatz des Strommixes 2020	- 0,4 %	• Anteil an Kfz-Flotte: 5 % (entspricht Ziel Nat. Entwicklungsplan Elektromobilität) • Anteil an gefahrenen Strecken: 5 % (Alltagstauglichkeit) • Ø-Verbrauch 0,2 kWh/km • konservativer Ansatz des Strommixes 2030	- 1,1 %

[13] Vgl.: Angaben zum E-Mini auf dem Internetauftritt zum Pilotprojekt Mini E, abrufbar unter http://www.mini.de/minimalism/product/mini_e/index.html (Abruf: März 2011)

[14] Vgl. z.B.: „El-Wiki, dem Wiki für elektrische Mobilität“, Verbrauchswerte abrufbar unter http://www.elweb.info/dokuwiki/doku.php?id=verbrauchswerte_von_elektrofahrzeugen (Abruf: März 2011)

Der direkte Vergleich zeigt für E-Fahrzeuge einen direkten CO_2-Einsparungseffekt von 35 % unter Ansatz des prognostizierten Strommixes inkl. Vorkette. Eine weitere Verbesserung der CO_2-Bilanz ergibt sich nur, wenn in Zusammenhang mit der Nutzung der E-Fahrzeuge zusätzliche Stromerzeugungsanlagen mit erneuerbaren Energien installiert werden, die sonst nicht realisiert würden, wie z.B. Stellplatzüberdachungen mit Photovoltaik.

Hinsichtlich der Effekte im Verkehrssektor muss für 2020 aufgrund der geringen Verbreitung jedoch eine eher untergeordnete Bedeutung konstatiert werden. Eine gewisse Relevanz kommt bei einer größeren Verbreitung in Kombination mit einer klimaverträglicheren Stromproduktion ab 2030 auf. Generell ist eine emissionsarme, d.h. unter weitestgehendem Verzicht auf fossile Energieträger erfolgende Stromproduktion als Stellschlüssel bezüglich der Elektromobilität zu sehen.

4.5.3 Weitere Formen individueller Elektromobilität

Neben den Bemühungen, zunehmend Elektro-Kfz in der Fahrzeugflotte zu etablieren, halten elektrische Antriebe auch in anderen Bereichen Einzug. So drängen seit einigen Jahren Pedelecs (Abkürzung für „Pedal Electric Cycle“) auf den Markt, also Fahrräder, die sowohl per Muskelkraft als auch per Elektromotor angetrieben werden. Dabei wirkt der Motor in verschiedenen Stufen unterstützend, kann aber auch den vollen Antrieb übernehmen.

Diese Form der Elektromobilität hat mit weniger Problemen hinsichtlich der Konkurrenzfähigkeit gegenüber bestehenden Systemen zu kämpfen als Elektro-Kfz. So sind Fahrräder per se eher im Kurzstreckenbereich unterwegs und eine hohe Reichweite muss nicht vorgehalten werden. Durch das niedrige Gewicht von Fahrrad und Fahrer werden geringere Antriebskräfte benötigt, welche schon heute durch kleine, marktreife Akkus gewährleistet werden kann. Somit liegen die Kosten für die Speichertechnik im Rahmen. Zum Aufladen ist keine gesonderte Infrastruktur nötig, Das ganze Rad, teilweise auch nur der Akku, kann separat direkt an einer gewöhnlichen 220 Volt Haushaltssteckdosen, beispielsweise im Keller, gestellt werden .

Auch wenn die rechtliche Einordnung noch nicht umfassend geklärt ist, so müssen Pedelecs, bei denen die Motorunterstützung auf 25 km/h begrenzt ist, entsprechend der Vorgaben für den Radverkehr bewegt werden. Zweiräder, die auch schneller als 25 km/h (bis 45 km/h) mit Motorunterstützung fahren, werden rechtlich als Kleinkraftrad eingeordnet und bedingen einen entsprechenden Führerschein sowie die Anmeldung und ein Versicherungskennzeichen und dürfen ausschließlich auf der Fahrbahn genutzt werden.

Obwohl eine nennenswerte Verbreitung gegenwärtig nicht gegeben ist, so eröffnet sich mit dem Pedelec doch ein Handlungsfeld, welches auch aufgrund der vergleichsweise ausgereiften technischen Entwicklung zu akzeptablen Kosten zukunftsfähig erscheint.

Umso wichtiger wird die Vorhaltung von Infrastrukturen, auf denen sich Rad- bzw. Pedelecfahrer – auch untereinander – sicher bewegen können. Demnach sind für den All-

tagsradverkehr ausreichend breite Radverkehrsanlagen vorzusehen, auf denen Pedelec-Nutzer mit im Vergleich zum Fahrrad höheren und konstanteren Geschwindigkeiten neben dem „klassischen“, unmotorisierten Radfahrer fahren können.

Durch diese Technik kann ein erheblicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden, welche sich weniger durch eine emissionsärmere Technik gegenüber bestehenden Systemen auszeichnet (hier müsste im Vergleich Fahrrad – Pedelec letzterem sogar eine Verschlechterung der Bilanz unterstellt werden), sondern sich vor allem in modalen Effekten niederschlägt. So wird das Fahrrad als Mittel des täglichen städtischen Verkehrs generell und auch auf den längeren Strecken attraktiv. Zudem können Steigungen leichter erklommen und beispielsweise im Alter schwächer werdende Radfahrer weiterhin mit dem Zweirad unterwegs sein. Ähnlich wie bei Car-Sharing müsste demnach zur Potenzialabschätzung ein Vergleich mit fiktiven Verhaltensweisen erfolgen, um die Effekte tatsächlich bilanzieren zu können. Durch die erst kurz gegebene Marktreife, fehlenden Forschungsergebnissen sowie in Ermangelung entsprechender Statistiken wird an dieser Stelle auf eine entsprechende Abschätzung verzichtet.

Tabelle 4-9: Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Bereich Pedelec

Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Bereich Pedelec			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)	Annahmen	Effekt (gg. Trend Straßenverkehr)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
Keine gesonderte Abschätzung möglich, sondern Verstärkung modaler Effekte zugunsten des Radverkehrs – vgl. Kap. 4.4.1		Keine gesonderte Abschätzung möglich, sondern Verstärkung modaler Effekte zugunsten des Radverkehrs – vgl. Kap. 4.4.1	

4.5.4 Elektromobilität im straßengebundenen Transportwesen

In der öffentlichen Diskussion wird der elektrische Antrieb für Fahrzeuge zwar als Schlüsseltechnologie für die Post-Erdölphase bezeichnet und entsprechend gefördert, allerdings liegt die Priorität hier auf dem Pkw-Bereich. Im Transportwesen hingegen liegen keine schlüssigen Konzepte vor, wie dieselbetriebene Lkw adäquat ersetzt werden können. Die Anforderungen, die sich aus der gegenwärtigen Logistik an Lkw stellen, sind vor allem hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Langstreckentauglichkeit hoch. Beide Faktoren können mit den gegenwärtigen Speichermedien nicht vereint werden, so dass Entwicklungen rein elektrisch betriebener Nutzfahrzeuge vor allem für leichte Transporte auf kurzen bis mittleren Strecken stattfinden.

Perspektivisch sind demnach erhebliche Umbrüche im Transportwesen absehbar, sollten sich nicht entsprechende erdölunabhängige Möglichkeiten zur straßenseitigen Abwicklung einstellen. So ist neben einer Renaissance des Schienentransports auch mit einer Erhöhung der Transportkosten zu rechnen, was wiederum die Entwicklung kleinräumiger Produktions- und Transportkreisläufe fördert.

Im Öffentlichen Personenverkehr sind hingegen sowohl im Fern- als auch im Nahbereich Systeme etabliert, die auf elektrischem Antrieb basieren. Diese sind primär schienengebunden (Straßenbahnen, mit E-Loks betriebene Züge oder Triebwagen mit elektrischem Antrieb). Da schienengebundene Fahrzeuge hohe Investitionen für die Vorhaltung von Fahrwegen bedingen, ist ein flächendeckender Einsatz jedoch nicht wirtschaftlich möglich. Deshalb kommen im Nahverkehr auch dieselbetriebene Busse zum Einsatz, die sich im vorhandenen Straßennetz fortbewegen können.

Ebenfalls einsatztauglich, wenn auch in Deutschland inzwischen selten, sind elektrisch betriebene O-Busse. In diesen Fahrzeugen sind keine schweren Akkus zur Speicherung der Antriebsenergie eingebaut, sondern sie beziehen den notwendigen Strom aus Oberleitungen und stellen somit eine Mischform zwischen schienengebundenen Fahrzeugen und von Oberleitungen unabhängigen Fahrzeugen dar. Vor allem die erheblichen Bau- und Unterhaltungskosten, die O-Bussysteme durch die Oberleitungen gegenüber dieselbetriebenen Fahrzeugen kostenintensiver machten, sorgten dafür, dass entsprechende Strecken kaum noch existieren. Vor dem Hintergrund steigender Preise für Treibstoffe könnten diese bewährten Systeme wieder interessant werden.

Alternativ werden in der Praxis auch Hybridbusse getestet, die sich durch die Kombination von Diesel- und elektrischem Antrieb durch einen insgesamt geringeren Verbrauch auszeichnen. Die Busse werden generell durch Dieselmotoren angetrieben, erhalten aber beim Anfahren oder auf Steigungsstrecken Unterstützung durch Elektromotoren. Die notwendige elektrische Energie wird z. B. beim Bremsen gewonnen und in Akkus zwischengespeichert. Da Linienbusse hohe Fahrleistungen aufweisen und nicht nur an LSA sondern auch regelmäßig an Haltestellen anhalten und anfahren müssen, ist das Einsparpotenzial an Kraftstoff erheblich.

Im Rahmen des Teilprojektes „SaxHybrid“ der sächsischen „Modellregionen Elektromobilität“ sollen entsprechende Erfahrungen zum praktischen Flotteneinsatz von seriellen Hybridbussen gesammelt werden. Auf Grundlage der Erfahrungen sollen Empfehlungen abgeleitet werden, wie die Hybridtechnologie zweckmäßig eingesetzt werden kann. Auch der perspektivisch angestrebte rein elektrische Betrieb (mit möglichst schneller Nachladung) soll vorbereitet werden.

Entsprechend dieser frühen Einsatzerfahrungen wird davon ausgegangen, dass die LVB bis 2020 einen vergleichsweise hohen Anteil an Hybridbussen einsetzen wird. Die Abschätzung zur Klimawirkung von Hybridbussen basiert auf ersten Erfahrungswerten, die einen Minderungseffekt von bis zu 30 % ausweisen, was angesichts des flachen Geländeprofils Leipzigs als realistisch einzuschätzen ist. Bis 2030 wird eine weitere Zunahme des Anteils an Hybridbussen unterstellt, die aufgrund der technischen Entwicklung auch größere Einsparpotenziale aufweisen.

Tabelle 4-10: Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Elektromobilität im ÖPNV-Busverkehr

Potenziale im Handlungsfeld energieeffiziente Verkehrsmittel - Elektromobilität im ÖPNV-Busverkehr			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. Trend ÖPNV)	Annahmen	Effekt (gg. Trend)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Hybrid-Anteil an Bus-Flotte: 10 % • Hybrid-Anteil an gefahrenen Strecken: 10 % (Alltagstauglichkeit) • Einsparpotenzial an Diesel: 20 %	- 2 %	• Hybrid-Anteil an Bus-Flotte: 40 % • Hybrid-Anteil an gefahrenen Strecken: 40 % (Alltagstauglichkeit) • Einsparpotenzial an Diesel: 25 %	- 10 %

4.6 Handlungsfeld energieeffizienter Infrastrukturen

Im Handlungsfeld Infrastruktur können Einspareffekte zum einen beim Bau, zum anderen im Betrieb entstehen. Dabei sind im Sinne des Energie- und Klimaschutzes vor allem jene Infrastrukturen relevant, deren Betrieb fortwährend hohe Verbräuche vorrangig an elektrischem Strom erfordert.

Ein weiterer Ansatz zur Gestaltung energiesparender Infrastrukturen ist im Straßennetz gegeben. Dieses steht in einer gewissen Wechselwirkung zum Verkehrsaufkommen: große Kfz-Verkehrsmengen bedingen in der Regel ein entsprechend dimensioniertes Straßennetz – ein großzügig dimensioniertes Straßennetz fördert den Kfz-Verkehr (vgl. Ausführungen zur Verkehrsinduktion in Abschnitt 4.2.4, S.99).

Demnach muss, sollen die Maßnahmen zur Verschiebung der Kfz-Verkehre insbesondere im Bereiche des MIV hin zum Umweltverbund einen dauerhaften Effekt bringen, auch die Kapazität des Straßennetzes entsprechend verringert werden. Im Sinne der Förderung des Umweltverbundes ist die Straßenraumaufteilung somit beispielsweise zugunsten des Radverkehrs oder des ÖPNV zu verändern. Des Weiteren kann durch die verstärkte Einordnung von Straßenbegleitgrün sowie auch von Rasengleisen (in separat geführten Streckenabschnitten der Straßenbahn) ein direkter Beitrag zum Klimaschutz und der Verbesserung der Luftqualität geleistet werden.

Auch hinsichtlich des Unterhaltungsaufwandes stellen sich weniger breite Straßen als vorteilhaft dar, da die finanziellen Aufwendungen für den Erhalt eines akzeptablen Fahrbahnzustandes in Abhängigkeit zu den zu unterhaltenden Fahrbahnflächen stehen.

So können aufgrund fehlender Sanierungsreserven dauerhaft vorhandene schadhafte Strecken dazu führen, dass Energieverbrauch und Emissionen im Kfz-Verkehr zunehmen. Dies ist beispielsweise dann möglich, wenn nur kurze Straßenabschnitte betroffen sind, vor denen abgebremst werden muss, um anschließend wieder zu beschleunigen. Auch kommt es vor allem bei ganzen Straßenabschnitten in schlechtem Zustand zu Vermeidungstendenzen durch Kraftfahrer, aus denen längere Wege zur Umfahrung resultieren.

Generell kann bereits bei der Planung darauf geachtet werden, dass keine überdimensionierten und somit nur aufwendig zu unterhaltenden Straßen entstehen.

4.7 Zusammenfassung der Potenzialanalyse

Die folgende Tabelle soll die Ergebnisse zusammenfassen und einen Überblick geben, welche Effekte in welchem Handlungsfeld generell erreichbar sind. Neben dem relativen Effekt wird auch eine verbale Bewertung vorgenommen.

Tabelle 4-11: Zusammenfassung der Potenzialanalyse

Zusammenfassung				
Handlungsfeld	**Wirkung auf Emissionen**			
	2020		**2030**	
Verkehrsvermeidung				
Stadtplanung – Innenverdichtung (Wirkung gg. Trend Straßenverkehr, ohne Integration der positiven Wirkung auf modale Veränderungen hin zum Umweltverbund, vgl. Kap. 4.3.1)	- 0,5 %	gering	- 0,3 %	gering
Erhöhung Besetzungsgrad Pkw (Wirkung gg. Trend Straßenverkehr)	- 7,1 %	hoch	- 1,8 %	mittel
Modale Beeinflussung Verkehr				
Verstärkte Nutzung Umweltverbund (Wirkung gg. Trend Straßenverkehr)	- 5,3 %	hoch	- 4,8 %	hoch
Klassisches Car-Sharing (Wirkung gg. Trend Straßenverkehr)	- 0,3 %	gering	- 0,4 %	gering
Flexibles Car-Sharing	*Keine Abschätzung möglich aufgrund fehlender Erfahrungen, tendenziell sehr geringe Wirkung*			
Beeinflussung Wirtschaftsverkehr (Wirkung gg. Trend Straßenverkehr)	- 1,5 %	mittel	- 1,7 %	mittel
Energieeffiziente Fahrzeuge				
Effizienzgewinne Pkw (Hybrid) (Wirkung gg. Trend Straßenverkehr)	- 1,4 %	mittel	- 2,7 %	mittel
Reine Elektro-Antriebe Pkw (Wirkung gg. Trend Straßenverkehr)	- 0,4 %	gering	- 1,1 %	mittel
Pedelec	*Keine Abschätzung möglich aufgrund fehlender Erfahrungen, tendenziell eher modale Effekte*			
Hybrid im ÖPNV-Busverkehr (Wirkung gg. Trend ÖPNV)	- 2,0 %	mittel	- 10 %	hoch
Hybrid im ÖPNV-Busverkehr (Wirkung gg. Trend Straßenverkehr)	- 0,02 %	gering	- 0,2 %	gering

Wie anhand der isolierten Betrachtung der jeweiligen Handlungsfelder deutlich wurde, sind die erreichbaren klimatischen Effekte sehr unterschiedlich.

So haben besonders die Maßnahmenansätze im Straßenverkehrsbereich eine hohe Wirkung, die auf die Erhöhung der Effizienz einzelner Fahrten ausgerichtet sind (Erhöhung Besetzungsgrad) oder Kfz-Fahrtvermeidend wirken.

Beachtet werden muss, dass die ausgewiesenen Potenziale nicht zusammengezogen und auf die Trendfortschreibung angewandt werden können, um die Minderungen zu bestimmen. Vielmehr beeinflussen sich die Effekte gegenseitig, so dass die tatsächliche Minderung in der Gesamtrechnung unterhalb dessen liegt, was in Summe aller Potenziale ausgewiesen wird.

5 Szenarien

5.1 Methodische Vorgehensweise

Mithilfe der Szenarien soll die mögliche Bandbreite der Entwicklungen in der Zukunft dargestellt werden. Dabei stehen die klimapolitischen Ziele Leipzigs sowie die übergeordneten Ziele der Bundesregierung im Vordergrund. Diese Ziele wurden im der Projektphase 1 im Abschnitt 2.3 bis 2.5 beschrieben. Im Wesentlichen sind es das integrierte Energie- und Klimaschutzprogramm der Bundesregierung, welches für den Freistaat Sachsen im Hintergrundpapier der sächsischen Staatsregierung vom März 2009 spezifiziert wurde. Die 26 % Reduzierung des CO_2-Ausstoßes im Nicht-Emissionshandelssektor bezogen auf das Jahr 2006 sollen erreicht werden durch:

- Senkung des fossilen Heizenergiebedarfs bis 2020 um 20 %.
- Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs im motorisierten Individualverkehr (MIV) um 20 %.
- Erhöhung des Anteils der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) an der Stromerzeugung von 20 % im Jahr 2006 auf 30 % im Jahr 2020.
- Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch in Sachsen bis 2020 auf mindestens 24 %.

Die Stadt Leipzig hat sich zudem im Rahmen ihrer Mitgliedschaft im „Klima-Bündnis europäischer Städte mit den indigenen Völkern der Regenwälder“ folgende Ziele gesetzt:

- Die Reduktion des CO_2-Ausstoßes alle fünf Jahre um 10 %.
- Die Halbierung der Pro-Kopf-Emissionen bis spätestens 2030 (Basisjahr 1990).
- Eine langfristige Verminderung der Treibhausgasemissionen auf ein nachhaltiges Niveau von 2,5 Tonnen CO_2-Äquivalent pro Einwohner im Jahr durch Energiesparen, Energieeffizienz und durch Nutzung erneuerbarer Energien.

Die spezifischen CO_2-Emissionen pro Einwohner, die sich bei Erreichung dieser Ziele bis 2050 ergeben, sind in Bild 5-1 dargestellt. Die Halbierung der Pro-Kopf-Emissionen seit 1990 hat Leipzig im Jahr 2008 erreicht. Die stetige Reduktion des CO_2-Ausstoßes alle fünf Jahre um 10 % ist ambitionierter als die übergeordneten Ziele des Freistaats und der Bundesregierung. Dabei wird voraussichtlich im Jahr 2050 das langfristige Ziel von 2,5 t CO_2-Äquivalent pro Einwohner erreicht.

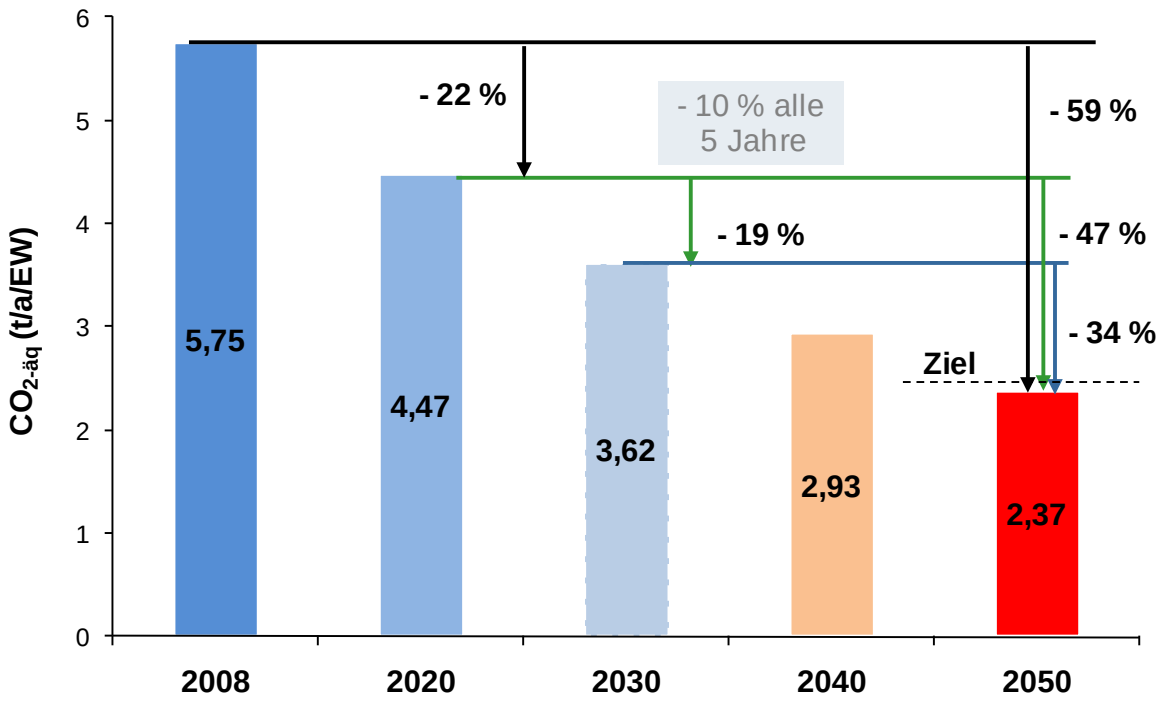


Bild 5-1: Zielvorgaben im Rahmen der Mitgliedschaft im Klimabündnis zu den spezifischen äquivalenten CO_2-Emissionen pro Einwohner mit Bezug auf das Jahr 2008.

Langfristig strebt die Stadt Leipzig eine Versorgung aus 100 % regenerativen Energien an. Dieses Ziel soll im Visionsszenario analysiert werden.

Bei den folgenden Szenarienbetrachtungen wird in drei Arten unterschieden, welche im Folgenden näher erläutert werden.

<u>Trendszenario</u>
In den Trendszenarien wird eine Verlängerung der bisherigen Entwicklung in der Zukunft abgebildet. Dies beinhaltet die Struktur der Energieversorgung, den Energieverbrauch nach Sektoren (inkl. Verkehr), die Energieflussprognose und die Emissionsprognose sowie eine Sensitivitätsanalyse im Hinblick auf nicht von der Stadt Leipzig beeinflussbare Faktoren. Dabei wird von einer Beibehaltung bestehender Vorgaben und Förderungen ausgegangen.

<u>Aktionsszenario</u>
Das Aktionsszenario kann als eine Art Zielszenario angesehen werden. Dies bedeutet, dass für das betreffende Zieljahr ein Ziel bezüglich der CO_2-Reduktion vorgegeben wird. Mit diesem Wert als Ausgangspunkt wird auf die jährlich notwendigen Aktionen zurück gerechnet. Dadurch ergeben sich die jährlich umzusetzenden Potenziale.

Im Vergleich zum Trendszenario wird hier ein aktives Anstreben der Energie- und Klimaschutzziele vorausgesetzt. Dabei wird die Erschließung der ermittelten technisch-wirtschaftlichen Potenziale in den verschiedenen Handlungsfeldern anvisiert:

- Energieeinsparung,
- Energieeffizienz,
- Erschließung der Kraft-Wärme-Kopplungs- und Erneuerbare-Energie-Potenziale,
- Energieträgerwechsel,
- Handlungsfelder im Bereich Verkehr.

Eine Beeinflussung der Entwicklung in den Handlungsfeldern kann über externe Maßnahmen (Bund, Freistaat) oder die Stadt selbst erfolgen. Beispiele dafür sind:
- Verschärfung gesetzlicher Vorgaben,
- Änderung oder Einführung von Förderprogrammen für bestimmte Technologien und Versorgungsvarianten,
- Anreiz- bzw. Zwangsausübung hinsichtlich bestimmter Technologien und Versorgungsvarianten.

Im Aktionsszenario werden entsprechende Maßnahmen unterstellt. Die genauere Analyse der Maßnahmen sowie eine Ableitung erforderlicher Maßnahmen bei der Förderpolitik auf verschiedenen Ebenen erfolgt in der Projektphase 4.

Visionsszenario

Das Ziel einer vollständigen Versorgung aus regenerativen Energien soll im Visionsszenario analysiert werden. Dazu werden dem prognostizierten Energieverbrauch der Stadt Leipzig die lokal verfügbaren Energieträgerpotenziale, die daraus resultierenden Strom- und Wärmeerzeugungspotenziale sowie der zukünftige Stromerzeugungsmix von Deutschland gegenübergestellt. Die aus heutiger Sicht denkbaren technischen Optionen zur Energiebedarfssenkung und Energieversorgung werden dem Visionsszenario zu Grunde gelegt.

Da für eine vollständige auf erneuerbaren Energien basierende Versorgung die städtischen Ressourcen wahrscheinlich nicht ausreichen, werden Potenziale des Umlandes in die Diskussion mit einbezogen. Ebenso werden externe Ausgleichsmaßnahmen thematisiert, obwohl die in Projektphase 2 begründete Bilanzierungsmethode Emissionsminderungsmaßnahmen außerhalb des Territoriums der Stadt Leipzig ausdrücklich nicht berücksichtigt.

Im Ergebnis sollen erforderliche Umstrukturierungsmaßnahmen in der Infrastruktur und notwendige Änderungen des Bedarfsverhaltens benannt werden. Weiterhin sind Anforderungen für die langfristige Sicherung von Energieeffizienz und Klimaschutz abzuleiten.

5.2 Trendszenarien

5.2.1 Bereich Energie

Energiebedarf

Der Energiebedarf in den Jahren 2020 und 2030 wurde getrennt nach Haushalte, Gemeinbedarf und Wirtschaft ermittelt. Der Rückgang des Strombedarfes in Haushalten beruht auf den Berechnungen zum Einsatz effizienterer Haushaltsgeräte, welche sich zwangsläufig in den nächsten Jahren durchsetzen werden (siehe Tabelle 3-25). Diese Berechnungen wur-

den auf das Trendszenario für 2020 und 2030 angesetzt und gleichzeitig der Anstieg der Haushalte und der Anstieg der Elektrogeräte pro Haushalt (Marktdurchdringung) berücksichtigt. Der Strombedarf des Gemeinbedarfes wurde konstant angesetzt, da aus [TGM 2008] hervorgeht, dass der Stromverbrauch öffentlicher Gebäude in der Zeit ab 2000 nicht signifikant gesunken ist. Der Strombedarf im Wirtschaftssektor wurde gemäß Abschnitt 2.4.3 angesetzt.

Tabelle 5-1: Strombedarf Trendszenarien

		Ist 2008	Trend 2020	Trend 2030
Haushalte	GWh/a	586	555	524
Gemeinbedarf	GWh/a	115	115	115
Wirtschaft	GWh/a	1.413	1.367	1.254

Tabelle 5-2: Strombedarf Trendszenarien, bezogen auf die Einwohnerzahl

		Ist 2008	Trend 2020	Trend 2030
Haushalte	kWh/(EW*a)	1.147	1.030	970
Gemeinbedarf	kWh/(EW*a)	225	213	213
Wirtschaft	kWh/(EW*a)	2.764	2.538	2.323

Der Wärmebedarf der Haushalte wurde entsprechend des ermittelten Trends zur Gebäudesanierung (siehe Abschnitt 3.5.3) angesetzt. Dort wurde von einem Wärmerückgang von 7 % bis 2020 inklusive Abriss und Neubebauung ausgegangen. Es wird angenommen, dass diese Änderungen bis 2020 stattfinden und danach im Trend keine signifikanten Einsparpotenziale mehr umgesetzt werden. Weiterhin wurde angenommen, dass sich der Wärmebedarf öffentlicher Gebäude ähnlich verhält wie der Wärmebedarf von Wohngebäuden. Der Verbrauch im Sektor Wirtschaft wurde gemäß Abschnitt 2.4.3 angesetzt. Es wurden jeweils die temperaturbereinigten Bedarfswerte angesetzt.

Tabelle 5-3: Wärmebedarf Trendszenarien

		Ist 2008	Trend 2020	Trend 2030
Haushalte	GWh/a	2.337	2.198	2.198
Gemeinbedarf	GWh/a	269	263	263
Wirtschaft	GWh/a	1.028	889	739

Tabelle 5-4: Wärmebedarf Trendszenarien, bezogen auf die Einwohnerzahl

		Ist 2008	Trend 2020	Trend 2030
Haushalte	kWh/(EW*a)	4.572	4.082	4.071
Gemeinbedarf	kWh/(EW*a)	527	488	486
Wirtschaft	kWh/(EW*a)	2.013	1.651	1.368

Die angesetzten jährlichen Trendraten werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 5-5: Jährliche Trendraten des Strom- und Wärmebedarfs bis 2030

	jährliche Trendrate 2008 - 2020	jährliche Trendrate 2020 - 2030
Haushalte		
Strom	- 0,5%	- 0,6%
Wärme	- 0,5%	0,0%
Gemeinbedarf		
Strom	0,0%	0,0%
Wärme	- 0,5%	0,0%
Wirtschaft		
Strom	- 0,3%	- 0,8%
Wärme	- 1,2%	- 1,8%

Energiebereitstellung

Die Fortschreibung der Trends auf die Jahre 2020 und 2030 bezüglich der Energiebereitstellung durch Erneuerbare Energien, KWK-Anlagen und Fernwärme wurde bereits in den jeweiligen Unterkapiteln bei den Potenzialen dargestellt. Des Weiteren wurde davon ausgegangen, dass die Eigenenergieerzeugung der Stadtwerke Leipzig bis zum Jahr 2030 konstant bleibt. Nach Aussage der Stadtwerke Leipzig soll das GuD-Heizkraftwerk Nord bis mindestens 2030 betrieben werden. Im Trendszenario wird von einem jährlichen Rückgang des Fernwärmeabsatzes von 1 % ausgegangen (siehe 3.1.2.3). Da von einem unveränderten Betrieb der Erzeugeranlagen der Stadtwerke Leipzig ausgegangen wird, bedeutet dies einen verminderten Wärmebezug aus dem Kraftwerk Lippendorf. Die thermischen und elektrischen Energiemengen der Erzeugeranlagen wurden demnach aus der Energiebilanz 2008 übernommen. Die Differenz zu dem Fernwärmeabsatz bildet die Bezugsmenge aus Lippendorf. Die Wärmemengen aus Geothermie, Solarthermie, KWK und Biomasse (Holz) wurden den Trendfortschreibungen entnommen, ebenso die Stromerzeugung aus PV und KWK.

Tabelle 5-6: Erzeugungsstruktur und Energieerzeugung der Trendszenarien

		2020	**2030**	**2020**	**2030**
		GWh/a	**GWh/a**	**t CO_2 / a**	**t CO_2 / a**
Stromerzeugung					
Erzeugeranlagen SWL		774	774	494.521	494.521
KWK Anlagen		57	75	42.080	54.837
Photovoltaik		5	7	0	0
Wind/Wasser		10	10	0	0
Biogas/Klärgas		13	13	0	0
Strombezug extern		1.178	1.015	619.898	377.913
Wärmebereitstellung					
Erzeugeranlagen SWL		847	847	in Strom enthalten	in Strom enthalten

		2020	2030	2020	2030
		GWh/a	**GWh/a**	**t CO_2 / a**	**t CO_2 / a**
Fernwärme Bezug extern		733	582	133.290	105.822
KWK Anlagen		85	111	in Strom enthalten	in Strom enthalten
Solarthermie		8	13	0	0
Umweltwärme		41	66	0	0
Biomasse/ Biogas/Klärgas		26	26	0	0
Erdgas		1.805	1.786	508.787	503.408
Heizöl		65	4	22.139	1.506
Kohle		2	2	1.479	1.109
Einwohner	*Anzahl*			*538.506*	*540.000*
Spez. CO_2-Emissionen	*t/EW*			***3,38***	***2,85***

Die obige Tabelle weist die Erzeugungsstruktur zur Bereitstellung der oben genannten Bedarfswerte für die Jahre 2020 und 2030 im Trendszenario aus sowie die dazugehörigen CO_2-Emissionen. Die detaillierten Energieströme sind den Energieflussanalysen der Trendszenarien 2020 und 2030 den Anlagen 1 und 2 zu entnehmen.

Die CO_2-Faktoren von Erdgas, Heizöl und Kohle werden dabei als unverändert zu 2008 angenommen. Außerdem wird aufgrund der gleichen Stromerzeugung der Erzeugeranlagen der Stadtwerke Leipzig die gleiche eingesetzte Brennstoffmenge wie 2008 angesetzt. Auch der CO_2-Faktor der extern bezogenen Fernwärme aus Lippendorf wird als konstant angesetzt. Gemäß der Energiebilanz 2008 wurde ein Fernwärme-Netznutzungsgrad von 82,4 % angesetzt und in den Szenarien auf den prognostizierten Fernwärmeabsatz angewendet. Der CO_2-Faktor des deutschen Strommixes wird gemäß Abschnitt 2.4.4 folgendermaßen festgelegt:

2020: 526 t $CO_{2,\ äqivalent}$ / GWh
2030: 372 t $CO_{2,\ äqivalent}$ / GWh

Mit einer Bevölkerungsprognose von:

2020: 538.506 Einwohner
2030: 540.000 Einwohner

entwickeln sich die einwohnerspezifischen CO_2 Emissionen (ohne Verkehr) zu:

2020: 3,4 t $CO_{2,äquivalent}$
2030: 2,9 t $CO_{2,äquivalent}$

Bezieht man die in 5.1 ermittelten prozentualen Senkungsziele anteilig nur auf den Bereich Energie, ergeben sich folgende Ziele für 2020 und 2030:

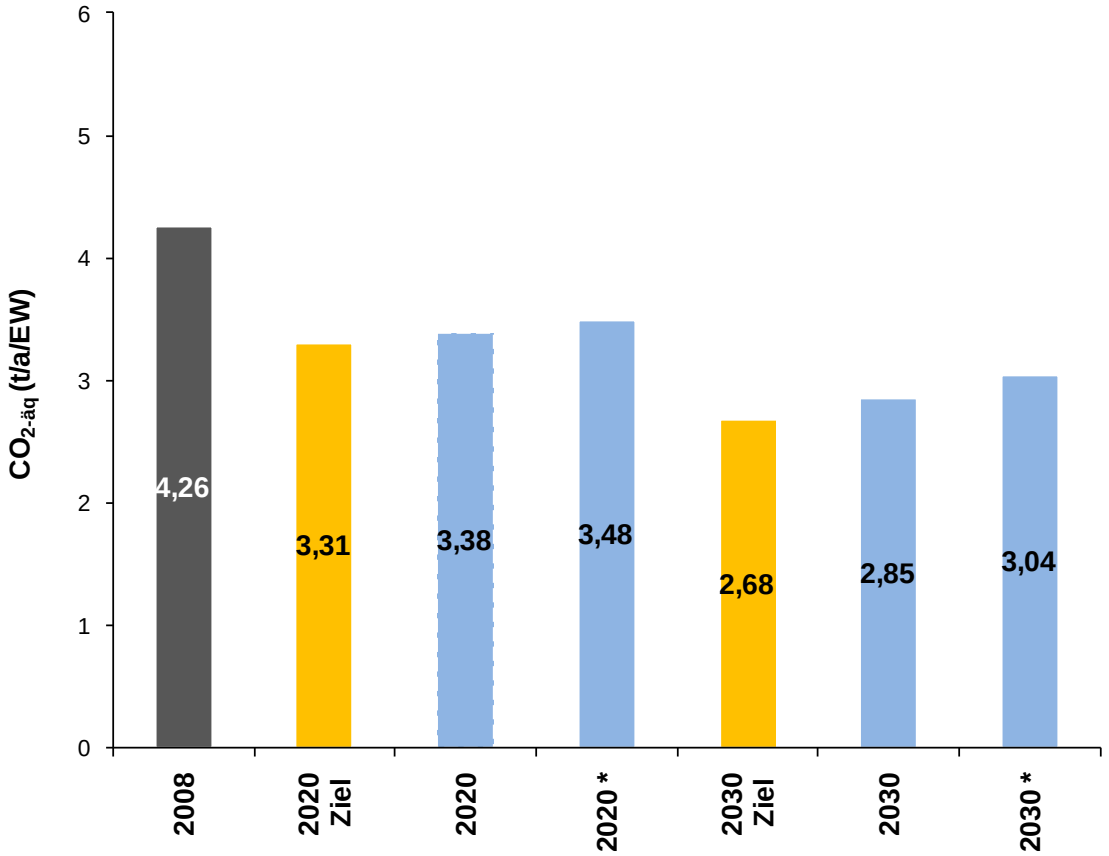
2020: 3,3 t $CO_{2,äquivalent}$
2030: 2,7 t $CO_{2,äquivalent}$

Man erkennt, dass diese Ziele mit dem Trendszenario und den hier angenommenen Trendentwicklungen bereits fast erreicht werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass der sinkende bundesdeutsche CO_2-Faktor des Strommixes, sowie der sinkende Energiebedarf des Wirtschaftssektors sowie der Haushalte einen großen Einfluss auf die zukünftigen CO_2-Emissionen der Stadt Leipzig darstellen. Dies ist nicht den Anstrengungen der Stadt zuzuschreiben, sondern größtenteils externen Voraussetzungen (Strommix, Vorgaben zu energieeffizienten Geräten und Gebäudestandards etc.). Setzt man folgende eher konservative Prognosen des CO_2-Faktors des bundesdeutschen Strommixes an (Szenario 2 aus 2.4.4) ergeben sich schlechtere CO_2-Faktoren im Trendszenario.

2020: 577 t $CO_{2,\ äqivalent}$ / GWh
2030: 510 t $CO_{2,\ äqivalent}$ / GWh

Es ergeben sich unter diesen geänderten Randbedingungen folgende spezifische CO_2-Emissionen:

2020: 3,5 t $CO_{2,äquivalent}$
2030: 3,0 t $CO_{2,äquivalent}$



2020 * Konservativer Ansatz für den CO_2-Emissionsfaktor des bundesdeutschen Strommixes
2030 * Konservativer Ansatz für den CO_2-Emissionsfaktor des bundesdeutschen Strommixes

Bild 5-2: CO_2-Emissionen der Trendszenarien in Leipzig

Das obige Diagramm stellt die CO_2-Senkung im Trendszenario gegenüber dem Referenzjahr 2008 dar. Dabei wurden sowohl die optimistischen als auch die konservativen CO_2-Emissionsfaktoren für den bundesdeutschen Strommix angesetzt. Es wird deutlich, welche Spannbreite sich abhängig von nicht zu beeinflussbaren Faktoren ergibt und dass ein aktives Engreifen der Stadt Leipzig durch entsprechende Aktionen bzw. Maßnahmen notwendig ist, um sich nicht von äußeren Faktoren abhängig zu machen.

5.2.2 Bereich Verkehr

Die Trend-Berechnungen im Verkehrssektor sind methodisch weitestgehend adäquat zur Analyseberechnung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes gemäß Inlandskonzept erfolgt. Dadurch wird eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse erreicht, so dass die klimatischen und energetischen Entwicklungen sachgerecht beurteilt und entsprechende Handlungsoptionen abgeleitet werden können.

Generell muss konstatiert werden, dass eine vertretbare Prognose vorrangig für das Jahr 2020 zu errechnen war. Für die Vorausberechnungen des Jahres 2030 müssen erhebliche Unsicherheiten aufgrund fehlender Aussagen zur weiteren Entwicklung maßgeblicher Ein-

flussfaktoren unterstellt werden. Eine als „seriös“ zu bezeichnende Prognose für 2050 kann nicht erfolgen.

Analog zur Analyse des Energieverbrauchs und der klimarelevanten Emissionen konnte für 2020 auf das Verkehrsprognosemodell zurückgegriffen werden, um die Entwicklung des Straßenverkehrs innerhalb der Leipziger Stadtgrenzen abzubilden. Im Prognosemodell sind die das Verkehrssystem maßgeblich beeinflussenden Effekte enthalten:

- Demographische Entwicklungen
- Einflüsse großer Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen, insbesondere die Wirkung des Citytunnels
- stadtplanerische Einflüsse
- Prognosen zur wirtschaftlichen Entwicklungen inkl. der Effekte der weiteren Stärkung des Standorts im Bereich Logistik

Da die Vorhaltung eines Verkehrsmodells, in welches zeitnah aktuelle Entwicklungen und Prognosen aus allen genannten Bereichen eingepflegt werden, nicht leistbar ist, wurden die Ergebnisse der Auswertung durch eigene Korrekturfaktoren aktualisiert. Dabei wurde nur auf Erkenntnisse zurückgegriffen, die als „gesichert“ gelten können, wie beispielsweise eine bereits veränderte Einwohnerentwicklung im Vergleich zu den Einwohnerannahmen des Verkehrsprognosemodells. Aktuell in der Diskussion befindliche größere Wirkungen, beispielsweise durch eine potenzielle Erweiterung des Porschewerkes[15] im Norden der Stadt, sind hingegen nicht integriert worden. Allerdings sind im Verkehrsprognosemodell grundsätzliche Annahmen zur wirtschaftlichen und verkehrlichen Entwicklung von Gewerbe- und Industriestandorten enthalten.

Die Ergebnisse der Auswertung des Verkehrsmodells ergaben Gesamtfahrleistungen für mehrere Fahrzeugklassen, die anschließend mit den prognostizierten Emissions- und Energieverbrauchsfaktoren des HBEFA zu einer geeigneten Gesamtbilanz für den Bereich Straßenverkehr aufbereitet wurden.

Für das Prognosejahr 2030 besitzt die Stadt Leipzig noch keine Verkehrsprognoseberechnung. Dies ist vor allem damit zu begründen, dass die Prognosen auf einer Vielzahl verschiedener Einflussfaktoren basiert, deren jeweilige Entwicklung auch noch nicht sicher vorausgesagt werden kann. So zeigt beispielsweise eine Trendabschätzung zur Einwohnerentwicklung des Statistischen Landesamtes Sachsen die mögliche demographische Entwicklung nur in Form einer Bandbreite auf.

Die Trendprognose zur Entwicklung des Straßenverkehrs für das Jahr 2030 konnte demnach anhand der vorliegenden Daten nur grob in Form einer einfachen Fortschreibung erfolgen. Die Ableitung von klimarelevanten Emissionen und dem Energieverbrauch war hingegen über entsprechende Faktoren des HBEFA möglich, auch wenn diesen Werten eine erhebliche Unsicherheit aufgrund der Weite des Prognosehorizontes zuerkannt werden muss.

[15] Vgl. u.a.: Meldung des MDR Sachsen vom 18.2.2011: „Wird Porsche Leipzig zum Produktionswerk ausgebaut?“, abrufbar unter http://www.mdr.de/sachsen/leipzig/8246327.html

Für das Jahr 2050 ist seriös keine Verkehrsprognose zu gestalten. Zu viele Einflussfaktoren, die zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht einmal ansatzweise abgeschätzt werden können, spielen eine Rolle. Als maßgeblich stellt sich dabei die weitere Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe dar, deren Fördermaximum im Jahr 2050 mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit überschritten sein wird. Somit wird das Verkehrswesen in knapp 40 Jahren vor allem davon bestimmt sein, ob eine mit heutigen Verhältnissen vergleichbare Verkehrsmittelstruktur erhalten werden konnte und wie sich diese technisch gestaltet.

Deshalb werden für das Jahr 2050 keine Berechnungen angestellt, sondern lediglich grobe Entwicklungstendenzen abgebildet und bewertet.

Generell wurde im Bereich Straßenverkehr durch die Auswertung des Leipziger Verkehrsmodells eine moderate Steigerung der Verkehrsleistungen festgestellt. Diese sind mit verschiedenen Entwicklungen zu begründen, welche bis 2020 wirksam sind:

- der weitere ***Anstieg der Bevölkerung*** in Leipzig sorgt dafür, dass auch bei einem bereits im Modell berücksichtigten Rückgang des Modal-Split-Anteils des MIV dieser Effekt teilweise wieder kompensiert wird
- die Erhöhung der ***Kfz-Verfügbarkeit bis ins hohe Alter*** ist ebenfalls ein Grund für den weiteren Anstieg. Dabei verstärkt sich der generelle Effekt einer längeren Nutzung des Pkws bis ins hohe Alter durch die demographisch bedingte Erhöhung des Anteils von Personen über 65 Jahren. Auch in den Gemeinden um Leipzig nimmt der Anteil älterer Mitbürger zu. Die größte Wachstumsrate kann bei älteren Frauen erwartet werden, die sich zunehmend „automobil emanzipieren“, wie die Shell-Studie zu Pkw-Szenarien formuliert[16]
- Einen erheblichen Beitrag zur Erhöhung der Straßenverkehrsleistung leistet der ***zunehmende Straßenwirtschaftsverkehr***. Dieser steigt gemäß der Landesverkehrsprognose für 2020 auf der Straße zwischen 2005 und 2020 um 22 % und wirkt sich entsprechend auch auf die Verkehrsleistungen im Raum Leipzig aus. Diese sind auch auf die Ansiedlung von Logistik- und transportintensiven Unternehmen in Leipzig zurückzuführen.

Trotz der Erhöhung der Verkehrsleistungen wird im Bereich des Straßenverkehrs hinsichtlich der Emissions- und Energieverbrauchsentwicklung eine Minderung ausgewiesen. Diese resultiert aus einem erheblichen technologischen Fortschritt, der in den nächsten Jahren im Bereich der Effizienzsteigerung beim Pkw-Verkehr erwartet und in den Emissionsfaktoren integriert ist.

[16] Vgl.: Shell: „Pkw-Szenarien bis 2030“, Hamburg 2009, S. 25

Tabelle 5-7: Ergebnis der Trendberechnungen Straßenverkehr

Ergebnis der Trendberechnungen Straßenverkehr			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Bilanz (gg. 2008)	Annahmen	Bilanz (gg. 2008)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Verkehrsleistungsberechnungen in Leipzig aus Verkehrsmodell • Anpassungen aus aktuellen Prognosen • Erhebliche Verbesserung des Emissions- und Verbrauchsverhaltens der Kfz gemäß HBEFA	- 3,8 %	• Fortschreibung der Prognosen des Verkehrsmodells anhand von Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung und Zusammensetzung • Anwendung der Emissions- und Verbrauchsfaktoren gemäß HBEFA	- 13,8 %

Trend-Szenarien im Bereich ÖPNV (Stadt- und Regionalverkehr)

Die wichtigste Entwicklung im ÖPNV-System der Stadt Leipzig ist die mit der Eröffnung des Citytunnels einhergehende Umstellung des ÖPNV-Systems. Generell wird vor allem im Regionalverkehr mit einer erheblichen Verbesserung der Angebote in Richtung Südwesten gerechnet, welche sich durch geringe Fahrzeiten und dichte Taktfolgen auszeichnen. Auch die Direktheit der Linienführung unter der Leipziger Innenstadt hindurch verbessert die Bedingungen im ÖPNV deutlich. Die Führung der Linien durch den Citytunnel bedingt auch den Einsatz von Elektrofahrzeugen. Zu diesem Zweck wurden durch den Betreiber der S-Bahnen, der DB-Tochter „S-Bahn Mitteldeutschland GmbH“ bereits moderne Elektrotriebfahrzeuge bestellt[17].

Aufgrund generell langer Lebensdauern von Schienenfahrzeugen werden für 2030 im schienengebundenen S- und Regionalverkehr keine erheblichen Effizienzgewinne durch eine Flottenerneuerung unterstellt.

Im Netz der LVB wurden keine erheblichen Veränderungen hinsichtlich des Liniennetzes angenommen. Aufgrund der weiteren Erneuerung des Fuhrparks der Straßenbahnen (schrittweise Ausmusterung der Tatra-Straßenbahnen) werden hier geringere Verbrauchwerte unterstellt. Der Effekt wird vorrangig im Trend für 2020 spürbar. Bis 2030 ist eine erneute Modernisierungsstufe im Straßenbahnfuhrpark hingegen nicht zu erwarten, da diese Fahrzeuge eine generell lange Lebensdauer aufweisen und die jüngsten Fahrzeuge dann mit einem Alter von 35 Jahren als noch betriebsfähig einzuschätzen sind.

[17] Vgl.: Der Mobilitätsmanager vom 08.02.2011: „DB Regio betreibt künftig das Mitteldeutsche S-Bahn-Netz“, abrufbar unter http://dmm.travel/news/artikel/lesen/2011/02/db-regio-betreibt-kuenftig-das-mitteldeutsche-s-bahn-netz-34147/

Tabelle 5-8: Ergebnis der Trendberechnungen im Bereich ÖPNV

Ergebnis der Trendberechnungen im Bereich ÖPNV			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Bilanz (gg. 2008)	Annahmen	Bilanz (gg. 2008)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Erhebliche Veränderungen im Liniennetz des Regionalverkehrs durch Eröffnung Citytunnel • Hoher Anteil Elektrotraktion im SPNV • Effizienzsteigerung im Straßenbahnverkehr durch Ersatz der veralteten Tatra-Fahrzeuge • Anpassungen des Emissions- und Verbrauchsverhaltens der Busverkehre gemäß HBEFA	- 21 %	• keine erheblichen Anpassungen im Liniennetz/ Fahrplan gegenüber 2020 • keine Effizienzgewinne im Bereich schienengebundener Fahrzeuge (hohe Lebensdauer) • Anpassungen des Emissions- und Verbrauchsverhaltens der Busverkehre gemäß HBEFA	- 31 %

Im Busverkehr wurden höhere Emissionen an CO_2-Äquivalenten gegenüber 2008 ausgewiesen. Diese hängen zum einen mit der generell höheren Fahrplanleistung nach Umstellung des Busnetzes 2010 zusammen, resultieren aber auch aus dem verstärkten Einsatz von Partikelfiltern in Bussen sowohl des Stadt- als auch des Regionalverkehrs. Durch den Einsatz entsprechender Filter kommt es zu einer Erhöhung des klimarelevanten NO_2-Ausstoßes und ist entsprechend in den Emissionsfaktoren nach HBEFA abgebildet. Da der derzeit geplante Einsatz von Hybrid-Linienbussen im Kontext aktiver kommunaler Handlungen zur Verbesserung der Klimabilanz zu sehen ist (Modellcharakter des Nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität), wurden entsprechende Effekte im Trendszenario nicht abgebildet.

Trend-Abbildung im Schienenfernverkehr 2020 und 2030

Der Schienenfernverkehr, der in der Gesamtbilanz im Bereich Verkehr von 2008 einen geringen Anteil ausgemacht hat, ist ebenfalls nicht sicher prognostizierbar. Unterstellt wurde hier jedoch, dass das Fahrplanangebot durch die Fertigstellung der verschiedenen Neubautrassen auf der Relation Berlin - München nicht erheblich ausgedünnt und Leipzig zugunsten kürzerer Gesamtfahrzeiten ganz oder teilweise umfahren wird. Diese Annahme geht damit von einer positiven Entwicklung im Fernverkehr aus, da tatsächlich eine Umfahrung Leipzigs als Option im Fernverkehrsnetz der Deutschen Bahn strategisch interessant erscheint[18]. Entsprechend muss von Seiten der Politik auf einen Erhalt der Direktanbindung Leipzigs gedrungen werden.

Im Güterverkehr wird eine Steigerung der Verkehrsleistungen von 22 % entsprechend der Landesverkehrsprognose angenommen. Diese ergibt sich aus einer positiven Entwicklung des Logistikstandorts Leipzig, einer generell stärkeren Verlagerung von Gütern auf die

[18] Vgl. u.a.: LVZ online vom 11.03.2010: „Heftige Kritik an Einschnitten im Fernverkehr - Tillich fordert: Pläne überdenken“, abrufbar unter: http://nachrichten.lvz-online.de/nachrichten/mitteldeutschland/heftige-kritik-an-einschnitten-im-fernverkehr--tillich-fordert-plaene-ueberdenken/r-mitteldeutschland-a-21222.html

Schiene sowie die Erhöhung der Transportkapazitäten durch die Fertigstellung der Neubaustrecken zwischen Berlin und München.

Tabelle 5-9: Ergebnisse der Trendberechnungen zum Schienenfernverkehr

Ergebnisse der Trendberechnungen zum Schienenfernverkehr			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. 2008)	Annahmen	Effekt (gg. 2008)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• keine Veränderung im Fahrplanangebot (Annahme einer weiterhin guten Anbindung trotz Fertigstellung der Neubautrassen Berlin – München) • geringe Effizienzgewinne durch modernisierte Fahrzeuge • Anstieg der Güterverkehrsleistung entsprechend Landesverkehrsplan	+ 0,6 %	• keine Veränderung im Fahrplanangebot (Annahme einer weiterhin guten Anbindung trotz Fertigstellung der Neubautrassen Berlin – München) • geringe Effizienzgewinne durch modernisierte Fahrzeuge • Anstieg der Güterverkehrsleistung entsprechend Landesverkehrsplan	+ 10 %

Im Ergebnis wird deutlich, dass der Anstieg der Güterverkehrsleistung zu Lasten der Klimabilanz des Schienenverkehrssektors geht. Insbesondere im Jahr 2030 ist im Trend ein deutlicher Anstieg an Emissionen zu verzeichnen. Aufgrund des generellen Vorteils des Schienenverkehrs gegenüber Straßentransporten darf der Effekt, der auch anteilig an den Gesamtbilanzen eine untergeordnete Rolle spielt, nicht negativ aufgefasst werden.

Entwicklung des Trends im Bereich klimarelevanter Emissionen des Flugverkehrs 2020 und 2030

Wie bereits im Bericht zur Analyse der klimarelevanten Emissionen und der Energieverbräuche aufgezeigt, ist eine zuverlässige Bilanzierung für den Bereich Flugverkehr nur eingeschränkt möglich. Für die Prognose könnte auf eine Angabe der Landesverkehrsprognose 2020 des Freistaates Sachsen aus dem Jahr 2009 zurückgegriffen werden, die eine Erhöhung des Passagieraufkommens am Flughafen Leipzig/Halle von ca. 145 % zwischen 2005 und 2020 vorhersagt. Da sich bisher (zwischen den Jahren 2005 und 2010, also einem Drittel des Prognosezeitraums) lediglich eine Erhöhung von 10 % eingestellt hat, die Fluggastzahlen seit 2007 sogar rückläufig sind und keine Entwicklungen absehbar sind, die eine Steigerung der Passagierzahlen entsprechend der Landesverkehrsprognose begründen könnten, wird auf diese Quelle verzichtet. Stattdessen wird die Ausbildung der Flugbewegungen fortgeschrieben und mit einem jährlichen Wachstum von 5 % als positive Annahme auf Basis der Entwicklungen der letzten Jahre, die insbesondere aus der Steigerung des Frachtaufkommens resultieren, übernommen.

Generell sind die Emissionsentwicklungen im Flugwesen schwer abzuschätzen, sie rücken aber zunehmend in den Fokus der Fluggesellschaften. Zum einen sind die generell steigenden Energiepreise eine Motivation, zum anderen führt die Integration des Flugverkehrs in den EU-Emissionshandel ab 2012 dazu, dass die Fluggesellschaften einen wirtschaftlichen Anreiz zur Beschaffung sparsamer Modelle haben.

So gibt es auch in diesem Bereich Bemühungen, die Antriebe von fossilen Treibstoffen unabhängig zu machen bzw. zumindest sparsamere Aggregate einzusetzen. Beide Minderungsansätze scheinen zielführend, die Energieeffizienz zu erhöhen, zeigen aber auch, dass im Flugwesen keine wirklichen technischen Alternativen zu Verbrennungsantrieben gegeben sind.

Weiterhin führt die vergleichsweise lange Lebensdauer, bedingt durch hohe Anschaffungspreise und entsprechend lange Abschreibungszeiträume dazu, dass die Einsparungseffekte nur langsam durchschlagen. Moderate Effizienzeffekte durch einen allgemein sparsameren Flugbetrieb werden demnach in die Berechnung integriert.

Tabelle 5-10: Ergebnisse der Trendberechnungen zum Flugverkehr

Ergebnisse der Trendberechnungen zum Flugverkehr			
Abschätzung 2020		***Abschätzung 2030***	
Annahmen	Effekt (gg. 2008)	Annahmen	Effekt (gg. 2008)
	CO_2/Energie		CO_2/Energie
• Jährliches Wachstum der Flugbewegungen vor allem durch Frachtflüge • Geringe Effizienzgewinne		• Jährliches Wachstum der Flugbewegungen vor allem durch Frachtflüge • Geringe Effizienzgewinne	

Trends im Verkehrsbereich im Vergleich zur Analyse
Trotz eines prognostizierten Bevölkerungswachstums bis 2030 und einer damit einhergehenden Nachfragesteigerung im Verkehrsbereich konnte bereits im Trend für die Jahre 2020 und 2030 ein Rückgang der klimarelevanten Emissionen und des Energieverbrauchs um ca. 5 % bzw. 15 % festgestellt werden.

Als wichtigste Einflussgrößen sind dabei zum einen die unterstellten technischen Entwicklungen hinsichtlich der Effizienzsteigerungen im Bereich Verbrennungsmotoren und zum anderen eine aus Umweltsicht positive Entwicklung des Gesamtverkehrssystems in Leipzig zu sehen. So kann durch die Eröffnung des Citytunnels eine erhebliche Verbesserung des Nahverkehrs erreicht werden, die sich auf das Verkehrsmittelwahlverhalten zugunsten des Umweltverbundes auswirken wird.

5.3 Aktionsszenarien

5.3.1 Bereich Energie

<u>Energiebedarf</u>
Im Aktionsszenario für den Energiebereich wurden die Trends aus dem Trendszenario übernommen und weitere Aktionen in den verschiedenen Handlungsfeldern angesetzt, um die oben definierten Ziele im Aktionsszenario zu erreichen.

Im Gebäudebereich wurde die bestmögliche Sanierungsrate angesetzt, wie sie in 3.5.3 ausgewiesen wurde. Hier wurde bis 2030 eine jährliche Sanierungsrate von 2 % angesetzt und ein Einsparpotenzial von 15 % bis zum Jahr 2020 und 31 % bis zum Jahr 2030 ermittelt. Mit-

tels dieser Einsparpotenziale wurden jährliche Aktionsraten berechnet und diese auch auf öffentliche Gebäude angewendet. Die Einsparpotenziale beim Strombedarf des Sektors Haushalte wurde mit dem Trendszenario gleichgesetzt, da hier bereits davon ausgegangen wird, dass sich effiziente Geräte bis 2030 zwangsläufig durchsetzen. Im Gegensatz zum Trendszenario wurden jedoch die Einsparraten beim Strombedarf der öffentlichen Gebäude mit denen der Wohngebäude gleichgesetzt. Der Wärme- und Strombedarf des Sektors Wirtschaft wurde wie bereits im Trendszenario mittels [Prognos 2010] für Leipzig berechnet. Im Gegensatz zum Trendszenario wurde hier jedoch die ambitionierte Steigerungsrate der Energieeffizienz des Szenarios II A aus [Prognos 2010] in Höhe von 2,3 bis 2,5 % pro Jahr übernommen. Dieses Szenario ist als Zielszenario zu verstehen, in dem die Minderungsziele der CO_2-Emissionen sowie der Anteil der erneuerbaren Energien zu erreichen sind.

Die Ziele sind nach [Prognos 2010] folgendermaßen festgelegt:

Tabelle 5-11: Ziele des Aktionsszenarios angewendet auf den Wirtschaftssektor [Prognos 2010]

	Szenario II A
CO_2-Emissionen	- 40 % bis 2020 - 85 % bis 2050
Energieeffizienz (Steigerung)	2,3 - 2,5 % p.a.
Erneuerbare Energien Anteil am Bruttoendenergieverbrauch Anteil am Primärenergieverbrauch	 > 18 % > 50 %

Die Aktionsraten ergeben sich wie folgt.

Tabelle 5-12: Jährliche Aktionsraten des Strom- und Wärmebedarfs bis 2030

	jährliche Aktionsrate 2008 - 2020	jährliche Aktionsrate 2020 - 2030
Haushalte		
Strom	-0,5%	-0,6%
Wärme	-1,4%	-2,0%
Gemeinbedarf		
Strom	-0,5%	-0,6%
Wärme	-1,4%	-2,0%
Wirtschaft		
Strom	-0,4%	-0,9%
Wärme	-1,9%	-3,1%

Der Strom- bzw. Wärmebedarf der Aktionsszenarien stellt sich wie folgt dar.

Tabelle 5-13: Strombedarf Aktionszenarien

		Ist 2008	Aktion 2020	Aktion 2030
Haushalte	GWh/a	586	555	524
Gemeinbedarf	GWh/a	115	109	103
Wirtschaft	GWh/a	1.413	1.349	1.161

Tabelle 5-14: Strombedarf Aktionsszenarien, bezogen auf die Einwohnerzahl

		Ist 2008	Aktion 2020	Aktion 2030
Haushalte	kWh/(EW*a)	1.147	1.030	970
Gemeinbedarf	kWh/(EW*a)	225	202	190
Wirtschaft	kWh/(EW*a)	2.764	2.506	2.150

Tabelle 5-15: Wärmebedarf Aktionszenarien

		Ist 2008	Aktion 2020	Aktion 2030
Haushalte	GWh/a	2.337	1.977	1.619
Gemeinbedarf	GWh/a	269	228	187
Wirtschaft	GWh/a	1.028	823	603

Tabelle 5-16: Wärmebedarf Aktionsszenarien, bezogen auf die Einwohnerzahl

		Ist 2008	Aktion 2020	Aktion 2030
Haushalte	kWh/(EW*a)	4.572	3.671	2.999
Gemeinbedarf	kWh/(EW*a)	527	423	346
Wirtschaft	kWh/(EW*a)	2.013	1.528	1.118

<u>Energiebereitstellung</u>

Die Trends bezüglich der Energiebereitstellung durch Erneuerbare Energien und KWK-Anlagen wurden für die Aktionsszenarien übernommen und teilweise mit weiteren Ausbauraten beaufschlagt. Die folgende Tabelle weist dabei die jährliche Ausbaurate und die damit erreichbaren Anteile an den Potenzialen aus. Dabei wurde angenommen, dass der Ausbau der KWK-Anlagen über den Trend hinaus steigt, sowie der Ausbau von Photovoltaik. Desweitern wurde angesetzt, dass weitere Biogasanlagen in Betrieb genommen werden und der Ausbau von Biomassekesseln über den Trend hinausgeht. Eine Analyse, welche Anlagen letztlich die wirtschaftlichste Lösung pro eingesparte Tonne CO_2 bieten wurde im Rahmen der Szenarienbetrachtung nicht durchgeführt. Dies wird im Rahmen der Maßnahmendarstellung in der 4. Phase berücksichtigt. Die hier dargestellten Aktionsszenarien zeigen lediglich einen Weg auf, wie die Stadt Leipzig die Klimaschutzziele erreichen kann.

Tabelle 5-17: Jährliche Ausbauraten Erneuerbare Energien und KWK-Anlagen im Aktionsszenario

	jährliche Ausbaurate 2008 - 2020	jährliche Ausbaurate 2020 - 2030	Anteil an Potenzialen 2020	Anteil an Potenzialen 2030
Strom				
Photovoltaik	21%	15%	9%	39%
Wind/Wasser	4% *)	0% *)	100 *)	100 *)
Wärme				
Solarthermie	9%	4%	11%	20%
Biomasse	10%	5%	18%	35%
Geothermie, Umweltwärme	12%	5%	15%	28%
Strom/Wärme				
Deponiegas	0%	0%	0%	0%
Biogas	5%	0%	18%	18%
Dezentrale KWK (Erdgas)	5% **)	3% **)	12% **)	19% **)

*) Im Bereich Wind sind ggf. Repowering-Potenziale vorhanden, welche nicht exakt spezifiziert werden konnten.

Laut Stadtwerke Leipzig soll der Fernwärmeabsatz welcher zurzeit zu verzeichnen ist konstant gehalten werden. Hierzu sind aktive Maßnahmen durch z. B. Fernwärmeausbau oder Neuanschlüsse vonnöten, da mit einem jährlichen Rückgang des Wärmebedarfs der zurzeit angeschlossenen Gebäude zu rechnen ist. Auf Grund dessen wurde die Beibehaltung des aktuellen Fernwärmeabsatzes als Aktionsszenario betrachtet. Des Weiteren wird durch die Stadtwerke Leipzig ein weiterer Ausbau diverser Nahwärmeinseln mit KWK-Anlagen angestrebt (siehe 3.1.2.3). Im Aktionsszenario wird davon ausgegangen, dass dieses Ziel bis 2030 komplett umgesetzt wird. Dabei wurde angenommen, dass die Umsetzung jährlich zu gleichen Teilen erfolgt. Wie auch im Trendszenario wird die Differenz der in Leipzig durch die Stadtwerke Leipzig erzeugten Wärmemenge und dem prognostizierten Fernwärmeabsatz als Wärmebezug durch das Kraftwerk Lippendorf abgedeckt.

Die nachfolgende Tabelle weist die Erzeugungsstruktur zur Bereitstellung der oben genannten Bedarfswerte für die Jahre 2020 und 2030 im Aktionsszenario aus sowie die dazugehörigen CO_2-Emissionen. Die detaillierten Energieströme sind den Energieflussanalysen der Aktionsszenarien 2020 und 2030 der Anlagen 3 und 4 zu entnehmen.

Tabelle 5-18: Erzeugungsstruktur und Energieerzeugung der Aktionszenarien

	2020	**2030**	**2020**	**2030**
	GWh/a	**GWh/a**	**t CO_2 / a**	**t CO_2 / a**
Stromerzeugung				
Erzeugeranlagen SWL	810	847	532.293	584.381
KWK Anlagen	72	94	52.952	69.005
Photovoltaik	13	52	0	0
Wind/Wasser	16	16	0	0
Biogas/Klärgas	16	16	0	0
Strombezug extern	1.092	770	624.981	364.063
Wärmebereitstellung				
Erzeugeranlagen SWL	941	1.035	in Strom enthalten	
Fernwärme Bezug extern	718	718	130.588	130.588
KWK Anlagen	107	139	in Strom enthalten	
Solarthermie	8	13	0	0
Umweltwärme	41	66	0	0
Biomasse/Biogas/Klärgas	35	43	0	0
Erdgas	1.207	598	388.765	187.275
Heizöl	53	3	29.079	1.457
Kohle	2	1	1.441	954
Summe			*1.760.099*	*1.337.723*
Einwohner			*538.506*	*540.000*
Spezifische Emissionen [t/EW]			***3,27***	***2,48***

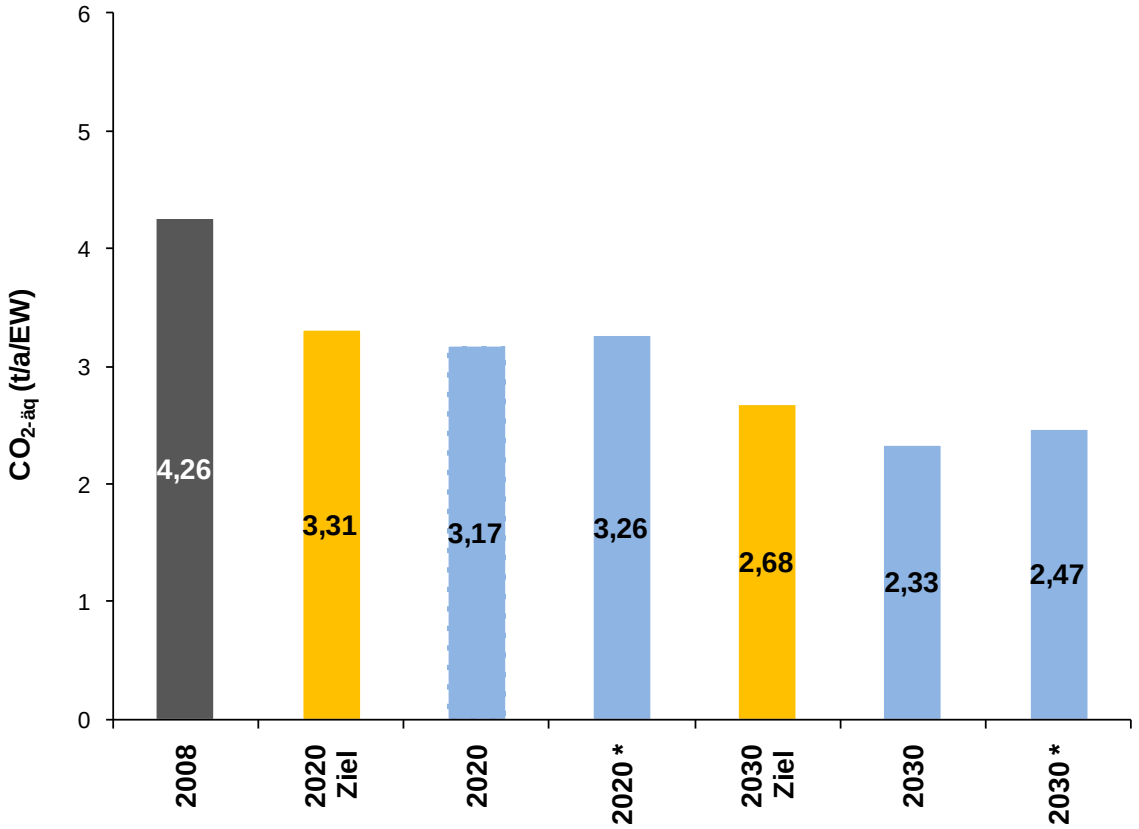
Hier wurde bereits von einem konservativen Ansatz für die CO_2-Emissionen des bundesdeutschen Strommixes ausgegangen. Die spezifischen CO_2-Emissionen errechnen sich zu:

2020: 3,3 t $CO_{2,äquivalent}$
2030: 2,5 t $CO_{2,äquivalent}$

Das folgende Diagramm weist die CO_2 Senkung pro Einwohner für das Aktionsszenario aus. Dabei wurde einmal mit dem konservativen Ansatz und einmal mit dem optimistischen Ansatz des bundesdeutschen Strommixes gerechnet. Setzt man den optimistischen Wert an, ergeben sich folgende spezifischen CO_2-Emissionen.

2020: 3,2 t $CO_{2,äquivalent}$
2030: 2,3 t $CO_{2,äquivalent}$

Mit beiden Ansätzen wird das Ziel für Leipzig erreicht. Man erkennt auch hier deutlich, dass die CO_2-Emissionen der Stadt nicht unwesentlich von äußeren Faktoren abhängig sind.



2020 * Konservativer Ansatz für den CO_2-Emissionsfaktor des bundesdeutschen Strommixes
2030 * Konservativer Ansatz für den CO_2-Emissionsfaktor des bundesdeutschen Strommixes

Bild 5-3: CO_2-Emissionen der Aktionszenarien in Leipzig

5.3.2 Bereich Verkehr

Die Ausweisung des Aktionsszenarios basiert auf den Potenzialabschätzungen in den einzelnen Handlungsfeldern (vgl. Abschnitt 4). Die Herangehensweise, die sich aus der Mitgliedschaft im Klimabündnis ergebenden Zielstellungen auf alle Sektoren zu verteilen, wurde auch auf den Verkehrsbereich angewandt. Dazu wurde versucht, durch eine Kombination der verschiedenen Maßnahmen und einer „Ausreizung“ der noch als realistisch darstellbaren Zielwerte in den verschiedenen Handlungsfeldern die avisierten Minderungen zu erreichen.

Hinsichtlich einer nachhaltigen Verkehrsgestaltung und entsprechender Wechselwirkungen wurde als weitere wichtige Randbedingung aufgenommen, dass keine Einschränkungen im Angebot in den Bereichen resultieren dürfen, die für die wichtige und effektive modale Verlagerung hin zu den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes von Bedeutung sind. Maßgeblich sind dies die Bereiche des ÖPNV sowie des Schienenfernverkehrs.

Die größten Einsparungen im Verkehrssektor liegen im Bereich Straßenverkehr, vornehmlich im individuellen Kfz-Verkehr. Dies ergibt sich aus dem hohen Anteil der Emissionen des Straßenverkehrs, die sich bereits in der Analyse abgezeichnet haben sowie an der Randbe-

dingung, dass Bereiche des Verkehrs, die zum Umweltverbund gehören, im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung eher aufgewertet statt eingeschränkt werden.

Die Potenzialanalyse hat deutlich aufgezeigt, in welchen Handlungsfeldern des Straßenverkehrs effektiv Einsparungen möglich sind. Dabei haben sich die modale Verlagerung sowie die Erhöhung des Besetzungsgrades als mit Abstand wirksamste Optionen gezeigt. Die Elektromobilität kann als Alternative zur gewohnten Form der individuellen Mobilität erst nach 2020 seine Wirksamkeit entfalten. Auch die Stadtentwicklung kann durch eine Innenverdichtung zwar generell zur Verminderung der Verkehrsleistungen beitragen, die Effekte tragen jedoch durch den geringen Bevölkerungsanteil in den besonders Umweltverbund - Affinen Innenstadtlagen kaum zur spürbaren Senkung bei. Entsprechend wurde bei der Bestimmung der notwendigen Werte zur Erfüllung des Klimaschutzzieles vor allem an den effektiven Handlungsfeldern angesetzt.

Handlungsfeld höherer Besetzungsgrad

Um die Zielvorgaben für den Verkehrssektor zu erfüllen, muss der Besetzungsgrad in den Kfz erheblich erhöht werden. Dieser Ansatz besitzt ein erhebliches Potenzial, da er sich direkt auf das Fahrtenaufkommen pro Person auswirkt.

Tabelle 5-19: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Besetzungsgrad MIV

Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Besetzungsgrad MIV	
Vorgabe 2020	***Vorgabe 2030***
Erhöhung von 1,3 auf 1,45	Erhöhung von 1,45 auf 1,55

Handlungsfeld Modal-Split

Wie anhand der Potenzialanalyse aufgezeigt, sind im auch Bereich der modalen Verlagerung erhebliche Effekte zu erreichen. Diese müssen jedoch zur Erreichung der Klimaschutzziele noch weiter in Richtung der Verkehrsmittel des Umweltverbundes verschoben werden. Dazu sind in Anlehnung an die Berechnungsmethode in der Potenzialanalyse jeweils bezüglich der jeweiligen alternativen Verkehrsmittel besonders Wege mit guter Substituierbarkeit herangezogen worden.

Eine Beschränkung auf Einwohnerverkehre erfolgte nicht, um die Potenziale in der Stadt-Umland-Beziehung vollständig zu integrieren. Bilanztechnisch wurden jedoch nur Effekte abgebildet, die sich tatsächlich auf den Raum Leipzig beziehen lassen. Die folgenden Angaben beziehen sich auf Wege im Bestand als Ergebnis der Auswertung des Verkehrsmodells, die wie folgt verlagert werden müssten:

Tabelle 5-20: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Modal Split

Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Modal Split	
Vorgabe 2020	***Vorgabe 2030***
▪ <3 km +10 % RV, +5 % FV, +5 % ÖV ▪ <5 km +10 % RV, +5 % ÖV ▪ <10 km +8 % RV, +8 % ÖV ▪ <20 km +5 % RV, +10 % ÖV ▪ >20 km +2 % RV, +10 % ÖV	▪ <3 km +9 % RV, +5 % FV, +5 % ÖV ▪ <5 km +9 % RV, +5 % ÖV ▪ <10 km +7 % RV, +7 % ÖV ▪ <20 km +5 % RV, +9 % ÖV ▪ >20 km +2 % RV, +9 % ÖV

Üblicherweise werden Modal-Split-An- und Vorgaben als Durchschnittswerte des MIV angegeben. Eine direkte Ableitung entsprechender Vorgaben in Form eines städtischen Modal-Splits ist methodisch nicht zu vollziehen, da in den vorliegenden Berechnungen das gesamtstädtische Verkehrsleistungen betrachtet wurde, also auch Stadt-Umlandverkehre in Quelle-Ziel-Beziehungen enthalten sind. Ein Rückschluss auf den Modal-Split Leipzigs wäre nur mittels umfänglicher Berechnungen am Verkehrsmodell möglich, welche jedoch nicht zu leisten sind.

Weiterhin muss beachtet werden, dass sich die Zielvorgaben nicht ausschließlich auf die Leipziger, sondern auch im Stadt-Umlandverkehr auf Einpendler beziehen.

Handlungsfeld Verbreitung von Hybridfahrzeugen im Pkw-Bereich

Die zunehmende Verbreitung verbrauchsarmer Fahrzeuge, auch unter Einbeziehung der Hybridtechnologie, sorgt für einen generell geringeren Verbrauch und somit geringere Emissionen, ohne das eine aufwendige Infrastruktur geschaffen werden muss und sich Einschränkungen in der Reichweite der Fahrzeuge ergeben.

Tabelle 5-21: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Hybrid-Pkw

Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Hybrid-Pkw	
Vorgabe 2020	***Vorgabe 2030***
▪ Anteil an Fahrzeugflotte von 10 % ▪ Einsparpotenzial pro Pkw: 20 %	▪ Anteil an Fahrzeugflotte von 40 % ▪ Einsparpotenzial pro Pkw: 25 %

Handlungsfeld Elektromobilität

In der Szenarienberechnung konnte hinsichtlich der Klimawirkung von Elektro-Kfz im Jahr 2020 keine erhebliche Minderungen festgestellt. Die Annahmen im Aktionsszenario wurden deshalb modifiziert und ein gewisser Vorsprung hinsichtlich der Etablierung in Leipzig als „Modellregion Elektromobilität“ unterstellt. So wurde ein Anteil von ca. 3 % reiner Elektrofahrzeuge in und um Leipzig zum Ansatz gebracht. Bis 2030 wird eine sprunghafte Entwicklung erwartet und ein Anteil von 25 % angenommen.

Für 2030 ist mit einer generell stärkeren Verbreitung von Elektrofahrzeugen zu rechnen.

Tabelle 5-22: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Elektro-Pkw

Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Elektro-Pkw	
Vorgabe 2020	***Vorgabe 2030***
▪ Anteil an Fahrzeugflotte von 3 %	▪ Anteil an Fahrzeugflotte von 25 %

Handlungsfeld Innenverdichtung

In den Abschätzungen zur weiteren Entwicklung der Stadtteile wurde von den Tendenzen ausgegangen, dass zentrale und zentrumsnahe Wohngebiete weiter an Bevölkerung gewinnen und insbesondere die Großwohnsiedlungen anteilig geringer genutzt werden. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die Wohngebiete in Randlage insgesamt zukünftig weniger nachgefragt werden.

Tabelle 5-23: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Innenverdichtung

Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Innenverdichtung	
Vorgabe 2020	***Vorgabe 2030***
▪ Erhöhung des Einwohneranteils im Zentrum um 5 % ▪ Anteilsrückgang peripherer Großwohnsiedlungen - 8 % ▪ Erhaltung der Bevölkerung in Randlagen	▪ Erhöhung des Einwohneranteils im Zentrum um 3,5 % ▪ Anteilsrückgang peripherer Großwohnsiedlungen - 5 % ▪ Leichter Rückgang des Bevölkerungsanteils in Randlagen

Handlungsfeld Car-Sharing

Auch wenn Car-Sharing nur eine geringe potenzielle Wirkung aufweist, so sollen die Bemühungen weiter forciert werden. Dazu ist vor allem die Zielgruppe junger Menschen, die bislang ohne eigenes Kfz sind, interessant. Da Leipzig als Hochschulstandort einen gewissen „Grundstock“ dieser Zielgruppe aufweist, kann von einer weiteren positiven Entwicklung der Nutzerzahlen ausgegangen werden. Bis zum Jahr 2020 wird deshalb ein Wachstum von 1,5 % Anteil an der Bevölkerung auf 4 % als Zielgröße übernommen. Bis zum Jahr 2030 wird in Kombination mit höheren Energiepreisen eine größere Offenheit für Car-Sharing unterstellt, so dass sich der Anteil der Nutzer deutlich erhöht.

Tabelle 5-24: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Car-Sharing

Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Car-Sharing	
Vorgabe 2020	***Vorgabe 2030***
▪ Anteil an Gesamtbevölkerung 3 %	▪ Anteil an Gesamtbevölkerung 8 %

Auf eine Etablierung eines Systems des „flexiblen Car-Sharing“ kann aus Sicht des Klimaschutzes nach bisherigen Erkenntnissen verzichtet werden.

Handlungsfeld ÖPNV

Im Bereich ÖPNV ist zu beachten, dass hohe Investitionskosten im Fuhrpark möglichen Effekten gegenüber stehen. Das Straßenbahnsystem als bereits sehr effizienter Bestandteil

wird deswegen nicht betrachtet. Im Bereich der Busverkehre ergeben sich jedoch schon an den verhältnismäßig kurzen Lebensdauern der Fahrzeuge gewisse Effizienzsteigerungspotenziale im normalen Neubeschaffungszyklus vor allem in Hinblick auf Hybridantriebe. Entsprechend der frühen Einsatzerfahrungen in Leipzig (Modellregion Elektromobilität), der sich senkenden Produktionskosten bei der vermehrten Bestellung entsprechender Fahrzeuge sowie einer möglichen Förderung durch Bund oder Land wird davon ausgegangen, dass die LVB bis 2020 einen vergleichsweise hohen Anteil an Hybridbussen einsetzen kann.

Tabelle 5-25: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Bus-Flotte ÖPNV

Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Bus-Flotte ÖPNV	
Vorgabe 2020	***Vorgabe 2030***
▪ Anteil Hybridbusse an Flotte: 20 %	▪ Anteil Hybridbusse an Flotte: 60 %

Handlungsfeld Wirtschaftsverkehr

Auch im Wirtschaftsverkehr wurden im Aktionsszenario Minderungseffekte unterstellt, die über die Effekte sparsamerer Fahrzeuge hinausgehen. Da der Logistikbereich generell schwer beeinflussbar ist und erhebliche aktive Maßnahmen zur Verminderung des Lkw-Verkehrs am Standort Leipzig ausgeschlossen ist, liegen die Zielwerte in einem moderaten Bereich.

Tabelle 5-26: Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele - Straßen-Wirtschaftsverkehr

Zielvorgaben zur Erreichung der Klimaschutzziele – Straßen-Wirtschaftsverkehr	
Vorgabe 2020	***Vorgabe 2030***
▪ Minderung um 5 %	▪ Minderung um 7 %

Zusammenfassung

Anhand der aufgezeigten Zielwerte wird deutlich, welche ambitionierte Zielstellung die Mitgliedschaft im Klimabündnis bei einer gleichwertigen Übertragung der Vorgaben auf alle zu betrachtenden Sektoren bedeutet. So werden insbesondere im Bereich des MIV erhebliche Verlagerungen notwendig sein, die zur Senkung beitragen. Allein über technische Entwicklungen gepaart mit demographischen Effekten sind die Ziele aus gegenwärtiger Sicht nicht zu erreichen.

Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld, mit dem offen umgegangen werden muss, ist im Bereich des Wirtschaftsverkehrs angesiedelt. Hier kollidiert das berechtigte Interesse der Stadt Leipzig, Unternehmensansiedlungen zu fördern und Arbeitsplätze zu schaffen, mit den ehrgeizigen und im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung notwendigen Klimaschutzzielen.

Insbesondere noch vorherrschende Unklarheit über leistungsfähige Alternativen zum klassischen Lkw lassen Prognosen in diesem Feld jedoch generell nur eingeschränkt zu. Durch

eine tatsächliche Renaissance des Schienentransportes sind generell Ansätze gegeben, auf eine klimafreundliche Art effektiv Transporte durchzuführen. Ob jedoch die in den letzten Jahrzehnten auf Grundlage der Verfügbarkeit günstiger Straßentransporte entstandene Wirtschaftskreisläufe sich zukünftig weiter halten lassen, erscheint durchaus fraglich.

5.4 Auswertung: Vergleich von Trend- und Aktionsszenarien

Bei einem direkten Vergleich der Trend- und Aktionsszenarien erkennt man, dass eine bloße Fortschreibung der aktuellen Trends nicht ausreicht, um die angesetzten Ziele zu erreichen. Es sind zusätzlich zu den in der Vergangenheit beobachteten Trends aktive Anstrengungen zu unternehmen, welche auf eine weitere Verringerung der CO_2-Emissionen abzielen.

Als eine der wichtigsten Maßnahmen im Bereich Energie wird dabei die wärmetechnische Sanierung von Gebäuden gesehen. Hier ergeben sich hohe Potenziale bezüglich des Heizwärmebedarfes. Im Trendszenario wurde lediglich von einer jährlichen Sanierungsrate von 1 % ausgegangen. Dies entspricht einer Sanierung der ausschließlich noch unsanierten Gebäude bis 2020. Bei Gründerzeitgebäuden wurden dabei die Außenwände von der Sanierung ausgenommen. Ohne weitere verschärfte Vorgaben für Bestandsgebäude ist hier nach 2020 kein weiterer Sanierungstrend zu erwarten. Im Aktionsszenario hingegen wird von einer umlaufenden Sanierung aller Gebäude auf den jeweils aktuell vorgeschriebenen bzw. empfohlenen Dämmstandard ausgegangen. Hierbei wurde vor allem auch die vollständige energetische Sanierung von Gründerzeitgebäuden vorausgesetzt. Sollte hier eine Dämmung der Außenwand nicht möglich sein, ist eine Innenwanddämmung zu realisieren. Die Einsparpotenziale des Aktionsszenarios gegenüber dem Trendszenario sind erheblich. Im Trendszenario wird eine Einsparung von 7,0 % des jetzigen Heizwärmebedarfes bis 2030 erreicht. Im Aktionsszenario wird bei einer angenommenen Sanierungsrate von 2 % pro Jahr eine Einsparung von 31 % ermittelt.
Auf Seiten der Energieerzeugung wird hauptsächlich auf den Ausbau des Fernwärmenetzes sowie weiteren Nahwärmesystemen gesetzt. Da gleichzeitig die Sanierung des Gebäudebestandes angestrebt werden sollte, ist der Ausbau der Wärmenetze und somit der weitere Anschluss neuer Gebiete ausschlaggebend, um den sinkenden Wärmebedarf der heute mit Fernwärme versorgen Häuser auszugleichen. Im Trendszenario wurde eine jährliche Senkung des Fernwärmeabsatzes bis 2030 angesetzt. Das Aktionsszenario hingegen setzt einen ambitionierten Netzausbau voraus, welcher den aktuellen Fernwärmeabsatz konstant hält. Zusätzlich wurden weitere Nahwärmelösungen ins Aktionsszenario übernommen, welche im Trendszenario nicht angesetzt wurden.

Des Weiteren ist davon auszugehen, dass auf Seiten der Erneuerbaren Energien vor allem die Photovoltaik über den aktuellen Trend hinaus Zubauraten zu verzeichnen hat. Dies wurde auch für private betriebene KWK-Lösungen, Biomassekessel und die Errichtung einer weiteren Biogasanlage bis 2030 angenommen. Die ermittelten Potenziale für den Ausbau erneuerbarer Energien werden in beiden Szenarien bis 2030 nicht ausgeschöpft.

5.5 Visionsszenario 100% erneuerbare Energien

5.5.1 Bereich Energie

In [Siegel 2011] werden für Großstädte allgemein die Möglichkeiten und Grenzen einer vollständigen regenerativen Energieversorgung aufgezeigt. Dabei ist eine der Hauptfragen die Art der Bilanzierung. Es gibt folgende Ansätze:

Tabelle 5-27: Bilanzierungsmethoden für das Visionsszenario

Methode	**Bilanzierungsabgrenzung**
Territorialprinzip	alle Erzeugungsanlagen und ihre Energieerträge innerhalb einer bestimmten Gebietsgrenze
Gerechtigkeitsprinzip	verfügbare Ressourcen eines Territoriums (z. B. Deutschland) werden der Nachfrage entsprechend (z. B. einwohnerspezifisch) gerecht verteilt
Eigentumsprinzip	alle Erzeugungsanlagen und ihre Energieerträge, welche im Eigentum der Kommune bzw. ihrer Akteure sind

Während im bisherigen Konzept ausschließlich das Territorialprinzip verwendet wurde, werden im Visionsszenario nach Ermittlung der Begrenzungen bei territorialer Betrachtung auch die zusätzlichen Handlungsmöglichkeiten bei Bilanzierung nach Gerechtigkeitsprinzip bzw. Eigentumsprinzip aufgezeigt.

Des Weiteren ist entscheidend, ob die vollständig regenerative Energieversorgung als Energiebilanz oder zusätzlich als Leistungsbilanz unter Berücksichtigung der täglichen Bedarfslastgänge und erforderlicher Energiespeicher erreicht werden soll. Vereinfachend wird im Folgenden nur die Energiebilanz betrachtet.

<u>Territorialprinzip</u>
Für das Visionsszenario wurde als Orientierung das Jahr 2050 angesetzt. Der Energiebedarf der Stadt Leipzig im Jahr 2050 lässt sich nur unsicher prognostizieren. Auf Basis der Potenzialanalyse und sehr optimistischer Annahmen zur Erschließung der ausgewiesenen technisch-wirtschaftlichen Potenziale könnte sich folgende Situation einstellen.

Tabelle 5-28: Mögliche Energiebedarfssituation in Leipzig im Jahr 2050

		Bedarf 2050	Senkung gegenüber 2008
Haushalte			
Strom	GWh/a	484	17%
Wärme	GWh/a	1.006	57%
Gemeinbedarf			
Strom	GWh/a	95	17%
Wärme	GWh/a	116	57%
Wirtschaft			
Strom	GWh/a	1.015	28%
Wärme	GWh/a	494	58%

Die Annahmen zum Energieverbrauch des Wirtschaftssektors und des Haushaltsstroms entsprechen dem Zielszenario II A der „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“ [Prognos 2010]. Für die Senkung des Gebäudeenergiebedarfs wurde eine Sanierungsrate von 2 % pro Jahr und eine sofortige Orientierung am Passivhausstandard angenommen. Diese Randbedingungen sind sehr ambitiös.

Ausgehend von dem geplanten weiteren Ausbau der Fern- und Nahwärmeversorgung bis 2030 wird davon ausgegangen, dass im Jahr 2050 ein weiterhin zukunftsfähiges Wärmeverteilnetz vorhanden ist, an dem alle bis 2030 erschlossenen Versorgungsobjekte angeschlossen sind. Der Wärmebedarf in diesem Netzbereich ergibt sich aus dem Bedarf im Jahr 2030 nach Einstellung des Netzausbaus abzüglich der Bedarfsreduzierung durch Einspar- und Effizienzmaßnahmen, wie z.B. die Gebäudesanierung. Über die Hälfte der Haushalte und Gemeinbedarfsobjekte sind mit Fernwärme versorgt.

Für die Sicherstellung des technischen und wirtschaftlichen Betriebes des Wärmenetzes bei stark reduziertem Wärmeabsatz werden Anpassungsmaßnahmen wie Temperaturabsenkungen und die Optimierung der Hausanschlussstationen erforderlich sein. Forschungsarbeiten für die zukünftige leitungsgebundene Wärmeversorgung bereiten den Weg dahin [Rühl 2010]. Dadurch wird auch der Einsatz erneuerbarer Energien wie Solarenergie und Geothermie in Wärmenetzen zukünftig in größerem Umfang möglich sein. Aufgrund der kompakten Stadtstruktur Leipzigs wird die Versorgung mit einem zentralen bzw. mehreren dezentralen Wärmenetzen als Basis für die nachhaltige Wärmeversorgung gesehen.

Unter diesen Voraussetzungen könnte sich die Energieversorgungssituation in Leipzig wie in Tabelle 5-29 und Tabelle 5-30 darstellen.

Tabelle 5-29: Mögliche Stromversorgungssituation in Leipzig im Jahr 2050

		Jahr 2050	
Stromerzeugung			
zentrale Erzeugungsanlagen (KWK) und Strombezug	GWh/a	987	63%
dezentrale Erzeugeranlagen (KWK)	GWh/a	47	3%
Erneuerbare Energie-Anlagen			
Photovoltaik	GWh/a	500	31,5%
Wind / Wasser	GWh/a	10	0,6%
Deponiegas/Klärgas	GWh/a	11	0,7%
Biogas	GWh/a	20	1,2%

Tabelle 5-30: Mögliche Wärmeversorgungssituation in Leipzig im Jahr 2050

		Jahr 2050	
Wärmeerzeugung			
zentrale Erzeugungsanlagen	GWh/a	1.068	59%
dezentrale Erzeugeranlagen (KWK)	GWh/a	128	7%
dezentrale Erzeugeranlagen (Kessel)	GWh/a	335	19%
Erneuerbare Energie-Anlagen			
Solarthermie	GWh/a	133	7,4%
Biomasse	GWh/a	52	2,8%
Geothermie, Umweltwärme, Abwärme	GWh/a	66	3,6%
Biogas	GWh/a	23	1,2%

Lokale erneuerbare Energieträger könnten bei dieser Vision bilanziell mit einem Anteil von ca. 15 % zur Wärmeversorgung und zu 34 % zur Stromversorgung beitragen. Dabei wurde von einer Erschließung des Solardachflächenpotenzials und des Biomassenpotenzials zu 100 % ausgegangen. Es wurden alle Dachflächenpotenziale (Klasse 1 und 2) sowie die Fassadenpotenziale berücksichtigt und ein PV-Wirkungsgrad von 14 % angenommen. Das Gleichgewicht aus momentaner Energieerzeugung (insbesondere Photovoltaik) und Energieverbrauch wurde nicht berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass ein großer Teil des solar erzeugten Stroms zwischengespeichert werden müsste. Wirtschaftlich ist diese Variante aus heutiger Sicht nicht sinnvoll.

Der Anteil der lokaler erneuerbaren Energien lässt sich nur durch eine weitere Senkung des Energiebedarfs und Erschließen weiterer heute noch unwirtschaftlicher Potenziale zur Nutzung Erneuerbarer Energien erhöhen. Die Nutzung von Freiflächen zur solarthermischen und photovoltaischen Energieerzeugung sowie die verstärkte Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen stellen hier Optionen dar. Jedoch ist bei der ausgedehnten Solarenergienutzung eine Energiespeicherung dringend erforderlich. Die Anlagen zur saisonalen Solarwärmespeicherung und zur Speicherung bzw. Umwandlung des Photovoltaikstroms in synthetische Brenngase (z.B. Wasserstoff, Methan) müssten konsequenterweise am Ort der Solarenergiegewinnung, also im Stadtgebiet, angesiedelt werden. Aus volkwirtschaftlicher Sicht wird sich das Problem des zeitlichen Ungleichgewichtes von Erzeugung und Bedarf wahrscheinlich nicht durch einen massiven Ausbau der regionalen Leitungsnetze lösen lassen.

Aufgrund des hohen Umwandlungswirkungsgrades von Bioenergieträgern in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen werden dem Sektor Verkehr bei diesen Annahmen keine lokalen Bioenergiepotenziale für die Erzeugung von Biotreibstoffen zugeordnet.

Die in Tabelle 5-29 ausgewiesenen 3 % Anteil der Biomasse an der Wärmeversorgung gehen von einer Nutzung der Biomasse ohne Kraft-Wärme-Kopplung aus. Zusätzliche Biomasse steht für die zentrale Wärmeversorgung nicht innerhalb der Stadtgrenzen zur Verfügung.

Die Bereitstellung der Wärme für das zentrale bzw. mehrere lokale Wärmeverteilnetze könnte in verschiedenen Varianten erfolgen:

- Erzeugung zentral in der Stadt (z.B. Standort heutiges GuD-HKW Nord),
- Erzeugung an verteilten Standorten in der Stadt,
- Bezug von einem oder mehreren Standorten am Rande der Stadt,
- Erzeugung in Standorten in der Stadt sowie an Rande der Stadt.

Die Anzahl und Verteilung der Erzeugungsstandorte ist von den hydraulischen Randbedingungen und der örtlichen Verteilung des Wärmebedarfs abhängig. Wenige große Erzeugungsanlagen haben aus heutiger Sicht ein höheres Potenzial für höchste Energieeffizienz, da die elektrischen Wirkungsgrade mit der Anlagengröße steigen. Dem entgegen stehen Größenbegrenzungen für die Erzeugungsanlagen in lokalen Teilnetzen, welche nicht mit dem zentralen Wärmenetz verbunden sind.

Auch wenn mit dem Territorialansatz nicht 100 % erneuerbare Energien möglich sind, so lassen sich doch zumindest die CO_2-Emissionen auf ein sehr niedriges Niveau reduzieren. Bei Annahme von KWK-Anlagen mit einem durchschnittlichen elektrischen Wirkungsgrad von 55 % sowie 85 % Brennstoffnutzungsgrad (z.B. Brennstoffzellen- oder GuD-Heizkraftwerk) für die Wärmeversorgung in allen Wärmeverteilnetzen der Stadt ließen sich 67 % des städtischen Wärmebedarfs und nebenbei 160 % des Strombedarfs Leipzigs decken. Durch Export des überschüssigen Stroms kann sich die Stadt eine CO_2-Gutschrift verbuchen lassen. Die jährlichen CO_2-Emissionen pro Einwohner summieren sich bei diesem Versorgungsszenario auf 1,6 Tonnen (ohne Verkehr), wobei der Stromexport bei einem angenommen CO_2-Faktor des Strommixes von 110 g/kWh mit einer Senkung von 0,2 Tonnen pro Einwohner und Jahr beiträgt.

<u>Gerechtigkeitsprinzip</u>
Aufgrund des begrenzten Potenzials an lokal verfügbaren erneuerbaren Energieressourcen werden erneuerbare Energieträger in das Stadtgebiet importiert oder ein großer Teil der Wärmeversorgung auf fossilen Energieträgen basieren müssen. Als regenerative Importenergieträger kommen z.B. Biogas, synthetisches Brenngas oder Biomasse in Frage. Aufgrund der nationalen und globalen Bestrebungen zur energetischen Nutzung von Biomasse und der sich einstellenden Angebots-Nachfrage-Balance ist es wenig wahrscheinlich, dass Leipzig einen überdurchschnittlichen Anteil dieser Ressourcen zu einem bezahlbaren Preis für sich beanspruchen kann. Heutige Prognosen gehen von einem möglichen „Biomethan"-Anteil im Erdgasnetz von etwa 10 % bis 2020 aus. Die Erschließbarkeit von Potenzialen in anderen Ländern (Osteuropa, Russland) ist aus heutiger Sicht wirtschaftlich und politisch nicht sicher abzuschätzen. Langfristig ist anzustreben die weltweiten Ressourcen erneuerbarer Energieträger sowohl global gerecht als auch volkswirtschaftlich optimal einzusetzen. Damit verbunden sind eine möglichst regionale Nutzung und die Vermeidung aufwendiger langer Transporte. Somit ist das Visionsszenario der Stadt Leipzig eng verbunden mit den gesamtdeutschen und den globalen Entwicklungen. Es existieren weltweit über 400 Langfristszenarien für den Zeitraum 2050 bis 2100 [Henn 2010]. Die Annahmen und Ergebnisse dieser Szenarien sind weit gestreut. Daher soll hier keine Vorzugsvariante ausgewählt, sondern vielmehr die Vernetzung und Abhängigkeit der Stadt Leipzig mit dem Gesamtsystem der Energieversorgung hervorgehoben werden.

In Anlehnung an [Siegel 2011] ergeben sich nach dem Gerechtigkeitsprinzip durch Einbeziehung der Biomassepotenziale des Umlandes eine Verzehnfachung des Bioenergiepotenzials und damit ein Erneuerbare-Energie-Anteil im Wärmesektor von etwa 52 % und im Stromerzeugungssektor von ca. 46 %.

Bei Verwendung regionaler Biomasseressourcen ist ein Biomasse-Heizkraftwerk in der Peripherie der Stadt denkbar. Aufgrund der auch regional begrenzten Biomassepotenziale wird damit keine Vollversorgung des Fern- und Nahwärmebedarfs möglich sein.

Eigentumsprinzip

Bei der Bilanzierung nach Eigentumsprinzip ist es im Stromsektor prinzipiell möglich, ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Lastgänge im Jahresmittel 100 % Energieversorgung aus regenerativen Energiequellen zu erreichen. Dafür sind Investitionen in Anlagen außerhalb der Stadt erforderlich, wie sie bereits heute schon von den Stadtwerken Leipzig getätigt werden. Letztlich ist diese Variante eine Kostenfrage für die Stadtwerke und es sollte bedacht werden, dass es keinen Sinn macht, wenn der kommunale Energieversorger einen eigenerzeugten 100% erneuerbaren Energiemix anbieten kann, den kaum ein Kunde in der Stadt bezieht, weil der Energiepreis nicht konkurrenzfähig zu anderen Anbietern ist.

Im Wärmesektor sind derartige Ausgleichsmaßnahmen aufgrund der begrenzten Transportfähigkeit der Wärme nicht ohne weiteres möglich. Allein durch Bezug von 100 % Biogas oder anderen erneuerbaren synthetischen Brennstoffen und Einsatz in Wärmeerzeugungs- und KWK-Anlagen im Stadtgebiet wäre das 100 %-Ziel erreichbar, sofern alle anderen fossilen Energieträger (Heizöl, Kohle, Wärmepumpenstrom) auch durch erneuerbare Produkte substituiert werden.

Es zeigt sich an diesem Beispiel, dass das Eigentumsprinzip nur eine bilanzielle Lösung darstellt, die im deutschlandweiten bzw. globalen Maßstab aufgrund der begrenzten erneuerbaren Ressourcen möglicherweise nicht für alle Akteure gleichermaßen umsetzbar sein wird. Aus Gerechtigkeitsgründen sollte dann auch gefordert werden, dass sich die Stadt Leipzig anteilig an allen anderen erforderlichen Infrastrukturen der erneuerbaren Energieversorgung beteiligt. Dazu zählen Strom- und Wärmespeicher, Anlagen zur Bio- bzw. Synthesegaserzeugung und gegebenenfalls sogar der Netzausbau.

Vision zum Kraftwerk Lippendorf

Die Zukunft des Kraftwerks Lippendorf wird an dieser Stelle nicht prognostiziert. Diese wird von wirtschaftlichen und politischen Randbedingungen abhängen. Der derzeitige Wärmebezug vom Kraftwerk Lippendorf könnte nach Ablauf dessen technischer Nutzungsdauer auslaufen.

Für den Zeithorizont danach käme im Sinne des 100 %-Erneuerbare-Energie-Ziels der Stadt Leipzig ein weiterer Wärmebezug nur in Frage, wenn eine Brennstoffsubstitution weg von der Braunkohle erfolgt. Die Umrüstung hin zu einem CCS-Braunkohlekraftwerk erfüllt diese

Bedingung nicht. Selbst bei 100 %-iger Abscheidung des Kohledioxides wird aus der Kohle kein erneuerbarer Energieträger.

In Anlehnung an das Eigentumsprinzip wäre ein weiterer Bezug von Wärme möglich, wenn ein ausreichend hoher Anteil erneuerbarer Energieträger im Kraftwerk eingesetzt und bilanziell der ausgekoppelten Wärme zugeordnet werden könnte.

Ungeachtet des Erneuerbare-Energie-Ziels der Stadt Leipzig könnte es aus volkwirtschaftlicher und globalklimatischer Sicht durchaus sinnvoll sein, trotzdem weiterhin Wärme aus einem braunkohlebefeuerten Nachfolgekraftwerk am Standort Lippendorf zu beziehen. Denn wenn aus welchen Gründen auch immer die Kohleverstromung fortgesetzt wird, sollte sie zumindest mit höchstmöglichem energetischen Nutzungsgrad erfolgen. Inwiefern die Wärmeauskopplung tatsächlich einen positiven Beitrag für das Klima leisten kann, hängt dann von der zukünftigen möglichen Entwicklung des Strom- und Wärmeerzeugungsmixes in Deutschland und Leipzig sowie den technologischen Entwicklungen zur Wärme- und Strombereitstellung und nicht zuletzt vom Wärmebedarf in Leipzig ab.

Weitere Visionen

Ein Beitrag zur zentralen Versorgung mit Wärme aus erneuerbaren Energien könnte auf tiefer Geothermie oder Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen basieren. Bezüglich der Geothermie ist die Machbarkeit aus heutiger Sicht schwer abschätzbar. Die für die Wärmepumpenvariante erforderlichen Wärmequellen (z.B. natürliche Gewässer, Abwasser nach der Kläranlage, saisonal gespeicherte Solarwärme) müssten erst erschlossen werden und würden zum Teil die Errichtung zusätzlicher Wärmetransportleitungen erfordern. Die saisonale Speicherung von Solarwärme wird bereits heute in mehreren Demonstrationsprojekten in Deutschland optimiert. Bei Deckungsanteilen von bis zu 50 % des Jahreswärmebedarfs ist die Wirtschaftlichkeit noch verbesserungswürdig. Würden alle geeigneten Dächer in Leipzig zur Solarthermienutzung erschlossen, müssten Langzeitwärmespeicher mit einem Gesamtwasservolumen von 6,2 Mio. m³ errichtet werden [Siegel 2011].

Schlussfolgerungen

Diese vereinfachenden Betrachtungen zur Vision einer zukünftigen Energieversorgung der Stadt Leipzig zeigen, dass trotz massiver Energieeinsparungen auf der Verbraucherseite die lokalen Potenziale erneuerbarer Energien nur einen moderaten Beitrag zur gesamten Energieversorgung erbringen können und aufwendige Energiespeicherung (Überschüsse des Solarstroms) die Folge sein werden. Aktivitäten der Stadt Leipzig und ihrer Akteure im deutschen und Europäischen Umfeld sind erforderlich, um die Änderung der übergeordneten Energieversorgung nachhaltig positiv zu beeinflussen. Durch den deutschen Stromerzeugungsmix, die Verfügbarkeit und Bezahlbarkeit der erneuerbaren Energieressourcen sowie der fossilen Ressourcen ist Leipzig in hohem Maße von externen Einflussgrößen abhängig. Die Beteiligung Leipzigs an externen Erneuerbaren Energie Anlagen wie Offshore-Windparks und zukünftigen Solarkraftwerken sind Handlungsmöglichkeiten im Sinne eines globalen Klimaschutzes. Diese Aktivitäten werden in einer territorial orientierten kommunalen

Energie- und Klimabilanz jedoch nur indirekt über den verbesserten deutschen Strommix Einfluss nehmen.

Die Abschätzung der möglichen äquivalenten CO_2-Emissionen pro Einwohner zeigen hingegen, dass die langfristigen Ziele des Klimabündnisses erreichbar sind. Aufgrund der begrenzten Erneuerbaren Energien Potenziale trägt die Senkung des Energiebedarfs hauptsächlich zu dieser Zielerreichung bei. Eine wichtige Voraussetzung für die angenommene zentrale Wärmeversorgung ist die Kompaktheit der Stadt. Eine Stadtverdichtung kann zudem zur Minimierung der Wege und des Energieeinsatzes im Verkehr beitragen.

5.5.2 Bereich Verkehr

Auch wenn die Diskussion vor allem in Hinblick auf Elektromobilität eine vollständige Substitution der heutigen Mobilitätsmuster als generell nur technische Aufgabe darstellt, so müssen doch erhebliche Anstrengungen unternommen werden, um das Ziel zu erreichen.

Problemstellung 1: Tragweite des Begriffs „Erneuerbar“

Gerade die aktuellen Diskussionen um die Einführung des „Biosprits“ E 10 zeigen eine erhebliche Schwierigkeit bei der Definition potenzieller Ersatzstoffe zu den klassischen fossilen Treibstoffen. Auch wenn das zu 10 % zum E 10 beigemischte Ethanol auf nachwachsenden Rohstoffen basiert und die Pflanzen bei ihrer Verbrennung nur das zuvor aufgenommene CO_2 wieder abgeben, kann dem Stoff vom Grundsatz her eine klimaneutrale Wirkung unterstellt werden.

Allerdings entsteht ein Problem durch die mangelnde Verfügbarkeit von geeigneten Ackerflächen, so dass andere natürlichen Ökosysteme als Anbauflächen genutzt werden müssen. Der Verkehrsclub Deutschland (VCD) zitiert in einer aktuellen Stellungnahme eine Studie des »Institute for European Environmental Policy« (IEEP), der für „Agrokraftstoffe unter dem Strich eine schlechtere Klimabilanz als bei konventionellem Treibstoff“ errechnet wurde[19]. Demnach wären "unter Einbeziehung aller Komponenten…Agrokraftstoffe um 81 bis 167 Prozent klimaschädlicher als der herkömmliche fossile Sprit. Ihr Anbau zerstört indirekt Lebensräume, konkurriert mit der weltweiten Nahrungsmittelproduktion und verschlingt massenhaft Dünger.“ Die angesprochenen Defizite könnten zwar durch einen umfassend nachhaltigen Anbau von Energiepflanzen (regional, auf anderweitig nicht nutzbaren Flächen sowie ohne den Einsatz von Düngemitteln) vermindert werden, allerdings sind bei derzeitigen Verbräuchen von Kfz die notwendigen Flächen Verbrauchernah nicht vorhanden.

Das Attribut „Regenerativ“ kann in Hinblick auf Ethanol demnach streng genommen nicht zur Anwendung kommen.

[19] Vgl.: „VCD-Faktencheck E10-Benzin“, abrufbar unter http://www.vcd.org/faktencheck-e10.html

Problemstellung 2: Technische Grenzen der Fahrzeugentwicklung

Auch wenn über Elektromobilität theoretisch eine technisch weit entwickelte Möglichkeit zur Fortbewegung ohne den Rückgriff auf fossile Treibstoffe zur Verfügung steht, so konzentrieren sich die derzeitigen Bemühungen vor allem auf den Bereich Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Die Kraftfahrzeuge, die in den nächsten Jahren gemäß einschlägigen Prognosen einen erheblichen Anteil des Transportaufkommens tragen werden, sind aufgrund der spezifischen Anforderungen nicht geeignet, elektrisch betrieben zu werden.

Eine Substitution muss demnach auf alternativen Wegen erfolgen. Schienengüterverkehre besitzen zwar eine entsprechend lange Tradition als leistungsfähiges Transportmittel, allerdings ist nicht bekannt, welche Ansprüche an die Infrastruktur sich aus einer Übernahme des Großteils der heute auf der Straße transportierten Waren ergeben würden.

Problemstellung 3: Konkurrenz zu anderen energetisch bedeutsamen Sektoren

Neben dem Verkehrswesen müssen auch für andere Sektoren mit Rückgang der fossilen Energieträgerreserven zunehmend regenerative Quellen erschlossen werden. Daraus resultiert eine verschärfte Konkurrenzsituation, deren tatsächlichen Folgen zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht absehbar sind. Es ist jedoch mit großer Sicherheit annehmbar, dass sich langfristig massive Preissteigerungen für verknappende, fossile Energieträger einstellen werden. Daher ist eine frühzeitige Orientierung auf regenerative Energiequellen als Alternative unabdingbar.

Fazit: (auch) im Verkehrsbereich liegt die Versorgung auf Basis 100 % regenerativer Energien in weiter Ferne

Auf Grundlage der gegenwärtigen Verkehrssysteme ist die Versorgung des Sektors mit 100 % erneuerbaren Energien aufgrund der genannten Problemstellungen nicht absehbar. Als wichtigste Ansatzpunkte, um die Entwicklung in entsprechende Richtungen zu lenken, sind die Forcierung technischer Lösungen zu sehen, die verbrauchsarme und zugleich mittels regenerativ hergestellter Energien betriebene Formen der Mobilität ermöglichen.

Aus heutiger Sicht sind entsprechende Ansätze vor allem durch Elektromobilität gegeben. Der tatsächlich realistisch erreichbare Grad einer auf regenerativen Quellen basierenden Stromversorgung basierenden Fortbewegung hängt jedoch primär von der Schaffung entsprechender Produktionskapazitäten sowie der Konkurrenz um die Ressourcen aus anderen Sektoren ab.

Bioethanol ist zwar generell ebenfalls geeignet, auf Verbrennungsmotoren basierende Fahrzeuge regenerativ zu betreiben. Hier sind die tatsächlichen Potenziale aber maßgeblich davon abhängig, ob es gelingt, die notwendige Energiepflanzenproduktion umweltverträglich und ohne erhebliche Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion erfolgen kann.

5.5.3 Aussagen zur Verkehrsentwicklung bis 2050

Wie bereits ausgeführt, so ist die Prognose von Verkehrsentwicklungen über einen Zeitraum von etwa 40 Jahren nicht seriös leistbar. So fehlen generell belastbare Voraussagen zu allen wichtigen Einflussfaktoren, die Einfluss auf den Verkehr nehmen.

Dennoch soll im Folgenden versucht werden, wichtige absehbare Entwicklungen zu beschreiben und zu bewerten:

Demographische Effekte:
Die ***Gesamtbevölkerung*** Deutschlands nimmt bis 2050 ab. Die Spannweite der möglichen Rückgänge liegt gemäß dem Statistischen Bundesamt[20] zwischen 2 % und 20 %, wobei die geringen Werte nur durch entsprechende Zuwanderungen erreicht werden können. Generell ist im Osten Deutschland mit höheren Bevölkerungsrückgängen zu rechnen.

Die ***Lebenserwartung*** in Deutschland steigt weiterhin. So sieht das Statistische Bundesamt je nach Variante einen Anstieg auf eine Lebenserwartung zwischen 85,7 und 88,1 Jahren für Frauen sowie zwischen 78,9 und 82,6 Jahren für Männer voraus (zum Vergleich: 2001 lag die Lebenserwartung von Frauen bei 81,1 Jahren, von Männern bei 75,1 Jahren).

Der Altenquotient (Verhältnis der Einwohner von 60 und mehr Jahren auf 100 Personen der Altersgruppe von 20 - 59 Jahre) nimmt weiter zu. Je nach Variante schwankt der Quotient zwischen 71 und 88 (2001 lag der Quotient bei 44).

Konsequenz für den Verkehrsbereich: Verringerung der Verkehrsleistungen aufgrund geringerer individueller Verkehre und geringerem Bedarf an Versorgungstransporten. Verstärkte Verkehrsnachfrage durch ältere Verkehrsteilnehmer, Fortschreiten der „automobilen Emanzipierung der Frauen“ aufgrund höherer Lebenserwartung.

Wirtschaftliche Effekte:
Es kommt zu einem verstärkten ***Arbeitskräftemangel,*** der teilweise demographischen Entwicklungen geschuldet ist, aber auch durch entsprechende Defizite in der Ausbildung entsteht. So weist die OECD[21] in ihrer neuesten Bildungsstudie eine vergleichsweise undynamische Entwicklung für Deutschland aus: während im Jahr 2008 der Anteil der Hoch- und Fachhochschulabsolventen am typischen Abschlussjahrgang 25 % betrug, wird im OECD-Mittel ein Wert von 38 % bilanziert.

Die ***Konkurrenz um Rohstoffe*** wird international weiter zunehmen. Mit der erheblichen wirtschaftlichen Entwicklung von einstigen Schwellenländern wie Indien und China zu Industrieländern ist es gerade für ein rohstoffarmes Land wie Deutschland absehbar schwerer, wichtige Produktionsgrundstoffe zu akzeptablen Preisen zu erhalten.

[20] Vgl.: Statistisches Bundesamt: „Bevölkerungsentwicklung bis 2050 – Annahmen und Ergebnisse der 10. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung“, in Wirtschaft und Statistik 8/2003
[21] Vgl.: OECD: „OECD-Länderstudie Berufliche Bildung in Deutschland“, September 2010

Der ***wirtschaftliche Fortschritt*** in den Ländern des ehemaligen Ostblocks wird sich fortsetzen. Damit wird auch produktionstechnisch die Konkurrenz nahe dem Standort Deutschland stärker.

Die Endlichkeit des Rohstoffes Erdöl wird zu einer zunehmenden ***Verteuerung der Transporte*** führen. Somit verändern sich auch die Gewichte in der Wertschöpfungskette, so dass regionale Versorgungsstrategien zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Konsequenz für den Verkehrsbereich: Der Binnenwirtschaftsverkehr wird insgesamt aufgrund der wirtschaftlichen Entwicklung abnehmen, der Quell- und Zielverkehr sowie der Durchgangsverkehr sich eher positiv entwickeln.

Entwicklung der Ausgabenstruktur der öffentlichen Hand:
Die Aufwendungen zur ***Sicherung von Sozialleistungen*** steigen an, wenn keine umfassenden Reformen des Renten- und Sozialsystems erfolgen. Mit steigendem Anteil älterer Einwohner sind entsprechende Ansätze jedoch zunehmend schwieriger durchzusetzen.

Die ***Belastungen der öffentlichen Haushalte*** nehmen allgemein weiter zu. Weder Bund noch Länder oder Kommunen verfügen in absehbarer Zeit über Möglichkeiten, erhebliche Einsparungen vorzunehmen oder Einnahmen zu generieren, so dass die Verschuldung steigt.

Die ***Förderschwerpunkte*** sowohl national als auch auf EU-Ebene verschieben sich. In der Bundesrepublik wird zunehmend zu einem Rückgang von Förderungen für Infrastrukturmaßnahmen kommen. Speziell Ostdeutschland wird mittelfristig keine Sonderzuwendungen mehr erhalten. Die Förderpolitik der EU wird sich zunehmend in Richtung der ehemaligen Ostblockstaaten verschieben.

Konsequenz für den Verkehrsbereich: Es wird zunehmend schwerer, verkehrliche Strukturen zu bauen und zu unterhalten. Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte, auf wachsende Verkehrsmengen mit großzügig dimensionierten Infrastrukturmaßnahmen zu reagieren, wird eingestellt und der Schwerpunkt eher auf einen Bestandserhalt gelegt.

Technische Effekte:
Die Entwicklung ***verbrauchsarmer Fahrzeuge*** wird weiter voranschreiten und auch zunehmend von der Bevölkerung nachgefragt, da sich eine entsprechende Notwendigkeit bereits aus den individuellen Kostenstrukturen ergeben. Mobilität wird dennoch teurer.

Konsequenz für den Verkehrsbereich: Das individuelle Verkehrsverhalten wird sich trotz der Verfügbarkeit von Fahrzeugen zunehmend zu Verkehrsmitteln des Umweltverbundes entwickeln, wenn entsprechende Strukturen im ÖV-Bereich noch finanziert werden können.

Fazit:

Die bestimmende Einflussgröße des Verkehrssektors wird die finanzielle Ausstattung der öffentlichen und privaten Hand im Verhältnis zu den Kosten für Energie nicht nur im Verkehrssektor sein. Durch den Rückgang der Bevölkerung in Kombination mit geringeren Verkehrsleistungen sind keine Infrastrukturerweiterungen mehr notwendig, sondern vielmehr der Erhalt der Bestandsnetze von Relevanz.

Die dargestellten Entwicklungen können nur als grobe Tendenzen verstanden werden und können durch revolutionäre Entwicklungen, vor allem was die Möglichkeiten der individuellen Fortbewegung angeht, stark hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit vermindert werden.

6 Zusammenfassung

6.1 Vorbemerkung

Das vorliegende Energie- und Klimaschutzkonzept ermittelte die Potenziale der Energiebereitstellung sowie der Energieeinsparung und -effizienz für das Stadtgebiet Leipzig. Des Weiteren wurden im Verkehrsbereich weitere Handlungsfelder identifiziert und aufgezeigt, in welchen Handlungsfeldern am ehesten wirksame Klimaschutzmaßnahmen zu bewerkstelligen sind.

Im Bereich Energie sind Klimaschutzbemühen vorrangig auf die Energieeinsparung und Energieeffizienz zu legen. Die ausgewiesenen möglichen Einsparpotenziale des Wärmebedarfs der Gebäude liegen bei 31 % bis 2030. Die Stadt sollte anstreben, diese Potenziale umzusetzen. Da in diesen Bereich nicht nur öffentliche Gebäude fallen, sondern auch private Wohngebäude, ist dies nur durch aktive Aufklärungsarbeit und Förderungsmaßnahmen möglich. Deutlich wird dies durch einen Vergleich dieser 31 % Einsparpotenziale mit der voraussichtlichen Entwicklung im Trend, welche nur eine Einsparung von 7 % annehmen lassen. Gegenüber dem Trendszenario würden sich die CO_2-Emissionen um weitere 11 % senken lassen, wenn anstatt der angesetzten 7 % Einsparung bis 2030 die möglichen 31 % erreicht werden. Zum Vergleich: Würde man im Trendszenario alle ermittelten Potenziale der Erneuerbaren Energien umsetzen, könnten die CO_2-Emissionen um lediglich 7 % gesenkt werden. Spezifische Maßnahmen werden mit Ausblick auf Phase 4 näher betrachtet und bewertet.

Auf der Energiebereitstellungsseite sind insbesondere Maßnahmen zum Erhalt der Fernwärme hervorzuheben. Die Ziele, die sich die Stadtwerke Leipzig gesetzt haben, den aktuellen Fernwärmeabsatz durch Fernwärmeausbau und -verdichtung konstant zu halten, sollte unterstützt werden. Die Potenziale von Nahwärmelösungen sollten im Auge behalten werden. Auch die Möglichkeiten zum Einsatz von Biomassekesseln oder Biomasse-Heizkraftwerken für Nahwärmelösungen können einen Beitrag zur Erreichung der gesetzten Klimaschutzziele leisten.

Im Bereich Verkehr sind insbesondere im Bereich des MIV erhebliche Veränderungen der derzeitigen Struktur vonnöten, um die Ziele des Klimabündnisses zu erreichen. Dies konnte schon aus den Ergebnissen der Analyse abgeleitet werden, in der für den Straßenpersonenverkehr fast 70 % der Emissionen des gesamten Verkehrssektors ausgewiesen wurde. Der Trend alleine, welcher primär durch technische Entwicklungen zur Minderung der Emissionen beiträgt, führt aus gegenwärtiger Sicht nicht zu einer Erreichung der Klimaschutzziele. Allerdings sind hinsichtlich der technischen Entwicklungen generell große Prognoseunsicherheiten enthalten.

Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld, mit dem offen umgegangen werden muss, ist im Bereich des Wirtschaftsverkehrs angesiedelt. Hier kollidiert das berechtigte Interesse der Stadt Leipzig, Unternehmensansiedlungen zu fördern und Arbeitsplätze zu schaffen, mit den ehrgeizigen und im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung notwendigen Klimaschutzzielen. Gegenwärtig zeichnen sich keine technischen Potenziale ab, den Güterverkehr auf der Straße

adäquat zum heutigen Transportwesen mit erheblich geringeren Emissionen abzuwickeln. Minderungspotenziale sind demnach insbesondere durch eine Verlagerung des klassischen Lkw- hin zum Schienentransport gegeben.

6.2 Zusammenfassung Trendszenarien

Es erfolgt die gemeinsame Darstellung der Trendszenarien der Bereiche Energie und Verkehr. Es wird deutlich, welche Anteile der Verkehrssektor und welche der Energiesektor bei der zur Erreichung der CO_2-Minderungsziele einnimmt.

Das Ziel der CO_2-Minderung bis 2020 liegt bei einer Verringerung um 22 %. Im Trendszenario wird eine Verringerung um 18 % erreicht. Die Verringerung bis 2030 gegenüber 2008 liegt bei 29 % (Ziel: 37 %). In dieser Darstellung wurde bereits von der optimistischen Verringerung der CO_2-Emissionen des deutschen Strommixes ausgegangen. Es wird deutlich, dass aktive Maßnahmen erforderlich sind um die gesteckten Ziele zu erreichen, sowohl im Energie- als auch im Verkehrssektor.

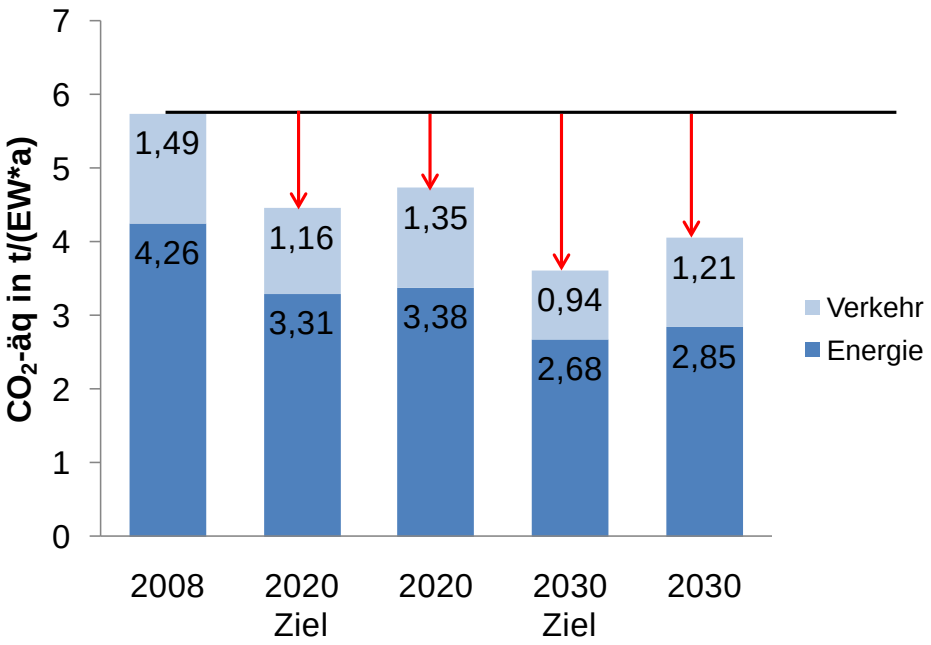


Bild 6-1: Entwicklung der CO_2-Emissionen der Bereiche Energie und Verkehr im Trendszenario

6.3 Zusammenfassung Aktionsszenarien

Es erfolgt die gemeinsame Darstellung der Aktionsszenarien der Bereiche Energie und Verkehr.

Das Ziel der CO_2-Minderung bis 2020 liegt bei einer Verringerung um 22 %. Im Aktionsszenario wird eine Verringerung um 26 % erreicht. Die Verringerung bis 2030 gegenüber 2008 liegt bei 44 % (Ziel: 37 %). Die CO_2-Reduktionen werden durch die in diesem Szenario festgelegten Aktionen über das Ziel hinaus erreicht, wobei sich im Verkehrssektor nur eine sehr

geringe „Übererfüllung“ aufzeigt. Es wurden in diesem Szenario optimistisch niedrige CO_2-Emissionen für den deutschlandweiten Strommix angenommen.

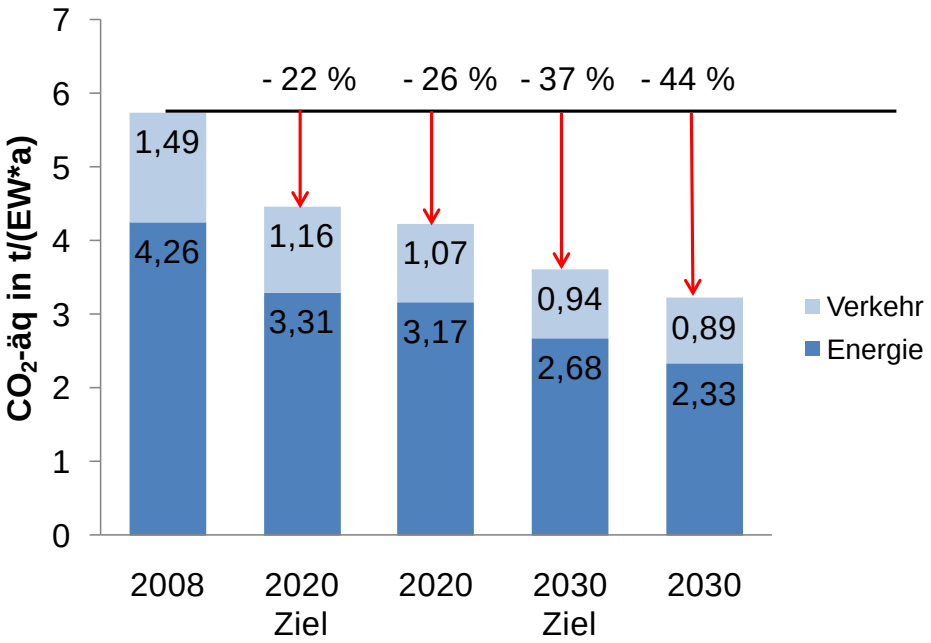


Bild 6-2: Entwicklung der CO_2-Emissionen der Bereiche Energie und Verkehr im Aktionsszenario

Bei Verwendung der eher konservativen Werte der CO_2-Emissionen des Strommixes werden die Ziele zwar auch erreicht, insbesondere die CO_2-Emissionen bis 2020 unterschreiten den Zielvorstellungen jedoch nur knapp.

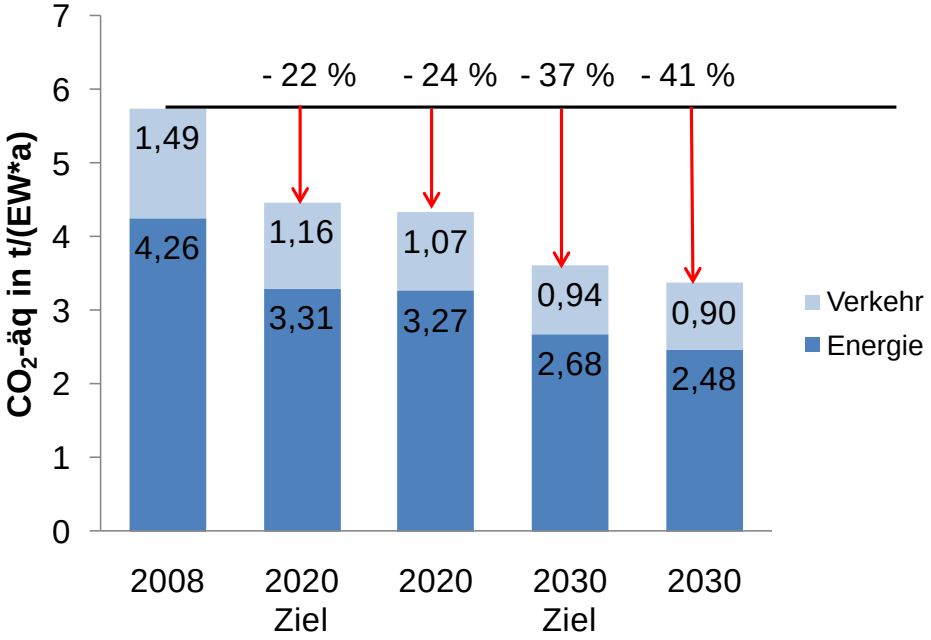


Bild 6-3: Entwicklung der CO_2-Emissionen der Bereiche Energie und Verkehr im Aktionsszenario unter Berücksichtigungen eines konservativen Ansatzes der CO_2-Emissionen des deutschen Strommixes

Im Aktionsszenario konnte belegt werden, dass eine Erfüllung der auferlegten Klimaschutzziele theoretisch in allen Sektoren möglich ist. Allerdings wird auch deutlich, dass doch erhebliche Anstrengungen notwendig werden, diese tatsächlich zu erreichen.

Literaturverzeichnis

[ARGE 2010] Bundesagentur für Arbeit (Statistik) 2010: Arbeitsmarktreport Agentur für Arbeit Leipzig, September 2010.

[AEE 2010] Agentur für Erneuerbare Energien e. V.: Holzenergie – Bedeutung, Potenziale, Herausforderungen, Renews Spezial Ausgabe 43/2010, Berlin 2010.

[BAFA 2010] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle 2010: Erneuerbare Energien; Online: http://www.bafa.de/bafa/de/energie/erneuerbare_energien/index.html, 03.09.2010.

[BBSR 10] Potenzialanalyse und Handlungsoptionen zur Nutzung von Biomasse auf Recyclingflächen. Online: http://www.bbsr.bund.de/nn_497574/BBSR/DE/Fachpolitiken/EnergieUmwelt/ErneuerbareEnergien/Fachbeitraege/Potenzialanalyse/03__Ergebnisse.html; 08.03.2011.

[BBSR 09] Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Berlin. Bonn 2009.

[BET 2005] Otto, F./ Metelmann, C. (BET Leipzig): Ermittlung der CO2-Emissionen der Stadt Leipzig für das Bilanzjahr 2005, Leipzig, 2006.

[BINE 2010a] BINE Informationsdienst (2010): KfW-Programme Energieeffizientes Bauen und Sanieren; Online: http://www.energiefoerderung.info/; 21.06.2010.

[BINE 2010b] BINE Informationsdienst (2010): Marktanreizprogramm des Bundes zur Förderung erneuerbarer Energien; Online: http://www.energiefoerderung.info/; 21.06.2010.

[BINE 2010c] BINE Informationsdienst (2010): EEG - Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien; Online: http://www.energiefoerderung.info/; 21.06.2010.

[BMU 2010] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Internationale Klimapolitik 2010; Online:

http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/doc/37650.php; 21.06.2010.

[BMVBS 2008] Bundesministerium für Verkehr; Bau und Stadtentwicklung: Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien. 2008, Online: http://www.barrionovo.de/mediapool/41/416881/data/DL_NutzungFreiflaechen-1.pdf; 16.08.2010.

[BMVBS 2009] Bundesministerium für Verkehr; Bau und Stadtentwicklung: Modellregion Sachsen; Online: http://www.bmvbs.de/Anlage/original_1092866/Modellregion-Sachsen.pdf;

21.06.2010.

[BMWI 2009] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie: Energie in Deutschland 2009; S. 14; Online: http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energie-in-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf; 21.06.2010.

[BYPAD 2009] Stadt Leipzig (Hrsg.) (2009): Schlussbericht BYPAD-Audit der Radverkehrspolitik der Stadt Leipzig.

[CARM 2010] C.A.R.M.E.N.: Biomasseheizwerke erfolgreich planen und umsetzen – Beispiele aus Bayern, Tagung: Wärme aus Biomasse, 28. Januar 2010.

[CARM 2011] C.A.R.M.E.N.: Preisentwicklungen bei Holzbrennstoffen, Heizöl und Erdgas. http://www.carmen-ev.de/dt/energie/images/hackschnitzel/Hackschni_alle.png, 07.02.2011.

[Difu 1997] Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.) (1997): Klimaschutz in Kommunen, Leitfaden zur Erarbeitung und Umsetzung kommunaler Klimakonzepte. Berlin.

[DBFZ 2010] Deutsches Biomasse Forschungszentrum (2010): Globale und regionale räumliche Verteilung von Biomassepotenzialen – Status Quo und Möglichkeiten der Präzisierung, 2010.

[DBFZ 2010a] Deutsches Biomasse Forschungszentrum (2010): Sonderausgabe zum DBFZ Report, Bioenergie heute und morgen. Dezember 2010, Leipzig.

[DLR 2008] DLR (Hrsg. BMU): Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energien - Leitstudie 2008. Berlin, 2008, Online: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitstudie2008.pdf, 22.2.2011.

[DUOS 2005] Stadt Leipzig, Dezernat Umwelt, Ordnung, Sport (2005): Klimaschutzprogramm der Stadt Leipzig; Online: http://notes.leipzig.de/appl/laura/wp4/kais02.nsf/%28WebSearch%29/81B0BD862C91FEA8C1256FB200493CA1?opendocument; 06.08.2010 [EEA 2010] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2010): Förderung kommunaler Klimaschutzkonzepte durch das Bundesumweltministerium (BMU) und Teilnahme am European Energy Award® (eea) – Gemeinsamkeiten und Unterschiede; Online: http://www.european-energy-award.de/media/usermedia/files/Merkblatt_EEA_Klimaschutzkonzepte/Abstimmung_EEA_und_Klimaschutzkonzepte.pdf; 21.06.2010.

[ebök 2004] Ingenieurbüro für Energieberatung, Haustechnik und ökologische Konzepte GbR (ebök): Kurzfassung Gebäudetypologie Sachsen / Gebäudetypologie Sachsen - Bauteilblätter. Tübingen, 2004. Online: http://www.smul.sachsen.de/umwelt/download/klima/gebaeudebestand.pdf und http://www.smul.sachsen.de/umwelt/download/klima/bauteile.pdf, 31.05.2011.

[Ecofys 2002] ECOFYS: Leitbilder und Potenziale eines solaren Städtebaus. 2002, Online: http://www.ecofys.com/de/veroeffentlichungen/documents/Studie_Leitbilder_und_Potenziale_Solarer_Staedtebau.pdf; 05.11.2010.

[EE 2006] Kaltschmitt, M; Streicher, W.; Wiese, A. (Hrsg.): Erneuerbare Energien: Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

[EEA 2010] Bundesgeschäftsstelle des European Energy Award® (2010): European Energy Award® und Kommunale Klimaschutzkonzepte; Online: http://www.european-energy-award.de/eea-und-klimaschutzkonzepte, 06.09.2010.

[EEG 2010] Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG), Ausfertigungsdatum: 25.10.2008, Zuletzt geändert durch G v. 11.8.2010 I 1170. Online: http://www.energiefoerderung.info/cgi-bin/ih?ID=15454.1.0.3515390080&ACTION=link&PARAM=ihpdf+1, 23.05.2011.

[Empi 2004] Forschungsbericht im Rahmen des Ideenwettbewerbs Stadt 2030, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2004, Online: http://www.leipzig2030.de/dl/Bericht_Leipzig_2030_i.pdf; 09.08.2010.

[EnLe 2010] Energie-Metropole Leipzig (2010): Die Energiebilanz optimieren; Online: http://www.energiemetropole-leipzig.de/index.php/newsleser/items/die-energiebilanz-optimieren.html; 21.06.2010.

[EWI 2005] EWI/Prognos AG (Hrsg. BMWa): Die Entwicklung der Energiemärkte bis 2030 - Energiewirtschaftliche Referenzprognose, Berlin, 2005. Online: http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/Dokumentationen/ewi-prognos_E2_80_93studie-entwicklung-der-energiemaerkte-545,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf, 15.11.2010,

[Fiedler 2011] Telefongespräch mit Herr Fiedler (IHK Leipzig), 03.02.2011.

[FNR 2009] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (2009): Studie, Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz.

[Fraun 2009] Fraunhofer ISI, TU München, GfK Marketing Services GmbH & Co.KG: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006. Abschlussbericht an das BMWi und an das BMU, Karlsruhe, München, Nürnberg, 2009. Online: http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energieverbrauch-des-sektors-ghd-abschlussbericht,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf, 26.11.2010.

[FrSa 2008] Freistaat Sachsen: Aktionsplan Klima und Energie 2008; Online: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Aktionsplan_Klima_und_Energie_080603.pdf; 21.06.2010.

[FrSa 2009] Freistaat Sachsen: Hintergrundpapier zu den Zielen der künftigen Klimaschutz und Energiepolitik des Freistaates Sachsen; Online:

http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Hintergrundpapier.pdf; 21.06.2010.

[GEU 1995] Gesellschaft für Energieanwendung und Umwelttechnik (1995): Bestimmung des Potenzials und Voruntersuchung ausgewählter Standorte für die Wasserkraftnutzung auf dem Territorium der Stadt Leipzig (Abschlussbericht); Leipzig, 31.07.1995.

[Geo 2008] Vortrag Prof. Wagner, 5. Sächsischer Geothermietag, Plauen 2008.

[Henn 2010] Hennicke, P.; Fischedick, M.: Erneuerbare Energien – Mit Energieeffizienz zur Energiewende, Beck Verlag OHG (Stand 2. aktualisierte Auflage), München, 2010.

[Huhn 2008] Huhn, R.; Davids, A.: Zirkulationsverluste in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen – Senken oder Abschaffen? Vortrag beim Institutskolloquium des Instituts für Energietechnik der TU Dresden. Dresden, 15.10.2008.

[ICEU 1996] Internationales Centrum für Energie (1996): Ergebnisbericht zu den vertiefenden Untersuchungen zur Energiekonzept der Stadt Leipzig von 1996.

[IEKP 2007] Das Integrierte Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung 2007; Online: http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/hintergrund_meseberg.pdf; 21.06.2010.

[IEU 1997] Institut für Energetik und Umwelt gemeinnützige GmbH (1997): Maßnahmen zur Energieeinsparung-Gutachten zur Umsetzung des Energiekonzeptes der Stadt Leipzig.

[IHK 2009] Industrie- und Handelskammer Leipzig (2009): Konjunktur-Kurzumfrage der IHK zu Leipzig im Frühjahr 2009; Online:

http://www.leipzig.ihk.de/Portaldata/1/Resources/dokumente/01_sop/wipo/konjunktur/konjunkturberichte/Kurzbericht__Fruehjahr_2009_Farbe.pdf; 01.09.2010.

[IHK 2010] IHK 2010: Industrie- und Handelskammer Leipzig (2010): Ergebnisse der Konjunktur-Kurzumfrage im Frühjahr 2010 der Konjunktur-Kurzumfrage im Frühjahr 2010; Online: https://www.leipzig.ihk.de/Portaldata/1/Resources/dokumente/01_sop/wipo/konjunktur/konjunkturberichte/Kurzbericht__Fruehjahr_2010_Druckausgabe.pdf; 01.09.1020

[IVAS 2007] IVAS Dresden (2007): Abschlussbericht Verkehrsbefragung Leipzig 2007.

[IWU 2003] Institut für Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (Hrsg.): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie, 2003, Darmstadt, S.9/7, Online: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/GebTyp_Impulsprogramm_Hessen_22_01_2003.pdf, 05.10.2010.

[IWU 2004] Loga, Tobias (Institut Wohnen und Umwelt (IWU)): Erfahrungen mit der energetischen Modernisierung eines Gründerzeitgebäudes. Beitrag zur Baufachtagung 2004 am 11./12.Nov. in Hannover, Online: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/IWU_-_Energ_Mod_Gruenderzeitgeb_-_Okt_2004.pdf, 11.10.2010.

[IWU 2009] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (2009): Thesenpapier - Nutzerverhalten im Mietwohnbereich, Darmstadt, September 2009. Online: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/PM_21-09-09_Thesen.pdf, 25.02.2011.

[IWU 2010] Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU); Bremer Energie Institut (BEI): Datenbasis Gebäudebestand. Datenerhebung zur energetischen Qualität und zu den Modernisierungstrends im deutschen Wohngebäudebestand. Darmstadt, 2010. Online: http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Endbericht_Datenbasis.pdf, 13.01.2011.

[Kalt 1993] Kaltschmitt, M.; Wiese, A.: Erneuerbare Energieträger in Deutschland-Potenziale und Kosten, Springer Verlag, Berlin 1993.

[KfW 2007] Kreditinstitut für Wiederaufbau 2007: Definition-KfW Effizienzhaus (2007); Online: http://www.kfw-foerderbank.de/DE_Home/Service/Glossar/GlossarH-M.jsp#22378; 21.06.2010.

[KlBÜ 2009] Klima Bündnis (2009): Klimaschutz; Online: http://klimabuendnis.org/climate-protection0.html?&L=1#c1856; 21.06.2010.

[Klobasa 2007] Klobasa, M.: Dynamische Simulation eines Lastmanagements und Integration von Windenergie in ein Elektrizitätsnetz auf Landesebene unter regelungstechnischen und Kostengesichtspunkten. Dissertation, ETH Zürich, 2007.

[Kind 2009] Kind, A.: Technisches Potenzial der Abwasserwärmenutzung durch den nachträglichen Einbau von Wärmetauscherelementen in die bestehenden Abwasserkanäle der Stadt Leipzig. Diplomarbeit, Universität Leipzig, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Professur für Umwelttechnik und Umweltmanagement, 2009.

[LAfU 2003] Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz (2003): Umweltqualitätsziele und -standards für die Stadt Leipzig; Online:

http://www.leipzig.de/imperia/md/content/36_amt_fuer_umweltschutz/umweltziele.pdf; 04.06.2010.

[LAfU 2007] Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz (2007): Umweltbericht 2007; Online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/36_amt_fuer_umweltschutz/UB2007_internet_mit_Anhang.pdf; 04.06.2010.

[LAfU 2009] Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz (2009): Luftreinhalteplan der Stadt Leipzig 2009; Online: http://www.smul.sachsen.de/umwelt/download/luft/LRP2009_20091218.pdf; 06.08.2010.

[DeSt 2011] Deutscher Städtetag Arbeitskreis Energieeinsparung: Hinweise zum kommunalen Energiemanagement - Energie- und Wassereinsparung durch Beeinflussung des Nutzerverhaltens in öffentlichen Gebäuden, Köln, 2009.

[LEWA 2009] Stadt Leipzig, Dezernat Wirtschaft und Arbeit (2009): Wirtschaftsbericht 2009, Online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/80_wirtschaftsfoerderung/03_downloads/wirtschaftsbericht2009.pdf, 06.08.2010.

[LHA] Leipzig Halle Airport: Verkehrsentwicklung am Flughafen Leipzig/ Halle; Online: http://www.leipzig-halle-airport.de/de/index/unternehmen_flughafen/flughafen_lej/verkehrsstatistik.html.

[LPress 2009] Internetseite Stadt Leipzig: Leipzig erhält Auszeichnung für städtisches Lichtkonzept. 05.06.2009, online: http://www.leipzig.de/de/buerger/newsarchiv/2009/14081.shtml, 08.03.2011.

[LSPA 2011] Stadt Leipzig, Stadtplanungsamt: Stellungnahme vom 26.4.2011.

[LStat 2008] Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen: Ortsteilkatalog 2008 - Strukturdaten der Ortsteile und Stadtbezirke, August 2008.

[LStat 2009] Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen: Bevölkerungsvorausschätzung 2009 für die Stadt Leipzig. 2009; Online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/12_statistik-und-wahlen/lz_bevprog09.pdf

[LStat 2010] Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen: Statistisches Jahrbuch 2010, 41. Band, September 2010.

[LStat 2010a] Stadt Leipzig, Amt für Statistik und Wahlen: Ortsteilkatalog 2010. Online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/12_statistik-und-wahlen/lz_otk2010.pdf; 10.11.2010.

[LVB 2010] Pressemitteilung der LVB (vom 25.05.2010): Herausragend positive Bilanz für 2009; Online:
http://www.lvb.de/wir_ueber_uns/presse/2,2,YTo0OntzOjc6ImNvbW1hbmQiO3M6MT

A6InNob3dEZXRhaWwiO3M6NjoiZW50aXR5IjtzOjQ6IjEwNDQiO3M6NzoicXVhcnRlci
I7czoxOiIyIjtzOjQ6InllYXIiO3M6NDoiMjAxMCI7fQ%3D%3D.

[LWohn 2009] Stadt Leipzig (Hrsg.): Gutachten zum Kommunalen Wohnraumversorgungskonzept, ExWoSt-Modellvorhaben Kommunale Konzepte: Wohnen - Endbericht. Hamburg/ Droyßig, 2009. Online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/61_stadtplanungsamt/stadterneuerung/leipzig_wohnungspolitisches_konzept_gutachten.pdf, 25.02.2011.

[NETZ 2010] LVB (Hrsg.): Netz 2010 - Einfach mehr Bus; Online: http://www.lvb.de/file/download/236105ff8257f2291a62b3000a613a6a.pdf/f/dl, 07.09.2010.

[NOR 2009] Stadt Norderstedt, Amt für Stadtentwicklung, Umwelt und Verkehr: Klimaschutzorientiertes Energiekonzept für den Gebäudesektor in Norderstedt (November 2009).

[Novalux 2011] Informationsmaterialien der Firma novalux GmbH Leipzig, Emails 02. und 04.03.2011.

[NVP 2007] Stadt Leipzig (Hrsg.) (2007): Nahverkehrsplan der Stadt Leipzig - erste Fortschreibung.

[Öko 2009a] Öko-Institut e.V./ DLR-IVF: Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“ (renewbility, FZK 0327546), Endbericht Teil 1: Methodik und Datenbasis. Berlin, 2009, Online: http://www.renewbility.de/fileadmin/download/endbericht_renewbility_teil1.pdf, 23.02.2011.

[Öko 2009b] Öko-Institut e.V./ DLR-IVF: Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“ (renewbility, FZK 0327546), Endbericht Teil 2: Szenario-Prozess und Szenarioergebnisse. Berlin, 2009, Online: http://www.renewbility.de/fileadmin/download/endbericht_renewbility_teil2.pdf, 23.02.2011.

[Öko/Pro 2009] Öko-Institut e.V./ Prognos: Modell Deutschland Klimaschutz bis 2050 - Vom Ziel her denken. 2009, Online: http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wf/pdf_neu/WWF_Modell_Deutschland_Endbericht.pdf, 02.03.2011.

[Pad 2010] Schriftliche Auskunft des Forstbezirks Leipzig, Herr Padberg, 05.11.2010.

[Priebe 2008] Priebe, K.-P.: Effizienz kleiner ORC-Anlagen – Chancen und Grenzen der Nachverstromung ungenutzter Wärme von BHKWs. Energy 2.0 Juni 2008, Online: http://adaturb.lt-i.com/downloads/2009-08-11_Fachbeitrag_energy_2_100dpi.pdf, 22.2.2011.

[Prognos 2010] Prognos AG/EWI/GWS (Hrsg.): Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung. Basel/Köln/Osnabrück, 2010, Online http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/energieszenarien_2010.pdf, 07.09.2010.

[Quasch 2000] Quaschning, V.: Systemtechnik einer klimaverträglichen Elektrizitätsversorgung in Deutschland für das 21. Jahrhundert. Fortschr.-Ber. VDI Reihe 6 Nr. 437. VDI Verlag, Düsseldorf, 2000.

[RE 1997] Elsässer, Ralf (1997): Gutes Klima für gutes Klima schaffen- Maßnahmenkonzept zur Weiterentwicklung der Energieberatung in Leipzig.

[Roth 2003] Rother, Th., Martens, S. (Hrsg.): Forsteinrichtungswerk, Leipzig, 2003, online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/67_gruenflaechenamt/wald/umlauf_forsteinrichtungswerk_kw_leipzig_2003_2012.pdf [Stand vom 14. Februar 2011].

[Rühl 2010] Rühling, K. (Hrsg); LowEx-Fernwärme-Absenkung der Netztemperatur zur Verbesserung der Einsatzchancen regenerativer Energien, Dresden, online: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/iet/ew/veroeff_ordner/100315%20Skript%20TB%20Ruehling%20et_al_rev.pdf, 30.05.2011.

[SAENA-WA] Sächsische Energieagentur SAENA GmbH: Wärmeatlas Sachsen. Online: http://www.abwaermeatlas.saena.de, 22.02.2011.

[Saena 2008] Sächsische Energieagentur GmbH (SAENA): Pilotprojekte zur Nutzung erneuerbarer Energien und Erhöhung der Energieeffizienz. Dresden 2008. online http://www.nuz-vogtland.de/pdf/SAENA4Energiekonferenz.pdf, 04.02.2011.

[SaFo 2008a] Staatsbetrieb Sachsenforst: Forstbezirk Leipzig (Faltblatt), September 2008.

[SaFo 2008b] Staatsbetrieb Sachsenforst: Forstbezirk Taura (Faltblatt), September 2008.

[Schorn 2011] Mündliche Informationen bei der Sitzung der sächsischen Bezirksschornsteinfegermeister, Dresden, 16.02.2011.

[SEK-VÖ 2004] Stadt Leipzig, Dezernat Stadtentwicklung und Bau (Hrsg.) (2004): Stadtentwicklungsplan Verkehr und Öffentlicher Raum.

[SEKo 2009] Stadt Leipzig (2009): Stadtentwicklungskonzept Leipzig; Online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/61_stadtplanungsamt/SEKo_Leipzig_Kurzfassung_ohne_Karten.pdf; 21.06.2010.

[SIB 2011] Telefonische Auskunft von Frau Scheibner, Staatsbetrieb Sächsisches Immobilien- und Baumanagement, 13.05.2011.

[Siegel 2011] Siegel, A.: Energetische und Energiewirtschaftliche Analyse zur Versorgung einer Großstadt mit 100 Prozent erneuerbaren Energien. Diplomarbeit Nr. 1006, TU Dresden, 2011.

[SLL 2006] Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006): Landwirtschaftliche Biomasse, Potenziale an Biomasse aus der Landwirtschaft des Freistaates Sachsen zur stofflich-energetischen Nutzung.

[SMI 2010] Sächsisches Staatsministerium des Innern: Ausschreibung "Forschungsprojekt Stadtumbau und Energieeffizienz“,Az.: 15-446/246; Dresden, März 2010.

[SMUL 2008] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2008): Biogas, Stroh, Pflanzenöl, Kamille: Anbau und Verwendung nachwachsender Rohstoffe in Sachsen.

[SrV 2010] Stadt Leipzig, Verkehrs- und Tiefbauamt (Hrsg.) (2010): Verkehrserhebung "Mobilität in Städten - SrV 2008", Dokumentation zum Mobilitätsverhalten der Bevölkerung für die Stadt Leipzig.

[StatÄ 2010] Statistische Ämter des Bundes und der Länder: Ausgewählte Regionaldaten für Deutschland, Ausgabe 2009, Hannover 2010.

[StLe 2009] Stadt Leipzig (2009): Energieeffizienz und Klimaschutz - Stadt Leipzig macht mit!; Online: http://www.leipzig.de/de/buerger/newsarchiv/2009/15776.shtml; 21.06.2010.

[StPlLe 2001] Stadtplanungsamt Leipzig 2001: Stadtentwicklung Wohnungsbau und Stadterneuerung. 2001, Online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/61_Stadtplanungsamt/1.pdf; 01.01.2011.

[SWL] Stadtwerke Leipzig GmbH: Daten und Fakten 2006 bis 2008.

[TGM 2008] Hochbauamt Leipzig (2008): Technisches Gebäudemanagement, Bericht über das Jahr 2008.

[TUD 2008] TU Dresden, Institut für Energietechnik; Fernwärme-Forschungsinstitut in Hannover e.V.: Senkung der Zirkulationsverluste in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen. AiF - Forschungsvorhaben 14244 BR, Abschlussbericht, Dresden, 2008.

[UBA 2009] Umweltbundesamt (Hrsg.): Computer, Internet und Co - Geld sparen und Klima schützen. Dessau-Roßlau, 2009. Online: http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3725.pdf, 08.03.2010.

[UBA 2010] Online:http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeIdent=2842); 30.08.2010.

[UBA 2010a] Umweltbundesamt (Hrsg.): Energieziel 2050. 100 % Strom aus erneuerbaren Quellen. Dessau-Roßlau, 2010.

[VDV 2010] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (Hrsg.) (in „Der Nahverkehr“ 3/2010): Leipziger Verkehrsbetriebe planen neues Busliniennetz.

[Weinreuter] Weinreuter, H.: Heizungsoptimierung Hydraulischer Abgleich - Große Einsparung, kleine Kosten. Information Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V. online: http://www.eor.de/fileadmin/eor/docs/aktivitaeten/2008/Energieberatertag/Vortraege/08_VZ_RPL_Weinreuter_Hydraulischer_Abgleich.pdf, 07.03.2011.

[WIGE 1996] Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, GEUmbH (1996): Entwicklung des Energiebedarfes und der CO_2-Emission in der Stadt Leipzig bis zum Jahr 2010 (Aktionsszenario, Trendszenario, Anhang).

[Wolf 2009] Wolf, Peter; Felix, Manfred: Rahmenkonzept Tiefengeothermie Freistaat Sachsen. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen, August 2009.

[ZALF 2007] Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF): Grünes Gold im Osten? Müncheberg 2007.

[ZAW 2008] Zweckverband Abfallwirtschaft Westsachsen (2009): Abfallbilanz 2008.

[ZsKl 2009] Ziel sächsischer Klimaschutzpolitik 2009; Online:
http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/18591.htm, 21.06.2010.

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Energieflussbild Trendszenario (ohne Verkehr) 2020

Anlage 2 Energieflussbild Trendszenario (ohne Verkehr) 2030

Anlage 3 Energieflussbild Aktionsszenario (ohne Verkehr) 2020

Anlage 4 Energieflussbild Aktionsszenario (ohne Verkehr) 2030

Anlage 5 Energieflussbild Trendszenario (Verkehr) 2020

Anlage 6 Energieflussbild Trendszenario (Verkehr) 2030

Anlage 7 Energieflussbild Aktionsszenario (Verkehr) 2020

Anlage 8 Energieflussbild Aktionsszenario (Verkehr) 2030

Anlage 9 Übersicht über potenziell geeignete Gebäude-Solarflächen je Ortsteil

Anlage 10 Tabellarische Ergebnisse für bauliche und energetische Sanierungspotenziale im Gebäudebereich

Anlage 11 Infrastrukturelle und energetische Randbedingungen für die Stadtplanung in den Ortsteilen

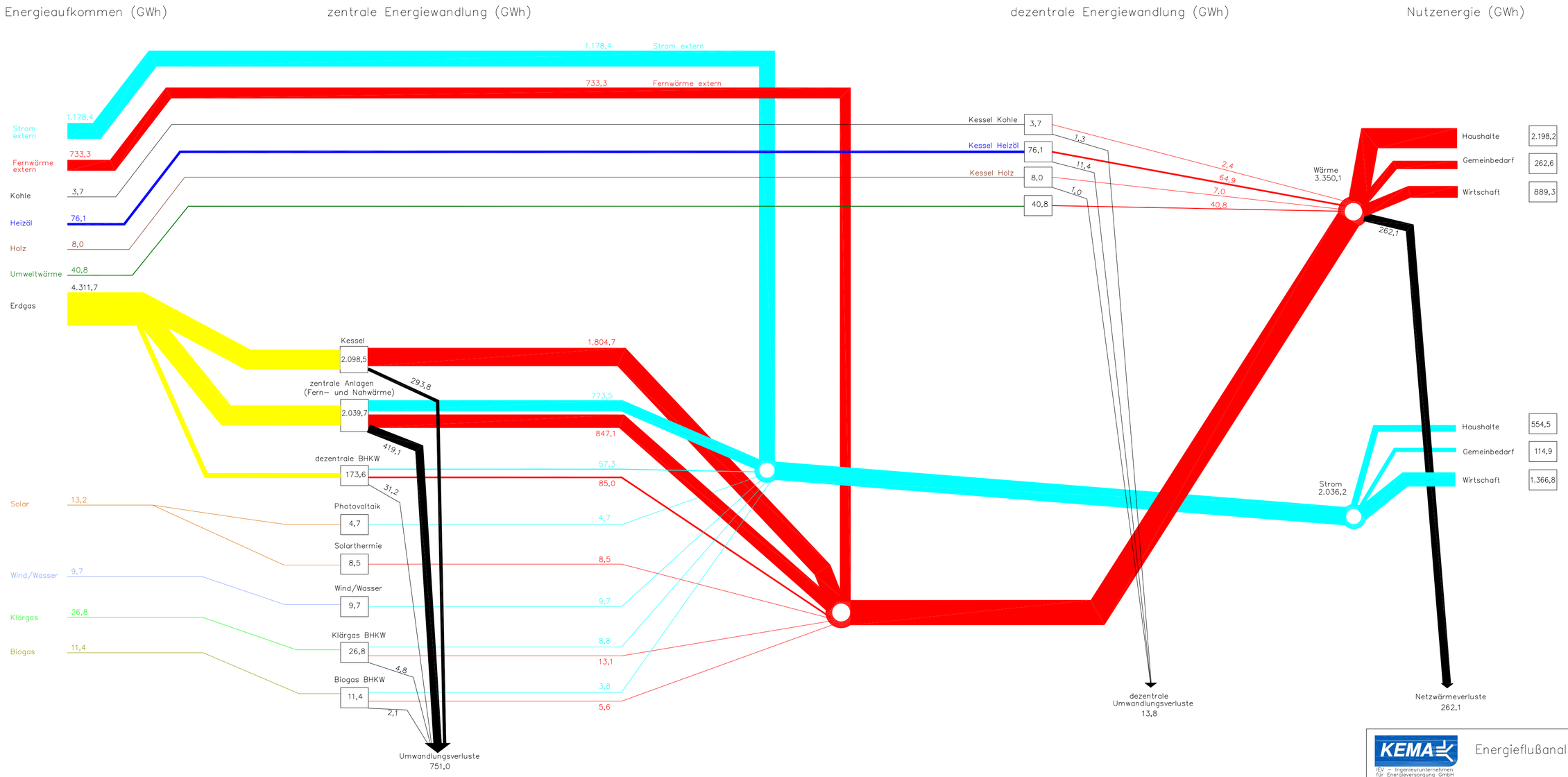
Anlage 12 Stadt Leipzig Wärmedichte für das Jahr 2008

Urheberrechtsvermerk

Die Nutzung des vorliegenden Berichtes bleibt ausschließlich dem Auftraggeber vorbehalten. Eine Weitergabe des Berichtes und/oder der Ergebnisse an Dritte, Vervielfältigungen und Übersetzungen in fremde Sprachen sind nicht gestattet. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der KEMA-IEV GmbH.

Energieflußanalyse der Stadt Leipzig (ohne Verkehr)

Trendszenario 2020



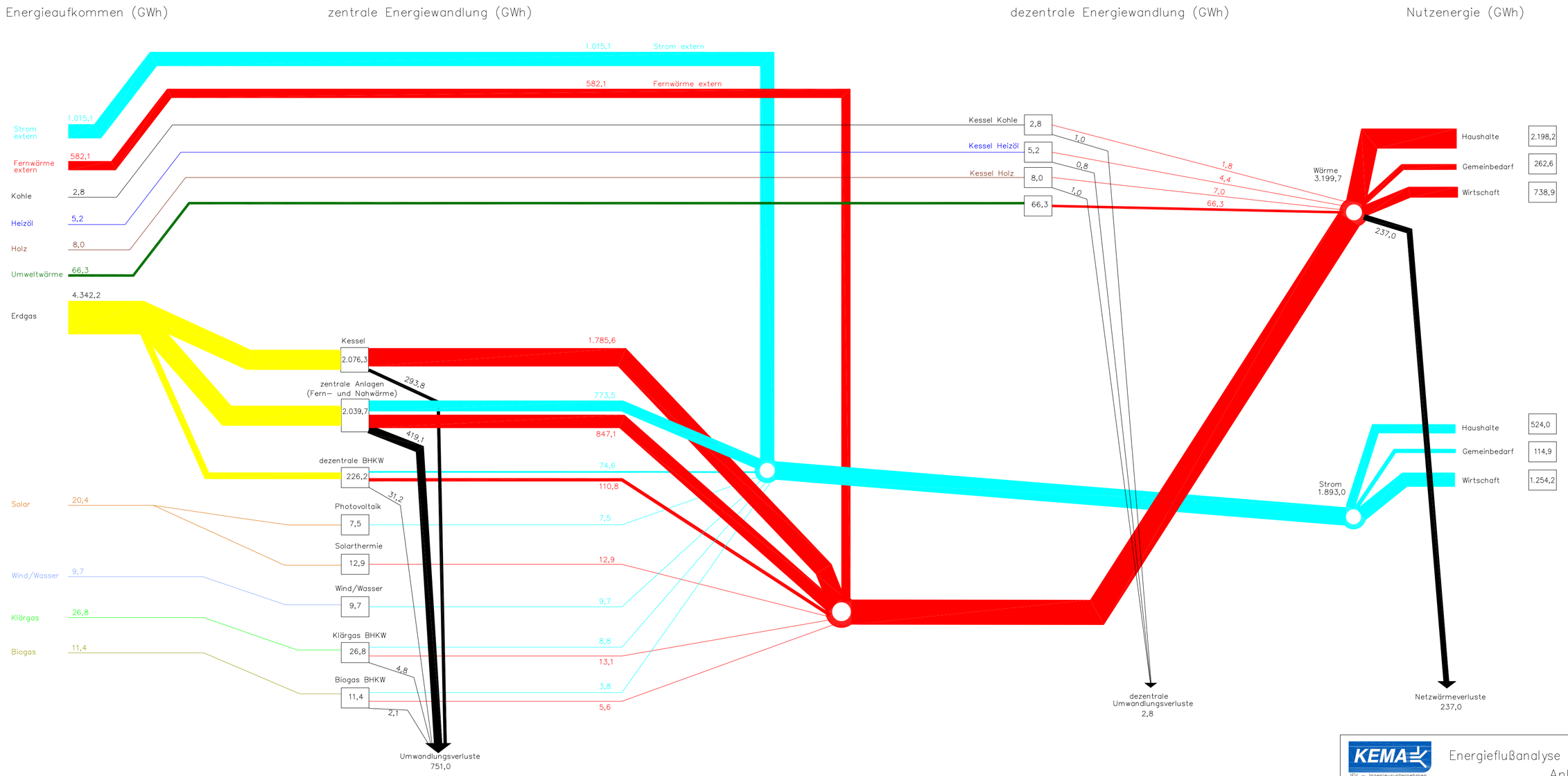
11.03.2011

KEMA
IEV – Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH

Energieflußanalyse der Stadt Leipzig
Anlage 1

Energieflußanalyse der Stadt Leipzig (ohne Verkehr)

Trendszenario 2030



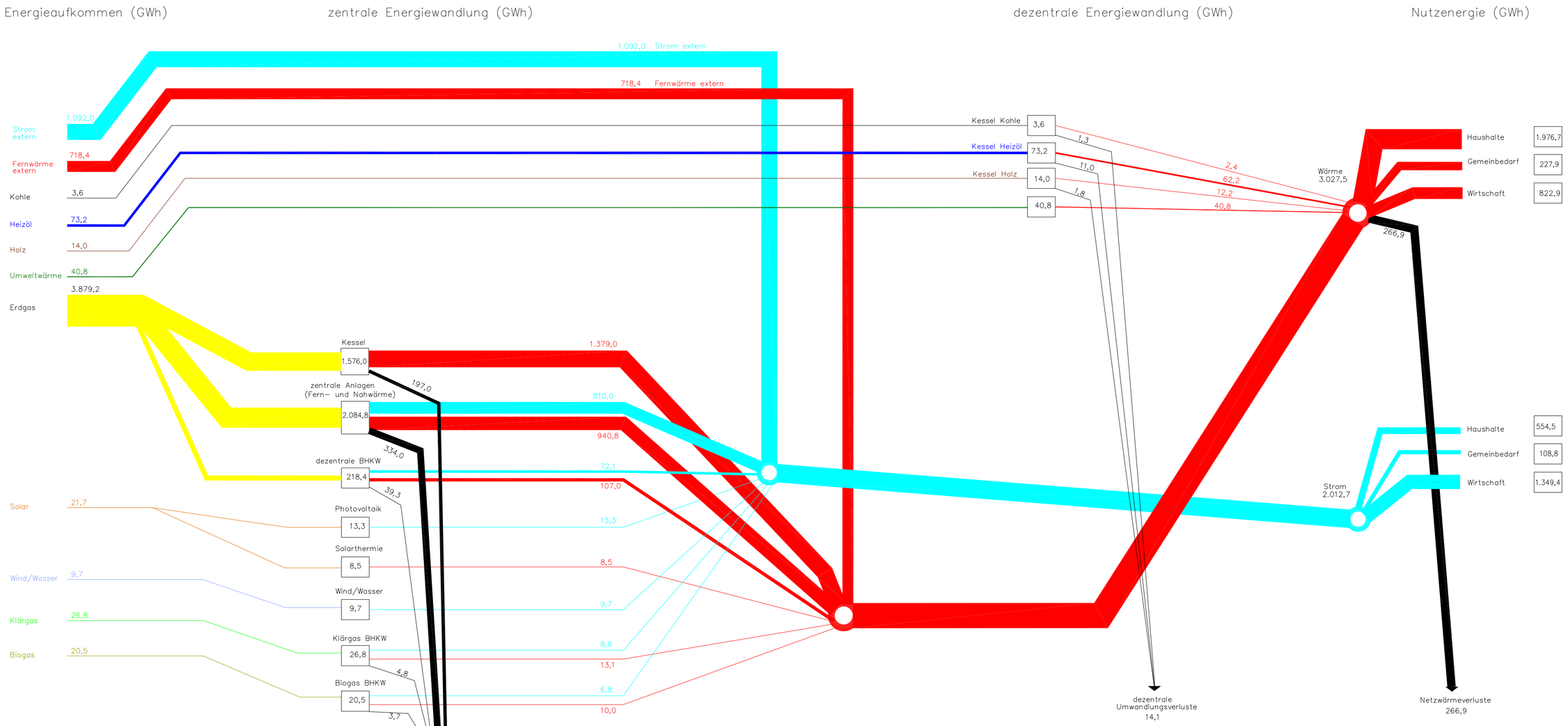
11.03.2011

KEMA
IEV – Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH

Energieflußanalyse der Stadt Leipzig
Anlage 2

Energieflußanalyse der Stadt Leipzig (ohne Verkehr)

Aktionsszenario 2020



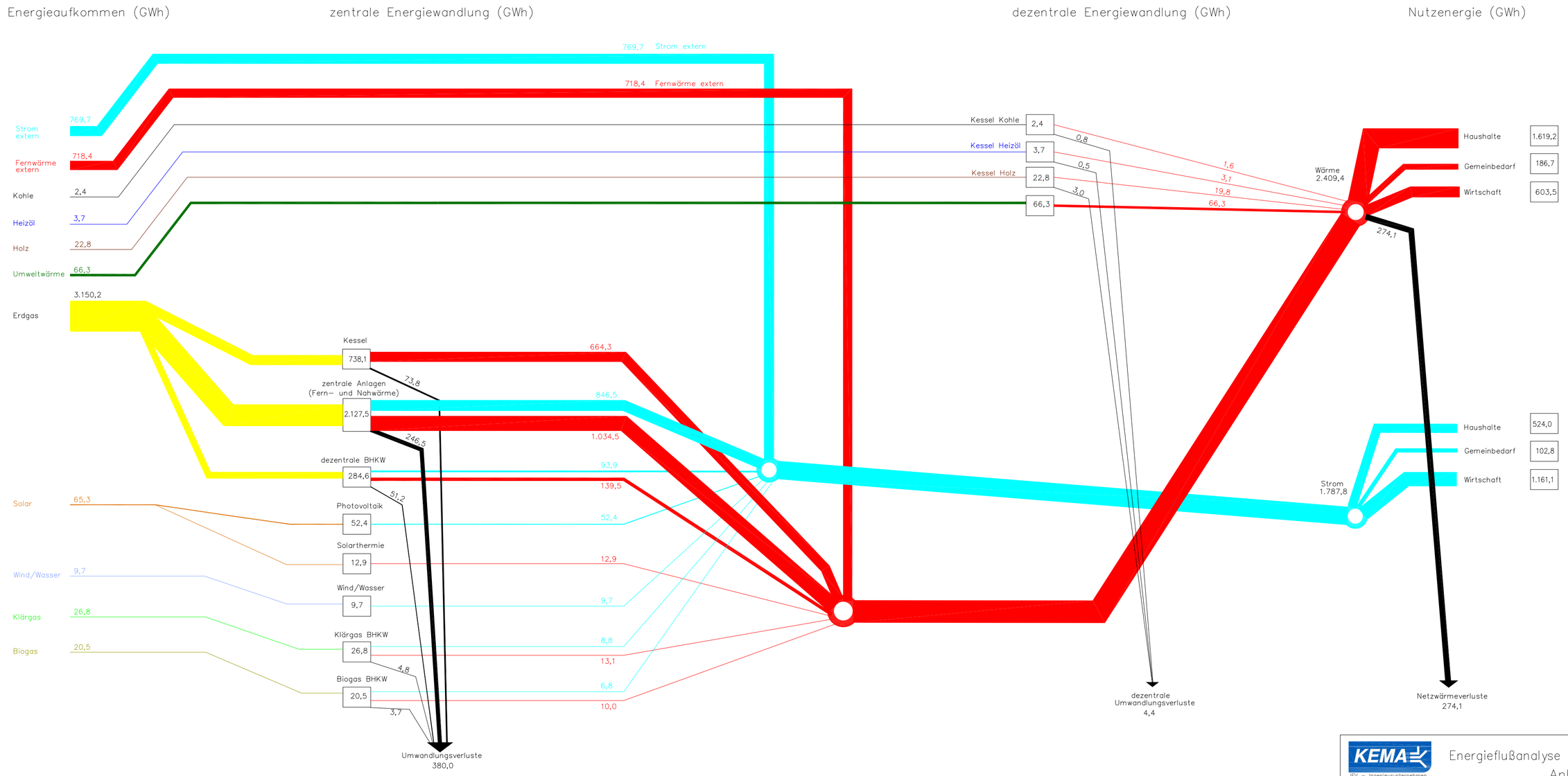
11.03.2011

KEMA
IEV – Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH

Energieflußanalyse der Stadt Leipzig
Anlage 3

Energieflußanalyse der Stadt Leipzig (ohne Verkehr)

Aktionsszenario 2030



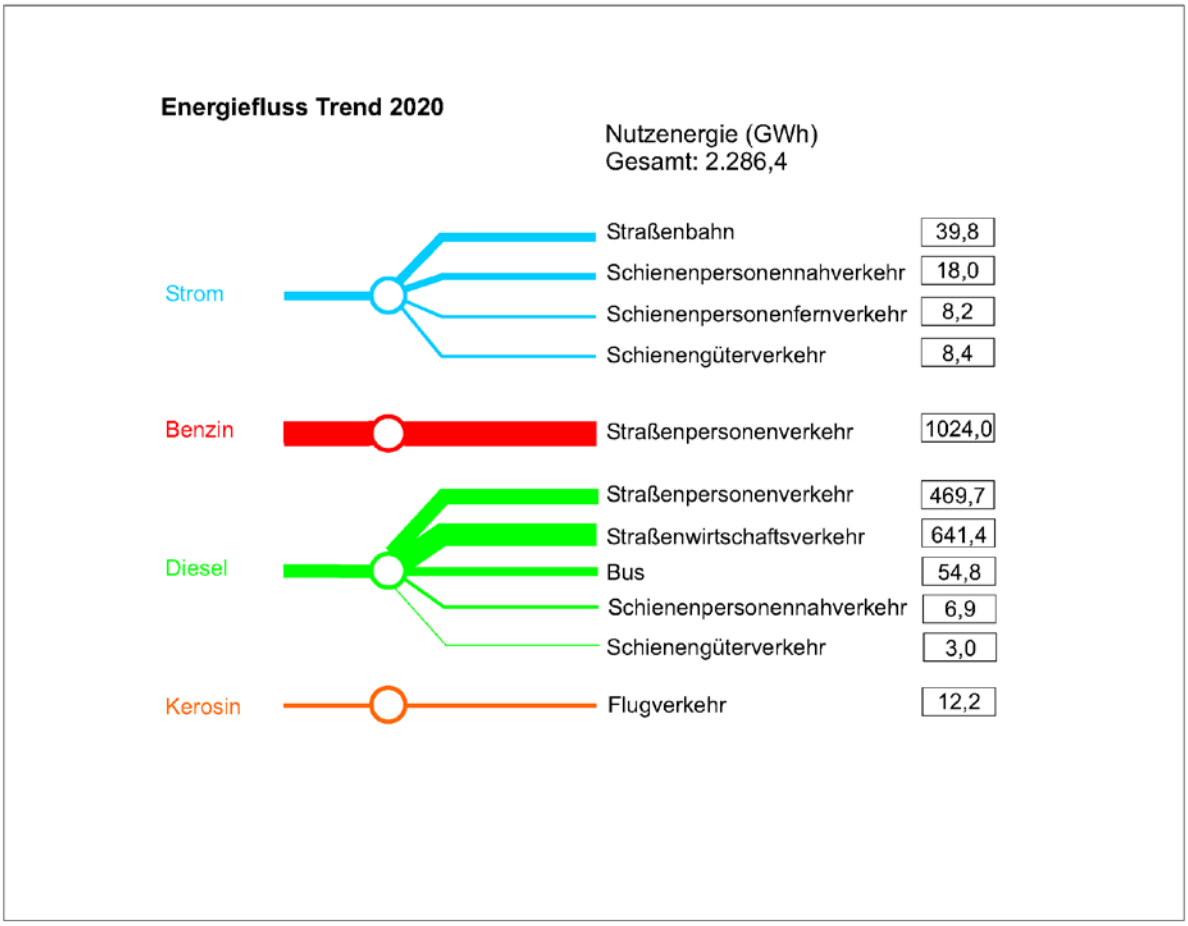
11.03.2011

KEMA
IEV – Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH

Energieflußanalyse der Stadt Leipzig
Anlage 4

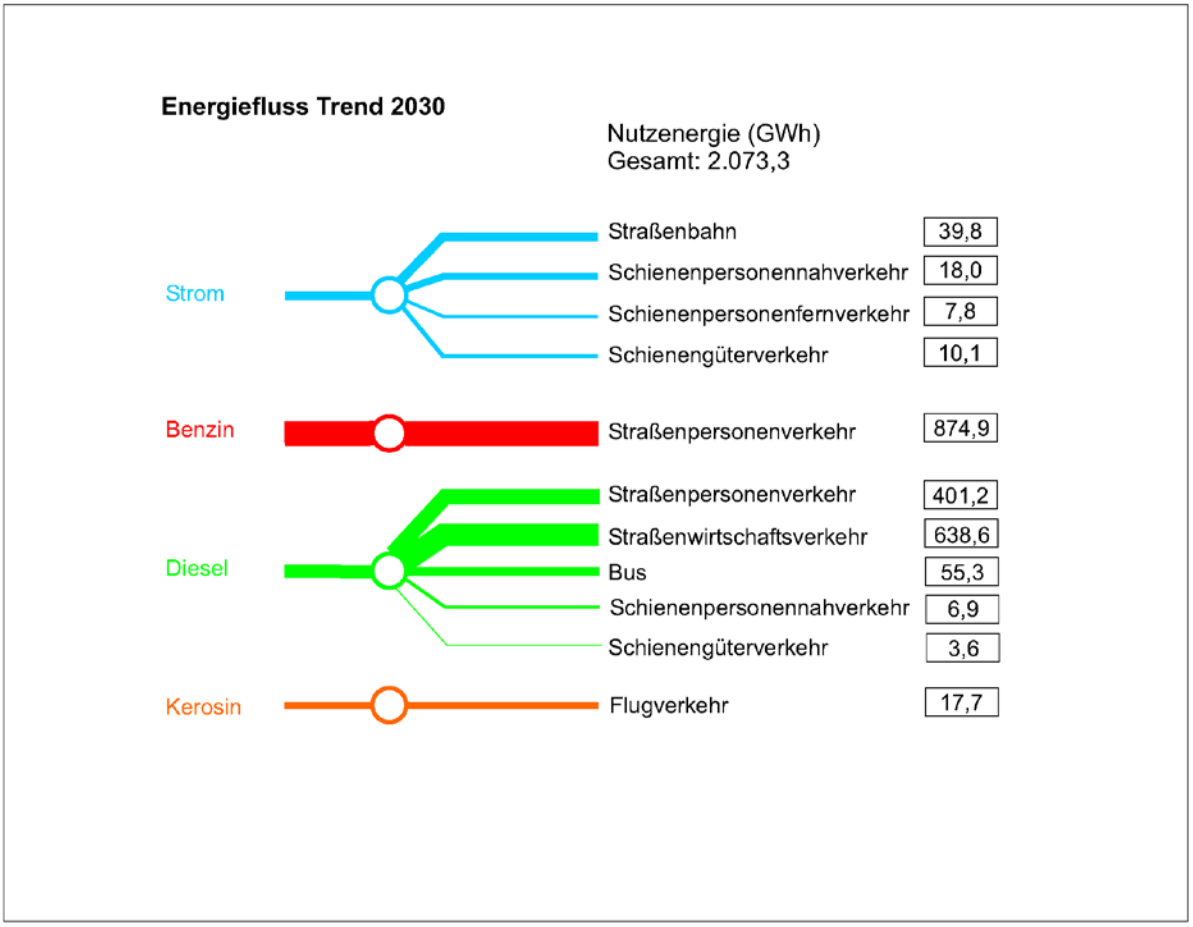
Anlage 5 Energieflussanalyse Trendszenario 2020 (Verkehr)

Berechnung nach Inlandskonzept, ohne Nebenanlagen des Verkehrs



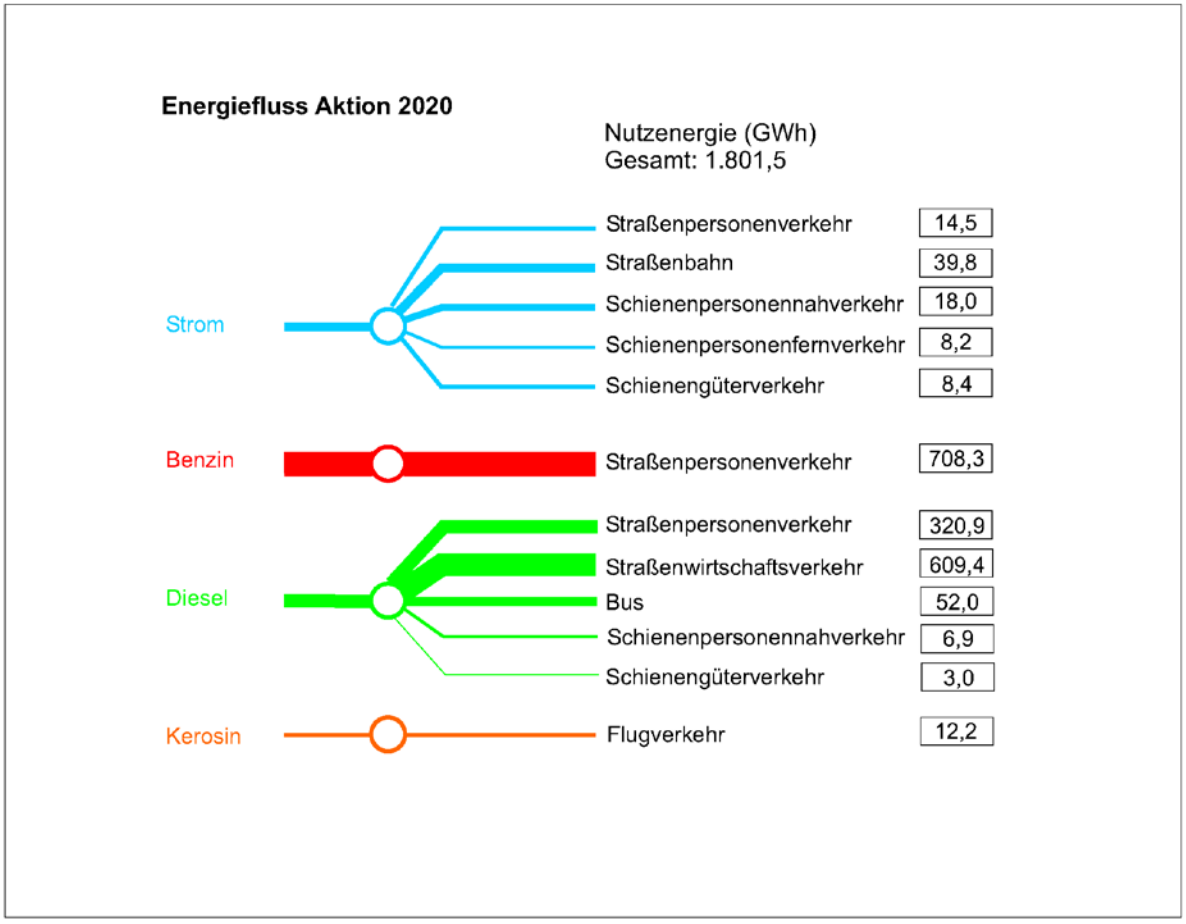
Anlage 6 Energieflussanalyse Trendszenario 2030 (Verkehr)

Berechnung nach Inlandskonzept, ohne Nebenanlagen des Verkehrs



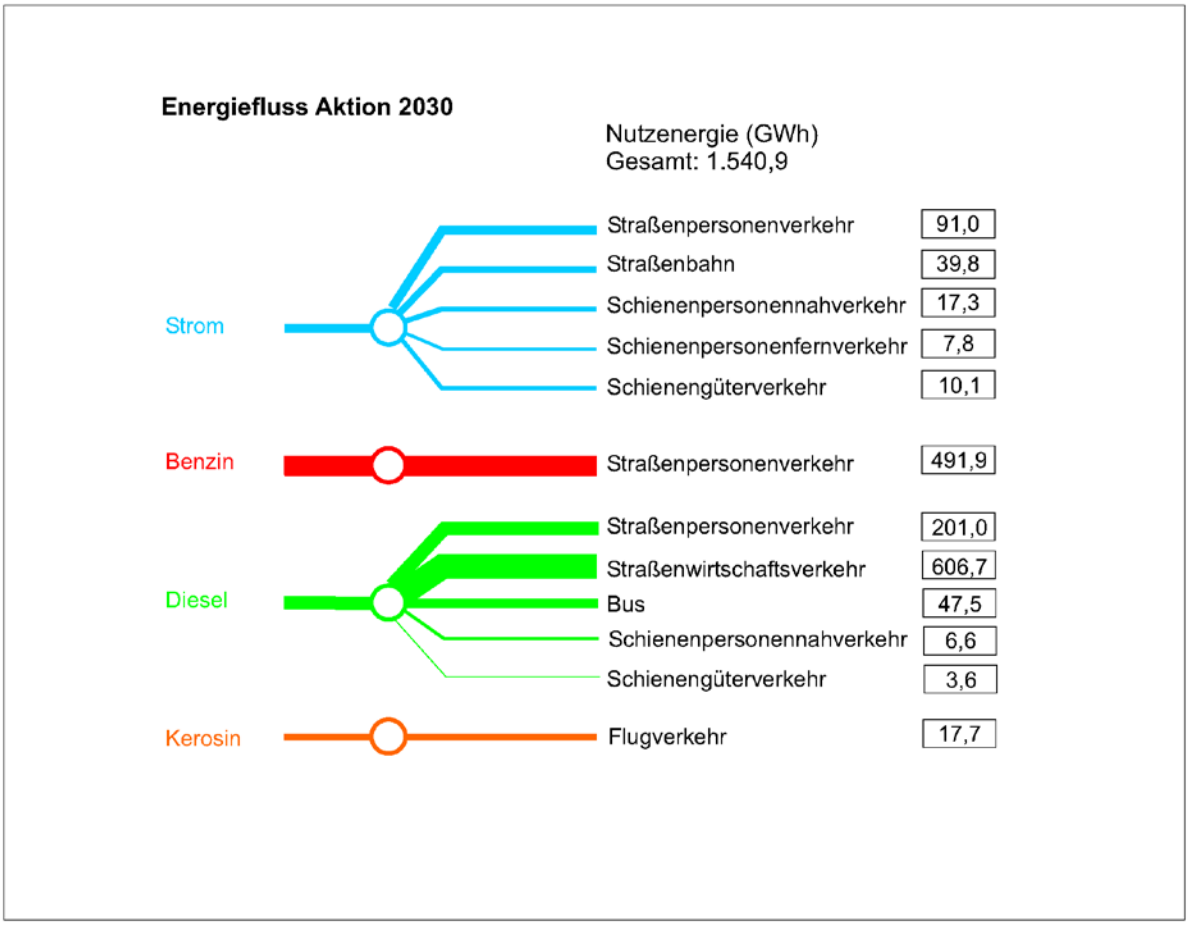
Anlage 7 Energieflussanalyse Aktionsszenario 2020 (Verkehr)

Berechnung nach Inlandskonzept, ohne Nebenanlagen des Verkehrs



Anlage 8 Energieflussanalyse Aktionsszenario 2030 (Verkehr)

Berechnung nach Inlandskonzept, ohne Nebenanlagen des Verkehrs



Anlage 9 Übersicht über potenziell geeignete Gebäude-Solarflächen je Ortsteil (basierend auf GIS-Datenauswertung und vereinfachtem Bewertungsansatz).

OT-Nr.	Ortsteil	Solardachflächen Wohngebäude in 1000 m²	Solardachflächen Nichtwohngebäude in 1000 m²	Solarfassadenflächen Wohngebäude in 1000 m²	Solarfassadenflächen Nichtwohngebäude in 1000 m²
0	Zentrum	55,7	10,0	5,8	1,4
1	Zentrum-Ost	41,1	31,5	6,0	4,5
2	Zentrum-Südost	48,0	69,2	7,2	9,9
3	Zentrum-Süd	69,2	19,2	11,2	2,7
4	Zentrum-West	63,4	18,6	10,0	2,7
5	Zentrum-Nordwest	57,1	30,0	10,0	4,3
6	Zentrum-Nord	48,7	47,8	7,9	6,8
10	Schönefeld-Abtnaundorf	68,3	31,3	13,6	4,5
11	Schönefeld-Ost	35,0	59,9	4,3	8,5
12	Mockau-Süd	29,2	32,6	5,0	4,6
13	Mockau-Nord	82,8	25,6	8,2	3,7
14	Thekla	39,6	172,7	6,2	24,6
15	Plaußig-Portitz	48,1	33,7	4,9	4,8
20	Neustadt-Neuschönefeld	58,8	7,8	10,5	1,1
21	Volkmarsdorf	51,5	28,8	9,5	4,1
22	Anger-Crottendorf	53,2	29,2	9,5	4,2
23	Sellerhausen-Stünz	54,5	50,7	9,0	7,2
24	Paunsdorf	49,7	56,7	6,5	8,1
25	Heiterblick	41,0	28,8	5,0	4,1
26	Mölkau	57,9	39,0	5,4	5,6
27	Engelsdorf	88,5	92,4	13,1	13,2
28	Baalsdorf	19,9	35,6	2,2	5,1
29	Althen-Kleinpösna	25,3	25,1	4,8	3,6
30	Reudnitz-Thonberg	90,8	49,4	16,7	7,0
31	Stötteritz	103,3	46,0	16,4	6,6
32	Probstheida	45,2	37,6	6,8	5,4
33	Meusdorf	44,7	10,7	2,9	1,5
34	Liebertwolkwitz	59,1	55,4	9,4	7,9
35	Holzhausen	76,1	52,7	9,6	7,5
40	Südvorstadt	110,7	17,7	20,7	2,5
41	Connewitz	106,0	61,6	18,1	8,8
42	Marienbrunn	36,1	8,5	4,4	1,2
43	Lößnig	36,5	14,7	6,1	2,1
44	Dölitz-Dösen	33,1	44,0	5,5	6,3
50	Schleußig	60,0	15,7	9,5	2,2
51	Plagwitz	78,7	77,9	14,8	11,1
52	Kleinzschocher	60,0	26,9	11,7	3,8
53	Großzschocher	67,0	96,0	10,4	13,7
54	Knautkleeberg-Knauthain	80,3	36,6	9,1	5,2
55	Hartmannsdorf-Knautnaundorf	27,0	60,5	5,0	8,6

OT-Nr.	Ortsteil	Solardachflächen Wohngebäude in 1000 m²	Solardachflächen Nichtwohngebäude in 1000 m²	Solarfassadenflächen Wohngebäude in 1000 m²	Solarfassadenflächen Nichtwohngebäude in 1000 m²
60	Schönau	16,5	38,6	1,6	5,5
61	Grünau-Ost	20,8	5,3	2,9	0,8
62	Grünau-Mitte	37,6	5,1	5,1	0,7
63	Grünau-Siedlung	46,7	10,8	2,9	1,5
64	Lausen-Grünau	46,9	12,8	5,9	1,8
65	Grünau-Nord	22,9	3,8	3,2	0,5
66	Miltitz	23,2	18,1	3,5	2,6
70	Lindenau	41,3	27,8	7,7	4,0
71	Altlindenau	96,2	42,6	18,1	6,1
72	Neulindenau	35,6	91,7	6,0	13,1
73	Leutzsch	68,2	68,2	11,9	9,7
74	Böhlitz-Ehrenberg	77,2	98,2	10,3	14,0
75	Burghausen-Rückmarsdorf	50,4	41,1	5,7	5,9
80	Möckern	81,3	68,8	13,6	9,8
81	Wahren	46,6	42,7	7,8	6,1
82	Lützschena-Stahmeln	46,8	54,0	6,9	7,7
83	Lindenthal	67,6	40,3	8,5	5,7
90	Gohlis-Süd	104,1	7,8	19,0	1,1
91	Gohlis-Mitte	75,9	15,8	13,5	2,3
92	Gohlis-Nord	39,5	26,9	5,6	3,8
93	Eutritzsch	78,6	159,9	13,7	22,8
94	Seehausen	41,3	20,4	7,5	2,9
95	Wiederitzsch	87,0	43,4	6,9	6,2

Anlage 10 Tabellarische Ergebnisse für bauliche und energetische Sanierungspotenziale im Gebäudebereich

A) Spezifische CO_2-Emissionen von Heizungsanlagen und Einsparpotenziale durch Brennstoffumstellung und Kesselaustausch

Heizungsart		Einzelfeuerstätte	Kessel	BW-Kessel	Kessel	Kessel	BW-Kessel	Fern-/Nahwärme
Energieträger		Kohle	Heizöl	Heizöl	Flüssiggas	Erdgas	Erdgas	Mix
äquivalente CO_2-Emissionen (Energieträger)	t/GWh	397	312	312	270	242	242	191
Jahresnutzungsgrad		65%	85%	98%	85%	86%	100%	100%
Hilfsenergie elektrisch		0%	1%	1%	1%	1%	1%	2%
äquivalente CO_2-Emissionen (Nutzwärme)	t/GWh	611	373	324	323	288	248	203
CO_2-Emissionen im Vergleich zu Fern-/ Nahwärme		301%	184%	160%	159%	142%	122%	100%
Einsparpotenzial bei Wechsel zu Fern-/ Nahwärme		67%	46%	37%	37%	29%	18%	0%
Einsparpotenzial bei Wechsel zu Erdgas-BW-Kessel		59%	33%	23%	23%	14%	0%	-22%

B) Senkung des Heizenergiebedarfs durch bauliche Sanierung, nach Gebäudetyp und Einzelmaßnahme unterteilt

	EFH_B	GMH_B	EFH_C	GMH_C	EFH_D	GMH_F	EFH_H	MFH_H
Heizenergiebedarf nach Sanierung	vor 1918	vor 1918	1919-1948	1919-1948	1949-1957	1969-1978	1984-1994	1984-1994
Ist-Zustand unsaniert	250	159	194	164	223	140	140	122
Erneuerung der Fenster	245	147	188	155	216	131	132	110
plus Dachdämmung	219	102	154	145	157	123	124	108
plus Wanddämmung	114	76	90	80	110	70	85	77
plus Kellerdeckendämmung	90	69	77	72	94	66	81	74

C) CO_2-Senkungspotenziale durch bauliche Sanierung am Beispiel des Gebäudetyps GMH_F mit Baujahr 1969-1978

Heizungsart und Energieträger		Einzel-feuerstätte (Kohle)	Kessel (Heizöl)	BW-Kessel (Heizöl)	Kessel (Flüssiggas)	Kessel (Erdgas)	BW-Kessel (Erdgas)	Fern-/ Nahwärme (Erdgas/Kohle/ Heizöl)
CO_2-Emission spezifisch	kg/MWh	611	373	324	323	288	248	203
Erneuerung der Fenster	kg/(m²*a)	5,5	3,4	2,9	2,9	2,6	2,2	1,8
plus Dachdämmung	kg/(m²*a)	4,9	3,0	2,6	2,6	2,3	2,0	1,6
plus Wanddämmung	kg/(m²*a)	32,4	19,8	17,2	17,1	15,3	13,2	10,8
plus Kellerdeckendämmung	kg/(m²*a)	2,4	1,5	1,3	1,3	1,2	1,0	0,8

D) CO_2-Senkungspotenziale durch Heizungs-/Energieträgerumstellung am Beispiel des Gebäudetyps GMH_F mit Baujahr 1969-1978

Umrüstung	unsaniert	neue Fenster	neue Fenster, Dach gedämmt	neue Fenster, Dach + Wand gedämmt	neue Fenster, Dach + Wand + Kellerdecke gedämmt
von Kohle auf Erdgas-Brennwertkessel	50,8	47,5	44,6	25,4	24,0
von Heizöl auf Erdgas-Brennwertkessel	17,4	16,3	15,3	8,7	8,2
von Kohle auf Fern-/ Nahwärme	57,2	53,5	50,2	28,6	27,0
von Heizöl auf Fern-/ Nahwärme	23,8	22,3	20,9	11,9	11,2
von Erdgas-Brennwertkessel auf Fern-/ Nahwärme	6,4	6,0	5,6	3,2	3,0

Anlage 11 Infrastrukturelle und energetische Randbedingungen für die Stadtplanung in den Ortsteilen

OT-Nr.	Ortsteil	Fernwärme-versorgung vorhanden	Energiedichte [kWh/(m²*a)]	Fernwärme-versorgung möglich 1)	Nahwärme-Inselversorgung prüfen 2)	Solarthermische Dachflächennutzung prüfen 3)
0	Zentrum	komplett	73			
1	Zentrum-Ost	komplett	56			
2	Zentrum-Südost	komplett	74			
3	Zentrum-Süd	komplett	95			
4	Zentrum-West	anteilig	233	x		
5	Zentrum-Nordwest	anteilig	100	x		
6	Zentrum-Nord	komplett	61			
10	Schönefeld-Abtnaundorf	anteilig	58		x	x
11	Schönefeld-Ost	überwiegend	26		x	x
12	Mockau-Süd	anteilig	103		x	x
13	Mockau-Nord	anteilig	16		x	x
14	Thekla	anteilig	19		x	x
15	Plaußig-Portitz	nein	27		x	x
20	Neustadt-Neuschönefeld	überwiegend	85	x		
21	Volkmarsdorf	anteilig	71	x		
22	Anger-Crottendorf	nein	71	x		
23	Sellerhausen-Stünz	anteilig	29		x	x
24	Paunsdorf	anteilig	33	x		
25	Heiterblick	anteilig	16	x		
26	Mölkau	nein	15		x	x
27	Engelsdorf	nein	15		x	x
28	Baalsdorf	nein	13		x	x
29	Althen-Kleinpösna	nein	10		x	x
30	Reudnitz-Thonberg	anteilig	91	x		
31	Stötteritz	anteilig	41	x		
32	Probstheida	nein	34		x	x
33	Meusdorf	anteilig	19		x	x
34	Liebertwolkwitz	nein	15		x	x
35	Holzhausen	nein	15		x	x
40	Südvorstadt	anteilig	104		x	x
41	Connewitz	anteilig	57	x		
42	Marienbrunn	anteilig	40		x	x
43	Lößnig	anteilig	71		x	x
44	Dölitz-Dösen	nein	16		x	x
50	Schleußig	nein	111		x	x
51	Plagwitz	nein	57	x		
52	Kleinzschocher	anteilig	64	x		
53	Großzschocher	anteilig	25	x		
54	Knautkleeberg-Knauthain	nein	15		x	x
55	Hartmannsdorf-Knautnaundorf	nein	2		x	x

OT-Nr.	Ortsteil	Fernwärme-versorgung vorhanden	Energiedichte [kWh/m²]	Fernwärme-versorgung möglich 1)	Nahwärme-Inselversorgung prüfen	Solarthermische Dachflächennutzung prüfen 2)
60	Schönau	anteilig	26		x	x
61	Grünau-Ost	komplett	59			
62	Grünau-Mitte	komplett	97			
63	Grünau-Siedlung	anteilig	52		x	x
64	Lausen-Grünau	anteilig	7	x		
65	Grünau-Nord	anteilig	70		x	x
66	Miltitz	nein	13		x	x
70	Lindenau	nein	63		x	x
71	Altlindenau	nein	70		x	x
72	Neulindenau	anteilig	25		x	x
73	Leutzsch	nein	44		x	x
74	Böhlitz-Ehrenberg	nein	16		x	x
75	Burghausen-Rückmarsdorf	nein	17		x	x
80	Möckern	anteilig	34	x		
81	Wahren	nein	32		x	x
82	Lützschena-Stahmeln	nein	6		x	x
83	Lindenthal	nein	16		x	x
90	Gohlis-Süd	nein	82		x	x
91	Gohlis-Mitte	anteilig	77	x		
92	Gohlis-Nord	anteilig	38	x		
93	Eutritzsch	anteilig	44	x		
94	Seehausen	nein	5		x	x
95	Wiederitzsch	nein	12		x	x

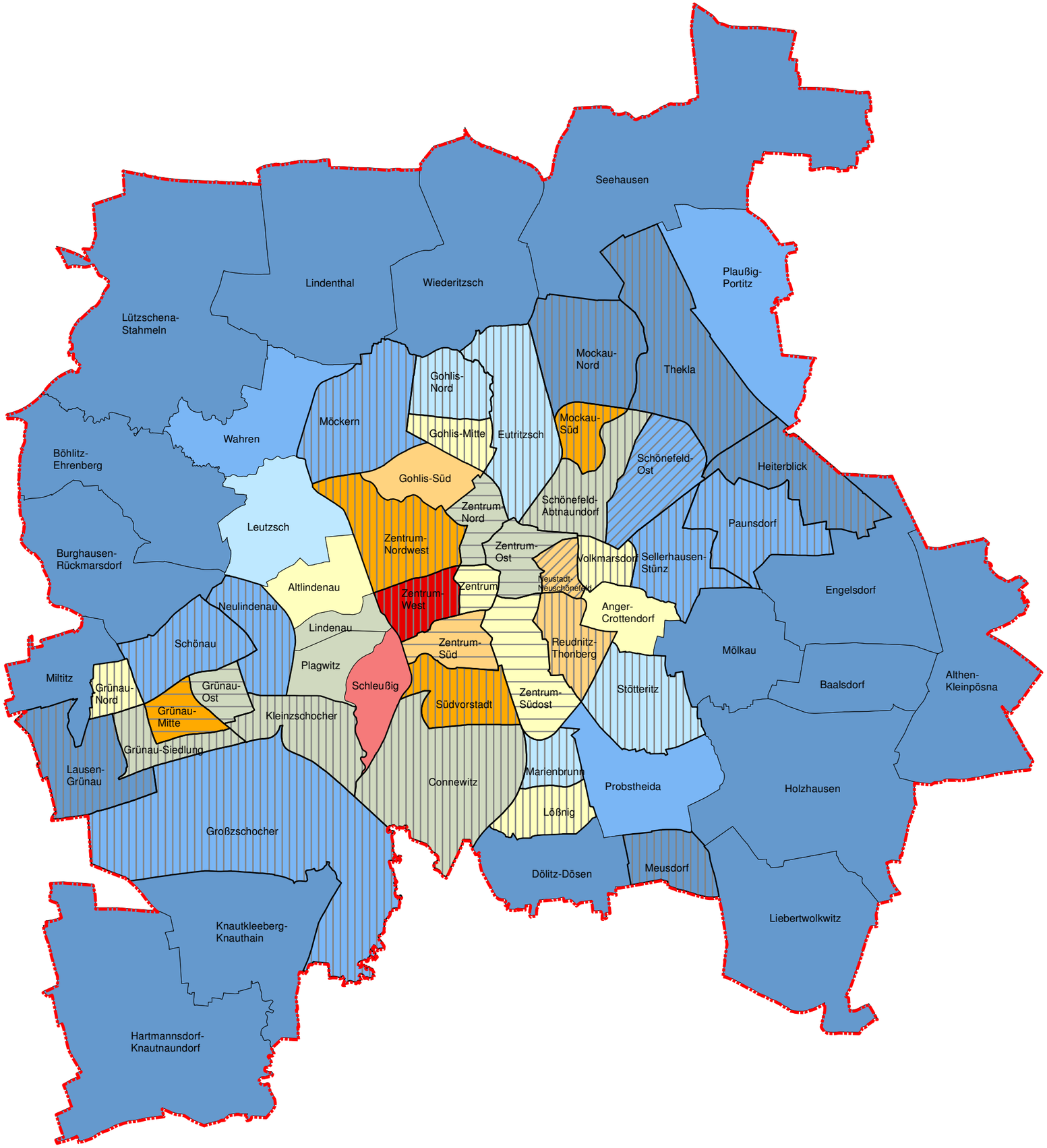
1) Fernwärmeversorgung durch Netzerweiterung oder Netzverdichtung möglich.
Diesbezügliche Anfrage bei Stadtwerke Leipzig GmbH empfohlen.
2) Prüfung durch Energieversorger auch ausserhalb des SW Leipzig Gebietes möglich
3) Thermische Nutzung der Solarenergie in Verbindung mit Fernwärmenutzung im selben Objekt ist heute noch nicht klimaschutzwirksam. Besser ist in diesem Falle die Nutzung der Solarenergie zur Stromerzeugung (PV).

Erläuterungen zu vorhandener Fernwärmeversorgung:

komplett	>95%
überwiegend	>50%
anteilig	<50%
nein	

Stadt Leipzig
Wärmedichte
für das Jahr 2008

Dargestellt ist die Wärmedichte und der Anteil der bereits vorhandenen Fernwärme in den jeweiligen Ortsteilen.



Legende

Stadtgrenze

Anteil der Ferwärme

- nicht vorhanden
- komplett (>95 %)
- überwiegend (>50 %)
- anteilig (<50 %)

Wärmedichte in [kWh/(m²*a)]

- 2 - 20
- 20 - 35
- 35 - 50
- 50 - 65
- 65 - 80
- 80 - 95
- 95 - 110
- 110 - 125
- 125 - 240

N

Maßstab 1:85000