



# **Bericht**

# Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig -

# Analyse und Handlungsempfehlungen

Phase 2 - Analyse des IST-Standes inklusiv der **Emissionsbilanz** 

Bericht-Nr.: 10-110 53016-001-P

Dresden, 24. Januar 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

# Gefördert durch:





3.2 Energieverbrauch Verkehr

3.2.1 Energieverbräuche nach dem Inlandskonzept

36

36

INH	ALT:	SVERZEICHNIS	SEITE		
Abbi	ldung	sverzeichnis	4		
Tabe	llenve	erzeichnis	4		
1 Einleitung					
2	IST-A	Analyse zu Energieverbrauch und Energieversorgung (ohne Verkehr	) 7		
	2.1	Methodik	7		
		2.1.1 Begriffsdefinitionen	7		
		2.1.2 Allgemeines	7		
		2.1.3 Bilanzgrenzen	9		
		2.1.4 Datengrundlage	10		
		2.1.5 Validierung	11		
	2.2	Energieverbrauch (ohne Verkehr)	11		
		2.2.1 Energieverbrauch im Überblick	11		
		2.2.2 Energieverbrauch im Sektor Gemeinbedarf	16		
		2.2.3 Erläuterungen zum Sektor Wirtschaft	21		
	2.3	Energieversorgung	22		
		2.3.1 Energieaufkommen	25		
		2.3.2 Energiewandlung	26		
		2.3.3 Leitungsverluste	28		
	2.4	Energieflussanalyse	28		
	2.5	Wärmeatlas	28		
	2.6	Stromatlas	29		
3	IST-A	Analyse zu Energieverbrauch im Bereich Verkehr	30		
	3.1	Methodik	30		
		3.1.1 Grundlagen zur Bilanzierung von Energieverbräuchen im Bereich Verkehr	30		
		3.1.2 Methodische Herangehensweise in bisherigen Studien	30		
		3.1.3 Ableitung der Vorgehensweise bei der aktuellen Bilanzierung	31		
		3.1.4 Methodisches Vorgehen - Inlandskonzept	33		
		3.1.5 Methodisches Vorgehen - Inländerkonzept	35		

KEMA
IEV - Ingenieurunternehmen
für Energieversorgung GmbH

		3.2.2 Energieverbräuche nach dem Inländerkonzept	38
		3.2.3 Energieflussanalyse Verkehr	39
4	Emi	ssionsbilanz (ohne Verkehr)	40
	4.1	Methodik	40
		4.1.1 Allgemeines	40
		4.1.2 Datengrundlage	40
		4.1.3 Berechnungsmethodik	41
		4.1.4 Klimabereinigung	42
		4.1.5 Validierung	42
	4.2	Ergebnisse	43
		4.2.1 Klimaschadgase (real)	43
		4.2.2 Klimaschadgase (klimabereinigt)	44
		4.2.3 Weitere Luftschadstoffe	46
5	Emi	ssionsbilanz Verkehr	47
	5.1	Methodik	47
		5.1.1 Allgemeines	47
		5.1.2 Berechnungsmethodik	48
	5.2	Ergebnisse	48
		5.2.1 CO <sub>2</sub> -Emissionen auf Basis des Inlandskonzepts	48
		5.2.2 CO <sub>2</sub> -Emissionen auf Basis des Inländerkonzepts	49
		5.2.3 Andere Schadgase	49
6	Zus	ammenfassung	52
	6.1	Vorbemerkung	52
	6.2	Gesamtenergiebilanz	52
	6.3	Gesamtemissionsbilanz	52
	6.4	Entwicklung der Emissionen	55
Lite	raturv	verzeichnis	57
Anla	agenv	erzeichnis	61

13

# Abbildungsverzeichnis

5	""	
Bild 1-1:	Übersicht über die Bearbeitungsphasen des Integrierten Energie-	6
Bild 2-1:	und Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Leipzig Endenergieverbrauch innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach	6
Dila 2-1.	Enderlergieverbraden innernalb der Stadtgrenze Leipzig 2006 nach Energieträgern	13
Bild 2-2:	Endenergieverbrauch innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach	10
2	Nutzungsart	15
Bild 2-3:	Wärmekennzahlen der Schulen und Vergleich mit	. •
	Richtwerten/Mittelwerten nach VDI 3807	20
Bild 2-4:	Stromkennzahlen der Schulen und Vergleich mit	
	Richtwerten/Mittelwerten nach VDI 3807	20
Bild 2-5:	Verteilung der Unternehmen und Betriebe nach Anzahl der	
	Beschäftigten (Datenquelle: [StatLA 2009])	21
Bild 2-6:	Aufteilung der Unternehmen und Betriebe nach Wirtschaftszweigen	
	(Datenquelle: Ortsteilkatalog Leipzig 2009)	22
Bild 2-7:	Struktur der Energieversorgung	23
Bild 2-8:	Energieaufkommen der Stadt Leipzig 2008	26
Bild 3-1:	Anteile der einzelnen Verkehrsmittel am Gesamtenergieverbrauch	
	des Verkehrssektors nach Inlandskonzept 2008	37
Bild 3-2:	Anteile der einzelnen Verkehrsmittel am Gesamtenergieverbrauch	
	des Verkehrssektors nach Inländerkonzept 2008	39
Bild 4-1:	Prozentuale Aufteilung des Energieverbrauchs und der äquivalenten	
	CO <sub>2</sub> -Emissionen auf die Endenergieträger 2008 (real)	44
Bild 4-2:	Aufteilung der spezifischen äquivalenten CO <sub>2</sub> -Emissionen pro	
	Einwohner aufgeteilt nach Endenergieträger 2008 (real)	44
Bild 4-3:	Prozentuale Aufteilung des Energieverbrauchs und der äquivalenten	
	CO₂-Emissionen auf die Endenergieträger 2008 (bereinigt)	<i>4</i> 5
Bild 4-4:	Aufteilung der spezifischen äquivalenten CO₂-Emissionen pro	
	Einwohner aufgeteilt nach Endenergieträger 2008 (bereinigt)	46
Bild 6-1:	Prozentuale Verteilung der gesamten äquivalenten CO <sub>2</sub> -Emissionen	
	2008 (real)	53
Bild 6-2:	Prozentuale Verteilung der gesamten äquivalenten CO <sub>2</sub> -Emissionen	
	2008 (bereinigt)	54
Bild 6-3:	Gesamte CO <sub>2</sub> -Emissionen in Leipzig in Tonnen CO <sub>2</sub> pro Kopf im Jahr	
	2008 mit und ohne äquivalente Emissionen (bereinigt)	54
Bild 6-4:	Entwicklung der jährlichen CO <sub>2</sub> -Emissionen von 1990 bis 2008 (ohne	
	CO₂-Äquivalente, klimabereinigt, variierende Methodiken)	55
Bild 6-5:	Vergleich der Ergebnisse für die CO₂-Emissionen des Jahres 2008	
	in Bezug auf die Methodik und Ergebnisse des Jahres 2005 (ohne	
	CO₂-Aquivalente, klimabereinigt)	56
Tabellenve	erzeichnis	
Tabelle 2-1:	Datengrundlage	10
Tabelle 2-2:	Endenergieverbrauch innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach	

Energieträgern

Tabelle 2-3:	Endenergieverbrauch innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach	14
Tabelle 2-4:	Nutzungsart Nutzungsgrade Heizungskessel	15
Tabelle 2-4.	Anteil Erneuerbarer Strom am Nutzenergiebedarf in Leipzig 2008	16
Tabelle 2-6:	Anteil Erneuerbarer Wärme am Gesamtwärmeverbrauch	10
i abelle 2-0.		16
Tabelle 2-7:	(Nutzenergie) in Leipzig 2008	10
rabelle 2-7.	Endenergieverbrauch im Gemeinsektor innerhalb der Stadtgrenze	18
Taballa 2 0	Leipzig 2008 nach Energieträgern	18
Tabelle 2-8:	Endenergieverbrauch im Gemeinsektor innerhalb der Stadtgrenze	40
Taballa O O	Leipzig 2008 nach Nutzungsart	18
Tabelle 2-9:	Energieerzeugungsanlagen der SWL im Stadtgebiet Leipzig (Quelle:	0.4
Taballa 0 40.	Internetseite der SWL)	24
Tabelle 2-10:	Energieaufkommen der Stadt Leipzig 2008	25
Tabelle 2-11:	Erzeugeranlagen im Stadtgebiet Leipzig Stand 2008	27
Tabelle 2-12:	Leitungsverluste im Stadtgebiet Leipzig 2008	28
Tabelle 4-1:	Emissionsfaktoren	40
Tabelle 4-2:	Emissionsfaktoren HKW Lippendorf bezogen auf eine GWh gelieferte	
	Fernwärme	41
Tabelle 4-3:	Äquivalente CO₂-Emissionen 2008 (real)	43
Tabelle 4-4:	Äquivalente CO₂-Emissionen 2008 (bereinigt)	45
Tabelle 5-1:	Ergebnisse der CO₂-Berechnungen nach dem Inländerkonzept für	
	2008	49
Tabelle 5-2:	Darstellung der klimawirksamen Gase in CO₂-Äquivalenten nach	
	Verkehrsmitteln 2008	50
Tabelle 6-1:	Gesamtenergiebilanz der Stadt Leipzig 2008	52
Tabelle 6-2:	Gesamte äquivalente CO₂-Emissionen 2008 (real)	53
Tabelle 6-3:	Gesamte äquivalente CO₂-Emissionen 2008 (bereinigt)	53
Tabelle 6-4:	Entwicklung der gesamten jährlichen CO <sub>2</sub> -Emissionen in Leipzig	
	1990 bis 2008 in Tonnen CO <sub>2</sub> pro Kopf (bereinigt, ohne CO <sub>2</sub> -	
	Äquivalente)	55

# 1 Einleitung

Die Stadt Leipzig benötigt als Grundlage für ihre zukünftigen Klimaschutzaktivitäten, insbesondere für die Fortschreibung des Klimaschutzprogramms, ein umfassendes Energie- und Klimaschutzkonzept. Dieses Konzept wurde im Jahr 2009 von der Stadt Leipzig ausgeschrieben. Im Rahmen der Förderung durch die "Klimaschutzinitiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit" beantragte die Stadt erfolgreich Fördermittel für dieses Integrierte Klimaschutzkonzept.

Die Firma KEMA-IEV erhielt den Zuschlag für die Erstellung des Konzeptes und erarbeitet dieses gemeinsam mit dem Ingenieurbüro für Verkehrsanlagen und Systeme (IVAS).

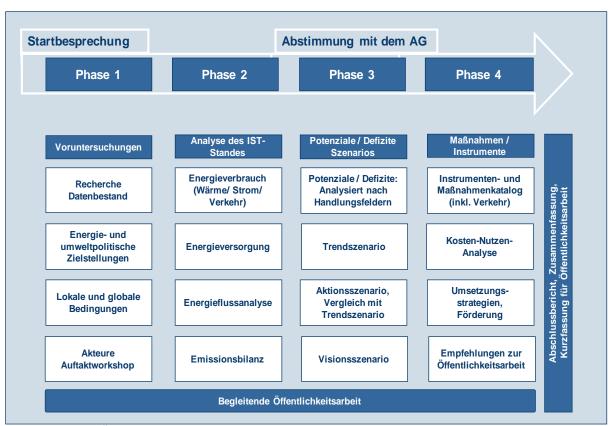


Bild 1-1: Übersicht über die Bearbeitungsphasen des Integrierten Energie- und Klimaschutzkonzeptes für die Stadt Leipzig

Das Gesamtprojekt ist in vier Phasen untergliedert, welche nacheinander abgearbeitet werden. Dieser Zwischenbericht stellt wesentliche Inhalte und Ergebnisse der zweiten Phase dar. Er umfasst die Gliederungspunkte B und C der Aufgabenstellung der Stadt Leipzig vom 19.06.2009. Damit liegt der Schwerpunkt dieses Projektabschnitts in der Analyse des Ist-Standes von Energieverbrauch und Energieversorgung und in der Erstellung der Emissionsbilanz.

Tabellarisch werden Wärme- und Stromverbrauch, nach Ortsteilen gegliedert, dargestellt. Soweit die Datengrundlage das ermöglicht, erfolgt dabei eine Unterteilung in die Sektoren

Haushalt, Wirtschaft, Gemeinbedarf und Verkehr. Zur besseren Anschaulichkeit werden zusätzlich einige Aspekte zum Wärme- und Stromverbrauch grafisch präsentiert.

# 2 IST-Analyse zu Energieverbrauch und Energieversorgung (ohne Verkehr)

### 2.1 Methodik

#### 2.1.1 Begriffsdefinitionen

Die Definition der verschiedenen Energieformen und des Emissionsbegriffs erfolgt in Anlehnung an verschieden Quellen. Im vorliegenden Konzept werden bei den Emissionen nur klimawirksame gasförmige Emissionen und Staub berücksichtigt.

# Primärenergie

ist Energie, wie sie in der Natur zur Gewinnung zur Verfügung steht. Sie wird auch als Rohenergie bezeichnet. Bei der primärenergetischen Bedarfsbewertung werden der Aufwand zur Förderung der Energie sowie die Umwandlungs- und Transportverluste bis zum Endverbraucher berücksichtigt. [Ditt 1998]

### **Endenergie (Sekundärenergie)**

ist die beim Verbraucher z.B. für den Betrieb häuslicher oder wirtschaftlicher Zwecke (Elektroenergie, Dampf...) oder für die Mobilität (Kraftstoffe) eingesetzte Energie. Im Haushalt wird sie z.B. für den Betrieb der Heizungsanlage, für Lüftung, Trinkwassererwärmung sowie für technische Geräte verwendet. "Diese Energiemenge bezieht die für den Betrieb der Anlagentechnik benötigte Hilfsenergie ein...

Die Endenergie wird an der 'Schnittstelle' Gebäudehülle übergeben und stellt somit die Energiemenge dar, die der Verbraucher für eine bestimmungsgemäße Nutzung unter normativen Randbedingungen benötigt. Der Endenergiebedarf wird vor diesem Hintergrund nach verwendeten Energieträgern angegeben." [DIN V 18599-1]

#### **Nutzenergie (Tertiärenergie)**

Ist die beim Verbraucher angewendete und ggf. umgewandelte Energie, welche zur Befriedigung von Bedürfnissen eingesetzt wird. Das kann z.B. Wärme, Licht, mechanische Energie und Schall sein. [Ditt 1998]

Elektroenergie wird sowohl als Endenergie als auch als Nutzenergie verwendet.

#### **Emissionen**

"sind die von einer Anlage oder einem technischen Vorgang in die Atmosphäre oder andere Umweltbereiche gelangenden gasförmigen, flüssigen oder festen Stoffe; ferner Geräusche, Erschütterungen, Strahlen, Wärme." [UDB]

### 2.1.2 Allgemeines

Die hier vorliegende IST-Analyse zu Energieverbrauch und Energieversorgung sowie die CO<sub>2</sub>-Bilanz wurden für das Jahr 2008 durchgeführt. Das Betrachtungsgebiet ist das Stadtge-

Seite 8 Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2

vom 24. Januar 2011

biet Leipzig in seiner heutigen kommunalen Gebietsgliederung. Die Anzahl der Einwohner wurde aus Angaben des Amtes für Statistik und Wahlen für den 31.12.2008 ermittelt. Dabei wurden die Einwohner mit Nebenwohnsitz nur zu 50 % berücksichtigt.

Bevölkerung mit Hauptwohnung am 31.12.2008: 502.401 Wohnberechtigte Bevölkerung am 31.12.2008: 519.659 **Gewichtet ermittelte Bevölkerung am 31.12.2008:** 511.030

Die Energieversorgung gliedert sich in die Netzgebiete der Stadtwerke Leipzig Netz GmbH (Strom, Erdgas), der Stadtwerke Leipzig GmbH (Fernwärme), der MITGAS Mitteldeutsche Gasversorgung GmbH (Erdgas), der envia Mitteldeutsche Energie AG, im Folgenden EnviaM genannt (Strom), das Objektnetz der EVIL Erdgasversorgung Industriepark Leipzig Nord GmbH (Erdgas) und den sonstigen Versorgungsunternehmen zur Bereitstellung von nicht leitungsgebundenen Energieträgern, wie Öl, Flüssiggas, Kohle und Holz.

Ziel ist es, mittels einer Energieflussanalyse das Aufkommen und die Verwendung von Energieträgern in einem Bilanzraum möglichst vollständig und detailliert aufzuzeigen. Der Anteil des Verkehrs wird gesondert betrachtet.

Folgende Endenergien werden in der Energieflussanalyse ausgewiesen.

- Kohle
- Heizöl
- Erdgas
- Erneuerbare Energieträger für dezentrale Anwendungen (nachwachsende Rohstoffe, Umweltwärme, Solar)
- Strom
- Fernwärme/Nahwärme

Die Endenergien werden jeweils den Nutzenergien Strom und Wärme zugeordnet und in folgende Verbrauchssektoren gegliedert.

- Haushalte
- Wirtschaft (Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistung, )
- Gemeinbedarf (Stadt inkl. Straßenbeleuchtung und Lichtsignalanlagen, Land, Bund)

Der Verbrauchssektor Verkehr wird separat behandelt.

Da die Zuordnung zu den Verbrauchssektoren anhand der bereitgestellten Daten nicht immer eindeutig war, wurden bei der Aufteilung sinnvolle Annahmen getroffen. Diese sind jeweils bei den dargestellten Ergebnissen erläutert.

Die Analyse des Ist-Zustandes orientiert sich an den bisherigen Konzepten der Stadt Leipzig zu Energie- und Klimaschutz [WIGE 1996, ICEU 1996], sowie der CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stadt Leipzig von 2005 [BET 2005] und weiteren relevanten Dokumenten wie der Energieflussanalyse der Stadtwerke Leipzig 2005 [EFA 2005].

die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

Abweichungen zwischen den einzelnen Quellen zum aktuellen Energieverbrauch der Stadt Leipzig wurden tiefgehend analysiert. Eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit Bilanzen vorangegangener Jahre ist nur bedingt möglich. Dies liegt in der jeweils gewählten Methodik und der verwendeten Datenbasis begründet. Für die Darstellung einiger Entwicklungen wie die CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 1990 und die Verkehrsemissionen werden zum Vergleich Berechnungen mit gleicher Methodik und ähnlichen Annahmen durchgeführt.

# 2.1.3 Bilanzgrenzen

Als Bilanzgrenze wurde die Stadtgrenze Leipzigs gewählt und der darin entstandene Endenergieverbrauch analysiert. Desweiteren ist die Darstellung der innerhalb der Stadtgrenze durch Erzeugeranlagen bereitgestellten Endenergien sowie die von außerhalb über die Stadtgrenze transportierten Energiemengen enthalten. Dabei handelt es sich um Fernwärme des Heizkraftwerks Lippendorf sowie um extern zugelieferten Strom. Erzeugeranlagen, welche außerhalb der Stadtgrenze liegen, werden in der Bilanz nur berücksichtigt, sofern die Endprodukte (Strom, Wärme) für den Bilanzraum Leipzig relevant sind und diesem eindeutig zugeordnet werden können. Im Falle externer Stromerzeugung ist es aufgrund des liberalisierten Marktes nicht mehr möglich, eindeutig zuzuordnen, welcher Kunde welchen Strom bezieht. Für die territorial orientierte Energie- und Klimabilanz wird deshalb der über die Eigenerzeugung in der Stadt hinausgehende Strombedarf als Strombezug mit dem Deutschen Strommix des Jahres 2008 bewertet. Die außerhalb der Stadtgrenze gelegenen Biomasseanlagen der Stadtwerke Leipzig wurden in der Bilanz daher nicht als Eigenerzeugung berücksichtigt.

Diese Verfahrensweise ermöglicht nicht, Maßnahmen der Stadt und der Akteure der Stadt außerhalb der Stadtgrenzen exakt zu berücksichtigen. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich der Deutsche Strommix aufgrund der landesweiten Anstrengungen zum Klimaschutz ebenfalls verbessert und anteilig allen Kommunen zu Gute kommt. Maßnahmen zum globalen Klimaschutz, welche außerhalb der Stadtgrenze realisiert werden, sollen deshalb nicht in den Hintergrund gestellt werden. Sie sind genauso wichtig und bedeutend für die Erreichung der nationalen und der weltweiten Klimaschutzziele. Aufgrund der Bilanzierungsmöglichkeiten ist es jedoch nicht mit vertretbarem Aufwand möglich, diese Maßnahmen im Rahmen einer kommunalen Energie- und Klimabilanz korrekt zu bewerten.

Die Energiebilanz im Rahmen der Ist-Analyse des Leipziger Energie- und Klimaschutzkonzeptes ist eine End- und Nutzenergiebilanz. Die energetischen Umwandlungsverluste von der eingesetzten Primärenergie zur Endenergie und schließlich zur Nutzenergie werden bei der Energieflussanalyse berücksichtigt und ausgewiesen.

Der Wärmeatlas, in welchem der Wärmebedarf aufgegliedert nach Ortsteilen dargestellt ist, berücksichtigt auch die bei der Umwandlung der Endenergie (z.B. Brennstoffe) in Nutzwärme auftretenden Verluste. Hierfür wurden Annahmen für mittlere Jahresnutzungsgrade von Heizungsanlagen und KWK-Anlagen getroffen. Elektrische Hilfsenergie für Heizkessel und Um-

wälzpumpen wurden dabei nicht dem Wärmebedarf zugeordnet. Bei Elektrospeicherheizungen und Wärmepumpenheizungen wurde die Nutzwärmeabgabe bilanziert. Bei Einsatz von Solarthermie fanden flächenspezifische Nutzwärmeerträge Anwendung. Auf diese Weise gibt der Wärmeatlas den Nutzwärmebedarf wieder und ermöglicht im Vergleich zur Energiebilanz Potenzialabschätzungen im Bereich der Energieumwandlungsanlagen bei den Endverbrauchern.

# 2.1.4 Datengrundlage

Die Energieverbrauchsanalyse stützt sich größtenteils auf die Daten, welche durch die regionalen Versorger innerhalb der Stadt zur Verfügung gestellt wurden. Dabei handelt es sich um die Stadtwerke Leipzig Netz GmbH (Strom, Erdgas), die Stadtwerke Leipzig GmbH (Fernwärme), die MITGAS (Erdgas), die EnviaM (Strom) und die EVIL (Erdgas). Bei diesen Daten handelt es sich um Absatzwerte (Zählerwerte) unabhängig vom tatsächlichen Energielieferant. Damit sind alle leitungsgebundenen Energieträger im Stadtgebiet vollständig erfasst. Eine Anfrage bei der Verbundnetz Gas AG (VNG) bestätigte, dass von ihr keine Endkunden im Stadtgebiet direkt versorgt werden. Weitere Daten wurden vom Amt für Statistik und Wahlen bereitgestellt sowie durch Abfrage des Biomasseatlas [BA 20109] und des Solaratlas [SA 2010] ermittelt.

Tabelle 2-1: Datengrundlage

Bereich	Verwendete Datenquelle
Strombereitstellung, -verbrauch	<ul> <li>Absatzdaten der Netzbetreiber</li> <li>Daten der Erzeugeranlagen der SWL</li> <li>Einspeisemengen Erneuerbarer Energien in die Netze der SWL Netz und EnviaM</li> <li>Einspeisemengen (KWK) in die Netze der SWL Netz und der EnviaM (war nur die Anlagenleistung bekannt, so wurden mittels mittlerer Vollbenutzungsstunden die Energiemengen hochgerechnet)</li> <li>Externer Strombezug: Differenz der Stromabsatzmenge und der Stromerzeugung (abzüglich direkter Eigenverbrauch) im Stadtgebiet</li> </ul>
Fernwärmebereitstellung,	Fernwärmeabsatzdaten
-verbrauch	<ul><li>Daten der Erzeugeranlagen der SWL</li><li>Daten zum Bezug durch das Kraftwerk Lippendorf</li></ul>
Gasverbrauch	Absatzdaten der Netzbetreiber
Nahwärme	<ul> <li>Wärmemenge der privaten KWK-Einspeiser wurde mittels eines mittleren elektrischen Wirkungsgra- des und Gesamtnutzungsgrades sowie der be- kannten Stromeinspeisemenge abgeschätzt</li> </ul>
Regenerative Nahwärme	<ul> <li>Daten zur Wärmenutzung von Deponiegas,</li> <li>Klärgas und Biogas bei Betreibern eingeholt</li> </ul>
Nicht leitungsgebundener Energie-	<ul> <li>Amt für Statistik und Wahlen (Heizöl/ Flüssiggas,</li> </ul>

träger	ma	nle) z: Hochrechnung aus Abfragewerten des Biosseatlasses zu installierten Kesselleistungen heitholz, Pellets, Holzhackschnitzel)
Netzverluste (Strom, Erdgas, Fernwärme)	- Dat	en der Netzbetreiber

# 2.1.5 Validierung

Je nach verfügbarer Datenstruktur erfolgte eine Plausibilitätsprüfung von Einzelwerten durch Bildung spezifischer Verbrauchskennwerte und Vergleich mit Richtwerten.

Bei der Nutzung von Umweltwärme mit Wärmepumpen wurde die Höhe der Wärmebereitstellung sowohl aus den vorliegenden Angaben zum Wärmepumpstromabsatz als auch über die Anzahl und Tiefe der Bohrungen (Wasserbehörde Leipzig) ermittelt.

Es wurden die von den Netzbetreibern bereitgestellten Daten mit Angaben aus der Statistik verglichen. Hier ergab sich eine deutliche Abweichung bei der insgesamt in Leipzig eingesetzten Erdgasmenge. Aufgrund der nach der Territorialbilanz eindeutigen Bilanzierung über die aus den Netzen der Gasnetzbetreiber abgegebenen Gasmengen wurde der dabei ermittelte Wert verwendet. Weiterhin ist damit eine schlüssige Aufteilung der verbrauchten Gasmengen auf Ortsteile möglich und die Ableitung von Potenzialen sowie die Berechnung von Szenarien und später das Monitoring besser möglich.

# 2.2 Energieverbrauch (ohne Verkehr)

# 2.2.1 Energieverbrauch im Überblick

Unter Energieverbrauch wird die Energie verstanden, die innerhalb der Stadtgrenze Leipzig verbraucht wurde. Dabei wird zunächst nicht unterschieden, ob die Endenergie innerhalb der Stadt selbst erzeugt oder von außerhalb zugeführt wurde. Diese Analyse erfolgt im Abschnitt 2.4 bei der Energieflussanalyse.

Der Energieverbrauch wird auf zwei verschiedene Arten ausgewiesen. Zum einen als Endenergieverbrauch und zum anderen als Nutzenergieverbrauch. Die Unterscheidung dieser beiden Energieformen erfolgte in der Begriffsdefinition in Abschnitt 2.1.1. Der Zweck der Unterscheidung liegt darin, dass sowohl der gesamte Wärmebedarf in der Stadt Leipzig als Nutzenergie "Wärme" dargestellt werden kann (siehe auch Wärmeatlas). Andererseits lassen sich durch die Darstellung der Endenergien, die verschiedenen "Wege" zur Bereitstellung der Nutzenergie "Wärme" nachvollziehen und Rückschlüsse auf Potenziale (z.B. KWK-Ausbau) schließen.

Für die Aufteilung der Endenergien Strom und Wärme auf die Verbrauchssektoren wurde folgende Methodik festgelegt:

Strom: Der Anteil der Haushalte am Gesamtstrombedarf war lediglich vom Netzgebiet

der Stadtwerke Leipzig bekannt. Ausgehend von diesem Anteil und den Ein-

wohnerzahlen des Netzgebietes der Stadtwerke Leipzig und der EnviaM wurde ein Anteil für das gesamte Stadtgebiet berechnet. Dieser beträgt 27,7 %.

Der Stromverbrauch der kommunalen Liegenschaften und Eigenbetriebe der Stadt, sowie der Straßenbeleuchtung und Lichtsignalanlagen liegt durch [TGM 2008] vor und wurden durch direkte Anfragen ergänzt. Angaben zu Liegenschaften des Freistaates und des Bundes liegen unvollständig vor. Die Differenz zum Gesamtbedarf wurde dem Sektor Wirtschaft zugeordnet.

Wärme:

Der Anteil der Haushalte am Fern- und Nahwärmeabsatz lag durch die Stadtwerke Leipzig vor. Der Fernwärmebezug des Gemeinsektors liegt durch [TGM 2008] und Abfragen vor. Die Differenz zum Gesamtbedarf wurde der Wirtschaft zugeordnet.

Sonstige:

Der Bedarf der Haushalte an Erdgas, Heizöl/Flüssiggas und Kohle wurde angelehnt an dem Anteil der Haushalte an diesen Energieträgern gemäß des Statistischen Jahrbuches 2009 [StJB 2009] berechnet. Der Anteil der Haushalte an der Nutzung der erneuerbaren Energien wurde vereinfacht mit dem Anteil am Gasbedarf abgeschätzt. Die Endenergieverbräuche (Gas, Heizöl, Solarthermie) der kommunalen Liegenschaften und Eigenbetriebe der Stadt liegen durch [TGM 2008] und Abfragen vor. Angaben zu Liegenschaften des Freistaates und des Bundes liegen unvollständig vor. Die Differenz zum Gesamtbedarf wurde der Wirtschaft zugeordnet.

Der Bedarf der kommunalen Liegenschaften und Eigenbetriebe der Stadt sowie der Liegenschaften des Freistaates und des Bundes werden in den folgenden Übersichten als Gemeinbedarf zusammengefasst dargestellt.

Die Tabelle 2-2 weist die Endenergieverbräuche innerhalb der Stadtgrenze Leipzigs getrennt nach Energieträgern auf. In die Spalte Wärme geht hierbei sowohl die Fernwärme ein als auch die sogenannte Nahwärme, zu der auch die genutzte Wärme privat betriebener dezentraler KWK-Anlagen (z. B. BHKW) hinzugerechnet wird. Der Energieträgereinsatz in Heizkesseln, die nicht den Stadtwerken Leipzig zuzuordnen sind, wurde nicht der Spalte Wärme, sondern den jeweiligen Energieträgern zugeordnet, da zu diesen Anlagen keine Informationen vorliegen.

In den Spalten Erdgas, Heizöl und Kohle gehen lediglich die Absätze ein, die der Endkunde (z. B. in Heizkesselanlagen oder zum Kochen) verbraucht. Erdgasmengen, welche für die Nahwärme (privat betriebene BHKW) verbraucht werden, wurden hier nicht berücksichtigt, um eine Doppelbilanzierung auszuschließen. Strom, welcher für die Wärmeerzeugung (Nachtspeicherheizungen, Wärmepumpen) verbraucht wird, wird hier dem Strom- und nicht dem Wärmeverbrauch zugeordnet. Strom, welcher durch privat betriebene KWK-Anlagen erzeugt und nicht in das Stromnetz eingespeist wird, zählt als Energieverbrauch und wird der Spalte Strom zugerechnet. Dieser beträgt ca. 37 GWh. Die Spalte Erneuerbare Energien enthält die Energieformen Holz (verbraucht in Holzkesseln beim Verbraucher), Solarthermie

sowie Umweltwärme (genutzt in Wärmepumpenanlagen). Wärme, welche durch Biogas, Deponiegas und Klärgas erzeugt wird, wird als Nahwärme gezählt.

Straßenbahnstrom, wie auch Erdgas, welches für den Verkehr genutzt wird, sind aus dieser Bilanz heraus gerechnet. Diese Verbräuche werden im Bereich Verkehr separat betrachtet.

Tabelle 2-2: Endenergieverbrauch innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach Energieträgern

	Strom	Fern-/	Erdgas	Heizöl	Kohle	Erneuer-
		Nah-				bare
		wärme				Energien
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Haushalte	590.626	853.316	1.102.869	261.000	178.000	10.513
Wirtschaft	1 116 200	381.187	607.006	10 207	F 000	7.167
(Industrie, G/H/D)	1.446.388	301.107	687.896	10.307	5.000	7.107
Gemeinbedarf						
(Stadt, Freistaat,	92.113	139.969	77.773	8.693	0	132
Bund)						
Summe	2.129.126	1.374.472	1.868.537	280.000	183.000	17.812

Der Gesamtendenergieverbrauch in der Stadt Leipzig betrug im Jahr 2008 5.853 GWh.

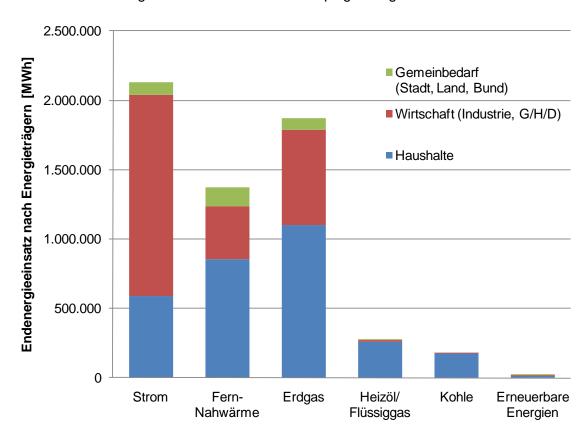


Bild 2-1: Endenergieverbrauch innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach Energieträgern

Bei Betrachtung der Nutzenergie wird in Tabelle 2-3 in Anlehnung an den Wärme- und Stromatlas in Strom und Wärme unterschieden. Da die Energieträger teilweise erst am Ort des Endverbrauchs (z.B. Gebäude) in Strom und Wärme umgewandelt werden, treten bei dieser Betrachtungsweise Umwandlungsverluste auf, die gesondert ausgewiesen werden, damit die Vergleichbarkeit zu Tabelle 2-2 gewährleistet bleibt. Diese Umwandlungsverluste entstehen hauptsächlich in Heizkesseln im Gebäude. In Tabelle 2-3 ist der Wärmepumpenund Nachtspeicherstrom nicht dem Strom sondern der Spalte Wärme zugeordnet. Elektrische Hilfsenergie für Kesselanlagen und Heizungsumwälzpumpen bei den Endanwendern sind in der Spalte Strom enthalten. Die Endenergieträger Erdgas, Kohle, Heizöl / Flüssiggas und Erneuerbare Energien (Holz, Umweltwärme, Solarthermie) wurden unter Berücksichtigung von Umwandlungsverlusten in die Nutzenergie Wärme umgewandelt.

Tabelle 2-3: Endenergieverbrauch innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach Nutzungsart

	Strom	Wärme	Umwandlungsver-
	(ohne Wärme-	(Nutzwärme ab-	luste
	pumpen- und	züglich Umwand-	
	Wärmestrom)	lungsverluste)	
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Haushalte	586.263	2.158.782	256.198
Wirtschaft (Industrie, G/H/D)	1.435.024	998.158	99.842
Gemeinbedarf (Stadt, Freistaat, Bund)	92.113	214.375	12.192
Summe	2.113.401	3.371.315	368.232

Der Gesamtnutzenergieverbrauch in der Stadt Leipzig betrug im Jahr 2008 5.485 GWh. Die Umwandlungsverluste in Heizkesseln betrugen 369 GWh. Die verwendeten durchschnittlichen Nutzungsgrade wurden in Anlehnung an GEMIS 4.6 verwendet und sind in Tabelle 2-4 ausgewiesen.

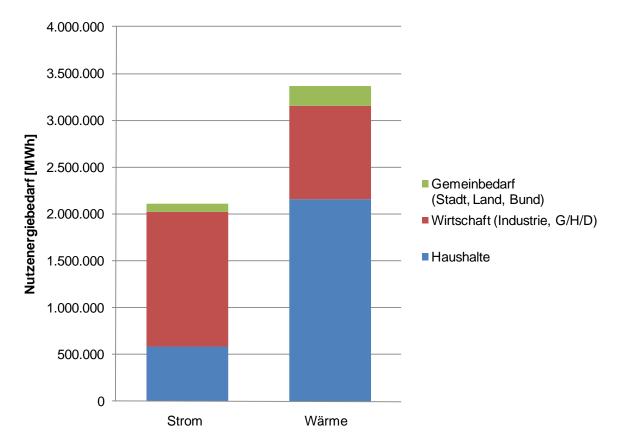


Bild 2-2: Endenergieverbrauch innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach Nutzungsart

Tabelle 2-4: Nutzungsgrade Heizungskessel

Kesselart	Nutzungsgrad
Erdgas-Heizung*)	86 %
Kohle-Brikett-Heizung	65 %
Heizöl-Heizung	85 %
Holz-Pellet-Heizung	87 %

<sup>\*)</sup> Mittelwert für alle Kesseltypen abgeleitet aus GEMIS 4.6 und Erfahrungswerten (SWL u.a.)

Die Anteile der erneuerbaren Energien am jeweiligen Nutzenergiebedarf (Strom, Wärme) werden in den folgenden Tabelle getrennt nach der Nutzenergie Strom und Wärme dargestellt. Dabei werden die durch die jeweiligen Anlagen erzeugten Strom- und Wärmemengen gleichgesetzt mit der nutzbaren Endenergie. Leitungs- und Speicherverluste werden vernachlässigt.

Tabelle 2-5: Anteil Erneuerbarer Strom am Nutzenergiebedarf in Leipzig 2008

Technologie	Nutzenergiebedarf (Strom)	Anteil am Er- neuerbaren	Anteil am Ge- samtbedarf	
	(Stioili)		30.111.033.0.11	
		Strom	(Strom)	
	[MWh]	[%]	[%]	
Photovoltaik	1.290	0,5%	0,1%	
Wind/Wasser	9.681	3,9%	0,5%	
Erneuerbarer Anteil Strom am	212.217	85,5%	10,0%	
Strommix *)				
Biomasse/Deponiegas/Klärgas	24.923	10,0%	1,2%	
(KWK)				
Summe Erneuerbare Energien	248.111	100,0%	11,7%	

<sup>\*)</sup> Bei einem Anteil von 14,8 % Erneuerbarer Energien am Strommix Deutschland

Tabelle 2-6: Anteil Erneuerbarer Wärme am Gesamtwärmeverbrauch (Nutzenergie) in Leipzig 2008

Technologie	Nutzenergiebedarf (Wärme)	Anteil an der Erneuerbaren Wärme	Anteil am Ge- samtbedarf (Wärme)
	[MWh]	[%]	[%]
Biomasse/Deponiegas/Klärgas (KWK)	11.921	40,9%	0,4%
Biomasse (Holz/Pelletkessel)	3.924	13,5%	0,1%
Solarthermie	3.143	10,8%	0,1%
Erdwärme/Umweltwärme	10.158	34,9%	0,3%
Summe Erneuerbare Energien	29.147	100,0%	0,9%

# 2.2.2 Energieverbrauch im Sektor Gemeinbedarf

Zum Gemeinbedarf können folgende Gruppen von Verbrauchern gezählt werden:

- Einrichtungen der Stadt (Verwaltung, Schulen, Kindereinrichtungen, Eigenbetriebe, Eigen-/ Beteiligungsgesellschaften),
- Einrichtungen des Freistaates Sachsen (Universitäten, Verwaltung ...),
- Einrichtungen das Bundes (Verwaltung, Militär, Forschungs- und Bildungseinrichtungen),
- Kirchliche Einrichtungen.

Auf Anfrage bei den entsprechenden zentralen Verwaltungseinheiten des Bundes und des Freistaates konnten für 40 % der Bundesobjekte sowie 47 Einzelobjekte des Freistaates Daten ermittelt werden. Von einem Teil der Anfragen liegt noch keine Antwort vor.

die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

Für einen Teil der Objekte der Stadtverwaltung werden die Energiekosten zentral über eine Sammelabrechnung gegenüber dem Energieversorger abgerechnet. Dazu gehören der sogenannte Kernbereich und ausgewählte Eigenbetriebe der Stadt Leipzig.

Zum Kernbereich gehören die Objekte folgender Ämter der Stadt:

- Schulverwaltungsamt
- Amt für Sport
- Stadtbeleuchtung und Lichtsignalanlagen
- Jugendamt
- Hauptamt
- Kulturamt
- Grünflächenamt inkl. Friedhöfe
- Branddirektion

Folgende Eigenbetriebe der Stadt sind in der Sammelabrechnung ebenfalls enthalten:

- Musikalische Komödie
- Schauspielhaus Leipzig (Centraltheater / Skala)
- Gewandhaus
- Stadtreinigung mit Abt. Grünanlage
- Oper Leipzig
- Musikschule Leipzig "Johann Sebastian Bach"

Als weitere Eigenbetriebe und Eigen-/ Beteiligungsgesellschaften wurden angefragt:

- Städtischer Eigenbetrieb Behindertenhilfe
- Städtisches Bestattungswesen
- Kommunaler Eigenbetrieb Leipzig/Engelsdorf
- Städtisches Klinikum "St. Georg"
- Theater der Jungen Welt
- Verbund kommunaler Kinder- und Jugendhilfe
- Städtische Altenpflegeheime Leipzig (gGmbH)
- Kommunales Studieninstitut der Verwaltungs- und Wirtschafts- Akademie Leipzig GmbH
- Lecos GmbH
- Zoo Leipzig

Von diesen Eigenbetrieben und Gesellschaften lagen zum Redaktionsschluss des Berichts nur Daten des städtischen Klinikums "St. Georg", des Theaters der Jungen Welt, des Verbundes kommunaler Kinder- und Jugendhilfe und des Zoologischen Gartens vor.

Das Liegenschaftsamt hat keine Objekte mit Verwaltungsnutzung, sondern ausschließlich an private Nutzer vermietete Wohn- und Gewerbeobjekte bzw. leerstehende Gebäude (z.B. Schulen). Für diese Objekte liegen keine Energieverbrauchsdaten vor. Die genutzten Objekte sind aufgrund der Mieterstruktur den Sektoren Haushalt sowie Wirtschaft zuzuordnen und damit nicht relevant für den Gemeinbedarf.

Bis zum Redaktionsschluss des Berichts lagen nicht von allen angefragten Institutionen Rückmeldungen vor. Abschätzungen zu den Energieverbrauchswerten wurden nicht vorgenommen. Sollten weitere Datenlieferungen vor Abschluss des Gesamtprojektes eingehen, werden diese nachträglich in die Bilanz aufgenommen. Hochrechnungen anhand von Nutzflächen und spezifischen Verbrauchskennwerten konnten aus Mangel an Informationen zu Nutzflächen nicht erfolgen.

Folgende Tabellen geben einen Überblick über die Energieverbrauchswerte im Sektor Gemeinbedarf zum Datenstand 20.01.2011.

Tabelle 2-7: Endenergieverbrauch im Gemeinsektor innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach Energieträgern

	Strom	Fern- u. Nahwärme	Erdgas	Heizöl	Kohle	Erneuer- bare Energien
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Liegenschaften des Bundes	5.058	5.935	420	48	k.A.	k.A.
Liegenschaften Freistaat Sachsen	16.040	27.567	3.925	2.022	k.A.	k.A.
Kommun. Liegen- schaften u. Eigen- betriebe	47.505	106.467	73.428	6.623	k.A.	132
Straßenbeleuch- tung u. Lichtsignal- anlagen	23.510					k.A.
Summe Gemeinbedarf	92.113	139.969	77.773	8.693	k.A.	132

Tabelle 2-8: Endenergieverbrauch im Gemeinsektor innerhalb der Stadtgrenze Leipzig 2008 nach Nutzungsart

	Strom	Wärme	Umwandlungs-
	(ohne Wärme-	(Nutzwärme abzüglich	verluste
	pumpen- und Wär-	Umwandlungsverluste)	
	mestrom)		
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Liegenschaften des Bundes	5.058	6.337	66
Liegenschaften Freistaat	16.040	22.664	052
Sachsen	16.040	32.661	853
Kommun. Liegenschaften u.	47.505	175.376	11.273
Eigenbetriebe	47.505	175.576	11.273
Straßenbeleuchtung u.	22.510		
Lichtsignalanlagen	23.510		
Summe Gemeinbedarf	92.113	214.375	12.192

Für die Schulgebäude der Stadt Leipzig wurden durch das Hochbauamt Energieverbrauchswerte und Bezugsflächen bereitgestellt. Die Schulen werden nach Schultyp und Gebäudezustand in Gruppen zusammengefasst und die spezifischen Verbrauchswerte für Wärme und Strom in den folgenden Abbildungen dargestellt. Vergleich mit Richtwerten nach [VDI 3807] sowie untereinander lässt bei genauer Betrachtung der realen Nutzungssituation Rückschlüsse auf den energetischen Zustand und Betrieb der Objekte zu, welche in der Phase 3 des Konzeptes untersucht werden sollen.

die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

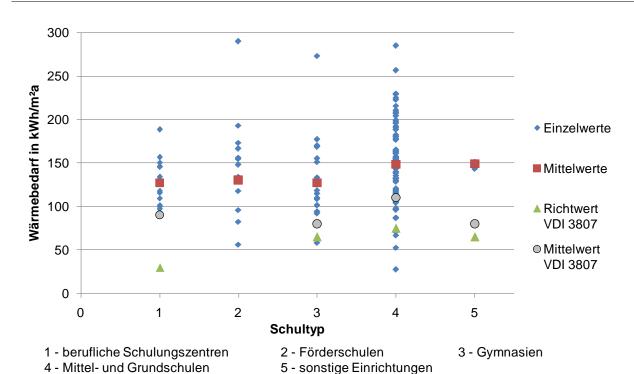


Bild 2-3: Wärmekennzahlen der Schulen und Vergleich mit Richtwerten/Mittelwerten nach VDI 3807

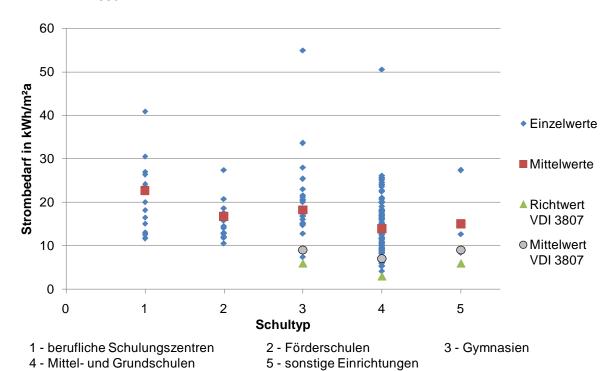


Bild 2-4: Stromkennzahlen der Schulen und Vergleich mit Richtwerten/Mittelwerten nach VDI 3807

# 2.2.3 Erläuterungen zum Sektor Wirtschaft

Im Energie- und Klimaschutzkonzept der Stadt Leipzig von 1996 konnte der Sektor Wirtschaft über die Auswertung der Strom-, Wärme- und Erdgasabrechnung der Stadtwerke Leipzig detailliert analysiert werden. Aufgrund der Marktliberalisierung ist diese Methodik heute nicht mehr anwendbar. Anfragen bei der Industrie- und Handelskammer und dem Amt für Statistik ergaben keine ausreichend vollständige Datenbasis, um den Energiebedarf den Ortsteilen sowie den Wirtschaftszweigen zuzuordnen.

Entsprechend Ortsteilkatalog des Jahres 2009 der Stadt Leipzig gab es 38.431 Firmen und 3.994 gewerbliche Handwerksbetriebe. Den Wirtschaftszweigen "(A) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei" sowie "(B) Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden" werden keine Unternehmen zugeordnet. In letzterem Wirtschaftszweig wären spezifisch hohe Energieeinsätze zu erwarten gewesen. Dem verarbeitenden Gewerbe werden 936 Firmen zugeordnet.

Die Auswertung aus dem sächsischen Unternehmensregister [StatLA 2009] weist zum Zeitpunkt 30.9.2009 42.608 aktive Betriebe und Unternehmen aus. Diese werden in Größenklassen unterteilt und für kreisfreie Städte und Landkreise getrennt aufgelistet.

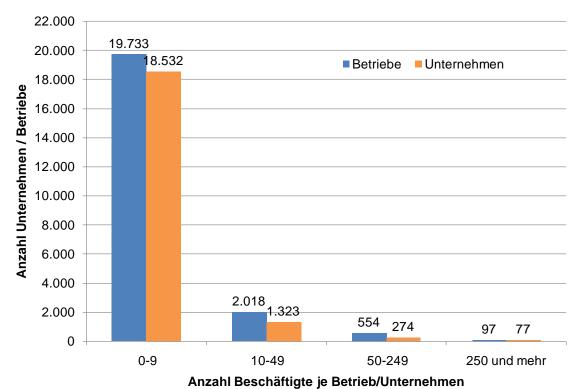


Bild 2-5: Verteilung der Unternehmen und Betriebe nach Anzahl der Beschäftigten (Datenquelle: [StatLA 2009])

Die Verteilung der einzelnen Wirtschaftszweige geht aus dem Ortsteilkatalog hervor. Wie viele Mitarbeiter in den einzelnen Branchen in Leipzig tätig sind, ließ sich nicht ermitteln. Eine Zuordnung von Energieverbrauchswerten über mitarbeiterspezifische Kennzahlen ist daher

nicht möglich. Eine direkte Beeinflussung des Sektors Wirtschaft durch die Stadt ist nur bedingt möglich. Aufgrund kurzfristigerer wirtschaftlicher Betrachtungsräume sowie globalwirtschaftlicher und arbeitsmarktspezifischer Randbedingungen sind in diesen Sektor Maßnahmen aus anderen Sektoren nur bedingt übertragbar.

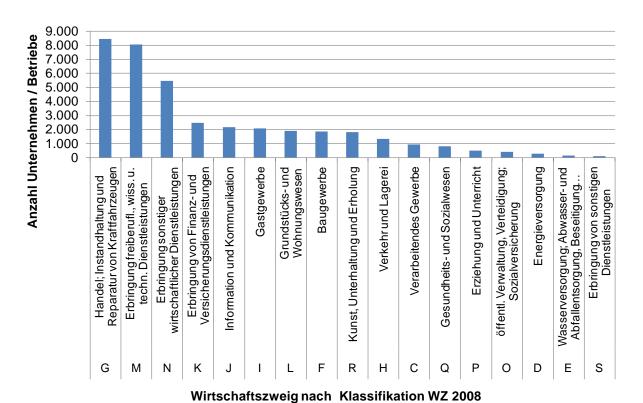


Bild 2-6: Aufteilung der Unternehmen und Betriebe nach Wirtschaftszweigen (Datenquelle: Ortsteilkatalog Leipzig 2009)

#### 2.3 Energieversorgung

In diesem Abschnitt wird die allgemeine Struktur der Energieversorgung für den Betrachtungsraum erläutert.

Die Energieversorgung in Leipzig teilt sich auf in die leitungsgebundenen Endenergien Strom, Fernwärme und Erdgas sowie die nicht leitungsgebundenen Endenergien Heizöl und feste Brennstoffe. In Leipzig erzeugen dabei das Heizkraftwerk Nord sowie diverse Kleinanlagen Wärme und Strom. Die dafür nötige Primärenergie teilt sich wiederrum auf fossile Brennstoffe (Erdgas, Heizöl, Kohle) und erneuerbare Primärenergien (Solar, Wind, Wasser, Biomasse, Klärgas, Deponiegas) auf. Ein gewisser Anteil an Wärme und Strom wird von außerhalb in das Stadtgebiet importiert. Das folgende Diagramm gibt einen Überblick über die Energieversorgung der Stadt Leipzig, sowie den Energieflüssen im Stadtgebiet.

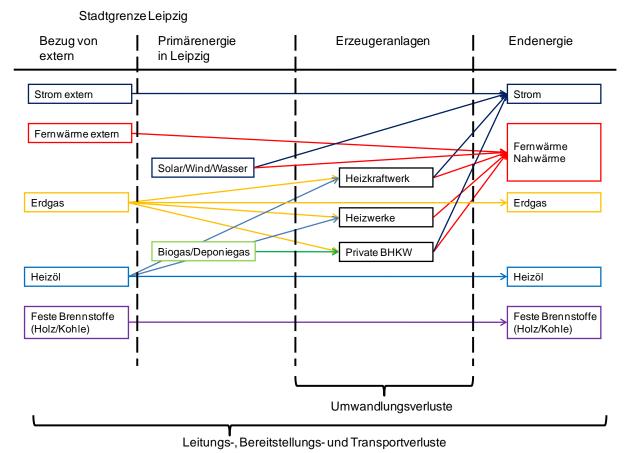


Bild 2-7: Struktur der Energieversorgung

Der Bezug von extern sowie das Primärenergieaufkommen in Leipzig wird unter dem Begriff "Energieaufkommen" zusammengefasst. In den Erzeugeranlagen geschieht die "Energiewandlung" und die ganz rechts eingeordnete Spalte Endenergie umfasst den "Energieverbrauch", wie er im vorherigen Abschnitt 2.2 aufgeführt wurde. Die weitere Aufteilung in Nutzenergie und die Zuordnung in die Verbrauchssektoren ist in dieser groben Darstellung nicht aufgeführt.

Folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den Energieerzeugungsanlagen, die sich im Bilanzraum befinden. Endprodukte sind Elektroenergie und Wärme.

Tabelle 2-9: Energieerzeugungsanlagen der SWL im Stadtgebiet Leipzig (Quelle: Internetseite der SWL)

Heizkraftwerke, Heizwerke	Energieträger	Installierte Le Jahr 2009	istung in MW, im	
		Wärmeleis-	Elektrische	
		tung	Leistung	
Gas- und Dampfturbinenanlage	Erdgas	200,0	174,0	
Heizkraftwerk Nord	leichtes Heizöl	180,0	174,0	
HW Kulkwitz	Erdgas	256,0		
HW Nord	Erdgas	86,0		
HW Nordost	Erdgas	111,0		
Blockheizkraftwerk Rietzschelstraße	Erdgas	1,6	0,5	
HW Dösen	Erdgas/leichtes Heizöl	13,1		
Heizzentrale St. Georg	Erdgas/leichtes Heizöl	15,0		
div. Nahwärmeanlagen	Erdgas/leichtes Heizöl	31,0		

Über eine Fernwärmeleitung versorgt das mit Braunkohle befeuertes Dampfkraftwerk Lippendorf die Stadt Leipzig mit Fernwärme. Dabei handelt es sich um 55 % des gesamten Fernwärmeabsatzes in Leipzig. Es liegt etwa 15 km südlich von Leipzig.

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).

Das Fernwärmenetz besteht zu rund 60 % aus Leitungen, die nach 1992 gebaut wurden. Jedes Jahr werden Summen bis in 6 stellige Höhe, in die Modernisierung und den Ausbau des gesamten Fernwärmenetzes investiert. So soll sichergestellt werden, dass auch zukünftig eine sichere Versorgung mit Fernwärme gewährleistet ist (Quelle: SW Leipzig GmbH; 2010). Die Stadtwerke Leipzig haben ihre Fernwärmeversorgung zertifizieren lassen. Der für Leipzig in KWK erzeugte Anteil von Fernwärme (inkl. der Fernwärme aus Lippendorf) ist mit rund 98 % sehr hoch und weist einen niedrigen Primärenergiefaktor von 0,42 auf. Der in Leipzig in KWK erzeugte Anteil der Fernwärme liegt bei 97 % (Quelle: Stadtwerke Leipzig GmbH; 2009). Der Primärenergiefaktor liegt nach Aussage der SWL bei 0,11. Die Stadtwerke Leipzig GmbH hat eine erneute Zertifizierung durch die TU Dresden zur Überprüfung der bisher gültigen Werte in Auftrag gegeben. Das Ergebnis wird Ende 2010 erwartet.

# 2.3.1 Energieaufkommen

Unter Energieaufkommen wird das Primärenergieaufkommen in Leipzig, sowie die von extern bezogenen Endenergien (Strom, Fernwärme) verstanden. Primärenergie bezeichnet dabei die noch nicht zur Nutzenergie gewandelten fossilen Energieträger Erdgas, Heizöl und Kohle, sowie die natürlichen erneuerbaren Energieträger Solar, Wind, Wasser, Holz und Biogas. Desweiteren existieren in Leipzig zwei Deponien mit energetischer Nutzung des Deponiegases, sowie ein Klärwerk mit der energetischen Nutzung des Klärgases. Diese stellen ein gewisses Aufkommen an Deponiegas bzw. Klärgas bereit, welches als Primärenergie unter die Bezeichnung Energieaufkommen fällt. Das Deponie- und Klärgas wird in BHKWs verstromt und liegt innerhalb der oben definierten Bilanzgrenze. Die erzeugte Wärme wird dabei teilweise für eigene Heizzwecke genutzt.

Die folgende Tabelle fasst das Energieaufkommen der Stadt Leipzig zusammen und umfasst auch den Strom für den Straßenbahnverkehr, sowie Erdgas, welches für Verkehrszwecke genutzt wird.

Tabelle 2-10: Energieaufkommen der Stadt Leipzig 2008

Energieträger	Energieaufkommen	Anteil an Gesamt- aufkommen	
	[MWh]		
Von extern bezogen			
Fernwärme	718.389	10,6%	
Strom	1.433.900	21,1%	
Primärenergie: Erneuerbare Energien			
Solar	4.433	0,07%	
Wind/Wasser	9.681	0,14%	
Deponiegas/Klärgas	64.128	0,9%	
Biogas	11.395	0,17%	
Holz	4.511	0,07%	
Umweltwärme/Geothermie	10.158	0,15%	
Primärenergie: Fossile Energieträger			
Erdgas Hu	4.058.040	59,8%	
Heizöl	290.082	4,3%	
Kohle	183.000	2,7%	
Gesamt	6.787.717	100,0%	

Das nachfolgende Diagramm visualisiert die prozentuale Aufteilung des Energieaufkommens extern bezogener Fernwärme und bezogenen Stroms, sowie der Erneuerbaren Primärenergien und der fossilen Primärenergien auf.

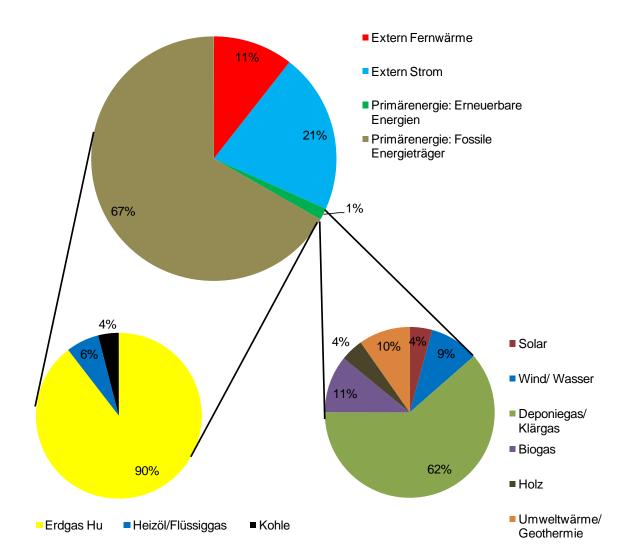


Bild 2-8: Energieaufkommen der Stadt Leipzig 2008

### 2.3.2 Energiewandlung

Die Umwandlung des Energieaufkommens in nutzbare Endenergie (Nutzenergie) geschieht in Leipzig in diversen Umwandlungsanlagen (Erzeugeranlagen). Bei der größten Anlage in Leipzig handelt es sich um das GuD-HKW Nord, welches von den SWL betrieben wird. Desweiteren werden von den SWL diverse Heizwerke und BHKWs betrieben. Diese Erzeugeranlagen werden als zentrale Energiewandlungsanlagen betrachtet. Zusätzlich gibt es diverse privat betriebene BHKWs, welche als zentrale Energiewandlungsanlagen betrachtet werden. Zu diesen zählen außerdem die Anlagen erneuerbarer Energien, welche Strom in die Netze einspeisen (Photovoltaik-Anlagen, Wasserkraftanlagen, Windkraftanlagen sowie mit Biogas, Klärgas und Deponiegas betriebene KWK-Anlagen).

vom 24. Januar 2011

Zu den dezentralen Energiewandlungsanlagen zählen die Heizkessel (Heizungen), welche mittels der Endenergien Gas, Kohle, Heizöl und Holz Wärme direkt im Gebäude bereitstellen. Dazu gehören außerdem solarthermische Anlagen, Nachtspeicheröfen und Wärmepumpen.

Die Unterscheidung zentrale und dezentrale Energiewandlung wird in der Energieflussanalyse dargestellt. Dort werden außerdem die eingesetzten Primärenergien, die erzeugten Nutzenergien Wärme und Strom, sowie die Umwandlungsverluste ausgewiesen.

Die von den Stadtwerken betriebenen KWK-Anlagen (GuD-HKW Nord, BHKWs) speisen den Strom in das Netzgebiet der Stadtwerke und die Wärme in das zentrale Fernwärmenetz. Die Heizwerke speisen ebenfalls in das Fernwärmenetz. Die privat betriebenen BHKWs speisen den erzeugten Strom in die Netze der Stadtwerke Leipzig bzw. der EnviaM. Die Wärme dieser BHKWs wird als Nahwärme behandelt und geht in der unten aufgeführten Tabelle in der Spalte "Erzeugte Wärme" in die Bilanz ein. Kesselanlagen zur Wärmeversorgung von Gebäuden werden als dezentrale Erzeugeranlagen behandelt, da hierzu keine detaillierten Informationen vorliegen und der darin eingesetzte Brennstoff bereits als Endenergie zur Wärmebereitstellung gewertet wird.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Erzeugeranlagen innerhalb der Stadtgrenze Leipzigs, die eingesetzte Primärenergie, die erzeugten Endenergien Wärme und Strom sowie die Umwandlungsverluste.

Tahalla 2-11.	Erzeugeranlagen	im Stadtachiet	Leipzia Stand 2008
Tabelle Z-11.	Eizeuueiaillaueii	IIII Stautuebiet i	LUDZIU SIAHU ZUUS

Erzeugeranlagen	Eingesetzte Primärenergie	Erzeugte Wärme	Erzeugter Strom	Verl	uste
	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	%
zentrale KWK-	2.024.276	820.872	773.527	429.876	21,2%
Anlagen					
Heizwerke + Insel-	15.385	13.174	0	2.211	14,4%
heizwerke					
BHKW (Privatanla-	115.775	56.730	38.206	20.839	18%*)
gen)					
Photovoltaik	1.290	0	1.290	0	0%
Wind/Wasser	9.681	0	9.681	0	0%
KWK Bio-	11.395	2.151	3.760	5.483	48%**)
gas/Biomasse					
KWK Deponie-	64.128	9.770	21.162	33.196	52%**)
gas/Klärgas					

<sup>\*)</sup> Hier wurde ein Nutzungsgrad von 82 % angenommen, wodurch die Verluste von 18 % resultieren.

<sup>\*\*)</sup> Da bei Biogas, Deponiegas und Klärgas nicht die gesamte potentiell verfügbare Wärme genutzt wird, ergeben sich hohe Wandlungsverluste.

# 2.3.3 Leitungsverluste

Zusätzlich zu den Umwandlungsverlusten, welche in Abschnitt 2.3.2 aufgeführt sind, ergeben sich Leitungsverluste der leitungsgebundenen Energieträger Fernwärme, Gas und Strom. Die Leitungsverluste wurden teilweise von den Energieversorgern angegeben. Lagen keine konkreten Daten zu den Verlusten vor, wurden mittels bekannter durchschnittlicher Netzverluste anderer Städte die Verluste im Stadtgebiet Leipzig abgeschätzt.

Die folgende Tabelle weist die Verluste im Stadtgebiet Leipzig aufgeteilt auf die Energieträger aus.

Tabelle 2-12: Leitungsverluste im Stadtgebiet Leipzig 2008

	Absatz	Verlust absolut	Verlust
	[GWh]	[GWh]	[%]
Strom	2.138	97	4,4%
Fernwärme	1.306	245	15,8%
Erdgas	2.089	29	1,4%

# 2.4 Energieflussanalyse

Die Energieflussanalyse visualisiert die Energieflüsse inklusive der Umwandlungs- und Transportverluste. Die am Ende des Flusses erzeugten Nutzenergien Strom und Wärme werden getrennt nach Verbrauchssektoren dargestellt. Dabei werden die in den vorhergegangen Abschnitten erläuterten und ausgewerteten Energiebereiche herangezogen.

Die Energieflussanalyse befindet sich in Anlage 1.

## 2.5 Wärmeatlas

Der Wärmeatlas befindet sich in Anlage 2 (grafisch) und Anlage 3 (tabellarisch) und stellt den absoluten klimabereinigten Wärmebedarf aufgegliedert nach Ortsteilen dar. Der Wärmebedarf ist hierbei Nutzenergiebedarf. Das bedeutet, dass neben der Fernwärme auch die Nutzung von Erdgas, Biogas, Klärgas und Deponiegas in KWK-Anlagen als Nahwärme berücksichtigt wird. Außerdem werden die Endenergieverbräuche von Erdgas, Heizöl, Kohle und Holz in Heizungskesseln in Wärmeäquivalente umgerechnet. Desweiteren wird die Wärmebereitstellung durch Solarthermie, Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen berücksichtigt.

Da der Fernwärme- und Gasabsatz durch die Stadtwerke Leipzig bzw. der Stadtwerke Leipzig Netz nach Postleitzahlen zur Verfügung gestellt wurde und diese sich nicht vollständig mit den Ortsteilen decken, mussten die Daten mittels Einwohnerzahlen und Flächenanteilen von postleitzahlscharf auf ortsteilscharf umgerechnet werden. Gleiches gilt für die Daten des Biomasse- und Solaratlasses des Bafa, mit welchem die Wärmebereitstellung von Holzheizungen und Solarthermie bestimmt wurde. Gasabsatzdaten der Mitgas standen ortsteil- bzw. stadtteilscharf zur Verfügung. Stadtteilscharfe Daten wurden entsprechend der Einwohnerzahlen der Ortsteile aufgeteilt.

Daten zum Kohle- und Heizöl- und Flüssiggasbedarf lagen durch das Statistische Jahrbuch vor und konnten keinen Ortsteilen zugeordnet werden. Diese wurden gleichmäßig auf das gesamte Stadtgebiet verteilt und machen einen Anteil von ca. 11 % des gesamten Wärmebedarfs aus.

Desweiteren wurde der prozentuale Anteil der Erneuerbaren Energien pro Ortsteil ausgewiesen. Dieser ist im Ortsteil Zentrum-Nordwest aufgrund der energetischen Nutzung des Klärgases, in Böhlitz-Ehrenberg und Eutritzsch aufgrund der energetischen Nutzung von Biogas und in Seehausen aufgrund der energetischen Nutzung von Deponiegas besonders hoch.

#### 2.6 Stromatlas

Der Stromatlas befindet sich in Anlage 4 (grafisch) und Anlage 5 (tabellarisch) und stellt den gesamten Strombedarf inklusive selbst genutzten Stroms von privaten KWK-Anlagen und abzüglich des Stroms für Wärmepumpen und Nachtspeicheröfen dar, da diese Strommengen in Wärmeäquivalenten dem Wärmeatlas zugeordnet wurden. Die Stromeinspeisepunkte für den Fahrstrom der Straßenbahnen sind über das Stadtgebiet verteilt. Dieser Stromanteil ist im Strombedarf im Atlas mit ausgewiesen. Insgesamt beträgt der Fahrstrom für Straßenbahnen 55 GWh und macht damit einen Anteil von etwa 3 % des Gesamtstrombedarfs aus. Ebenso enthalten ist der Verbrauch für Lichtsignalanlagen und Straßenbeleuchtung.

Analog zum Wärmeatlas wurden postleitzahlenscharfe Daten zum Stromabsatz der Stadtwerke Leipzig mittels Einwohnerzahlen und Flächenanteilen auf ortsteilscharfe Daten umgerechnet. Selbst verbrauchter Strom von KWK-Anlagen, welche nicht ins Stromnetz einspeisen, konnten aufgrund der Zuordnung der KWK-Anlagen auf Stadtteile den Ortsteilen zugewiesen werden. KWK-Anlagen bei denen diese Zuordnung nicht vorlag, wurden gleichmäßig auf alle Ortsteile aufgeteilt. Der durch private KWK-Anlagen selbst genutzte Strom liegt mit 46 GWh bei etwa 2 % des gesamten Strombedarfs.

# 3 IST-Analyse zu Energieverbrauch im Bereich Verkehr

# 3.1 Methodik

### 3.1.1 Grundlagen zur Bilanzierung von Energieverbräuchen im Bereich Verkehr

Die Berechnung der Ist-Situation des Energieverbrauchs im Verkehrssektor muss generell unter mehreren methodischen Aspekten erfolgen. So sollte die *Vergleichbarkeit* der Werte gegenüber den bisherigen Analyseergebnissen aus den vorangegangenen Untersuchungen gewährleistet sein, um Entwicklungstendenzen abbilden zu können. Diese Vergleichbarkeit ist jedoch nicht nur in Hinblick auf vergangene Ergebnisse relevant, sondern muss auch zukünftig im Sinne des *Monitorings* möglich sein. Dazu ist eine *methodische Sicherheit* bzw. Nachvollziehbarkeit der Berechnungen notwendig, damit diese auch in identischer Form und somit mit tatsächlich vergleichbaren Ergebnissen erfolgen kann. Weiterhin muss sich die Bilanzierung der Verbräuche als *zielführend* für die Entwicklung und Wirkungsprognosen von Maßnahmen im Rahmen des Leipziger Energie- und Klimaschutzkonzeptes erweisen.

Für die Energieverbrauchs- und Emissionsermittlung des Verkehrs sind generell zwei Vorgehensweisen möglich. Diese unterscheiden sich im Wesentlichen hinsichtlich der räumlichen Betrachtungshorizonte und den Verursachern. Bezogen auf Leipzig bedeutet dies, dass:

- beim *Inlandskonzept* alle Verbräuche und Emissionen, die auf dem Gebiet Leipzig also dem "Inland" – entstehen, betrachtet werden. Die Berechnung erfolgt unabhängig davon, ob die Verursacher des Verkehrs Einwohner Leipzigs, Umlandpendler oder Transitreisende sind.
- 2. Hingegen werden beim *Inländerkonzept* alle Verbräuche und Emissionen der Einwohner Leipzigs als "Inländer" betrachtet. Dies ist unabhängig davon, ob die Wege in Leipzig oder in anderen Regionen stattfinden.

Entsprechend der beschriebenen Verfahren ist auch die Methodik zwischen den beiden Varianten sehr unterschiedlich. So wird beim Inlandskonzept versucht, die Fahrleistungen der unterschiedlichen Verkehrsmittel jeweils innerhalb des Untersuchungsgebietes – der Stadt Leipzig – zu eruieren und entsprechend mit Verbrauchswerten eine Gesamtbilanz zu erstellen.

Beim Inländerkonzept wird ein Ansatz gewählt, bei dem typische, zumeist personenbezogene, Durchschnittswerte zu Fahrleistungen beispielsweise anhand der Einwohnerzahlen auf das Untersuchungsgebiet übertragen werden, wodurch der Gesamtverbrauch errechnet werden kann.

### 3.1.2 Methodische Herangehensweise in bisherigen Studien

In der Studie der TU Dresden (TUD) von 1996 für das Bezugsjahr 1994 wurden für die Ermittlung der Energieverbrauchswerte des Verkehrs der Jahre 1990 und 1994 beide Varianten für Leipzig umfassend angewendet.

In den Nachfolgestudien für die Bilanzjahre 1998 und 2005 wurden lediglich die Werte des Inländerkonzepts dieser ersten Analyse von 1994 fortgeschrieben. Beim Kraftfahrzeug-, Schienen- und Flugverkehr erfolgte dazu eine vereinfachte Hochrechnung der Basiswerte von 1994. Für diese Verkehrsmittel wurden die allgemeinen Verkehrskennzahlen, welche mit den Werten aus 1994 vergleichbar sind, als Bezugsgrößen eruiert. Da diese nicht immer in identischer Form vorlagen, mussten zugängliche Bezugsgrößen untereinander gewichtet werden. Zur abschließenden Berechnung der Verbräuche kam ein Mischverfahren zur Anwendung, bei dem als "Korrekturfaktor zur Berücksichtigung des technischen Fortschritts" die durchschnittlichen Verbräuche von 1994 teilweise entsprechend der tatsächlichen Entwicklung, teilweise aber auch als geschätzte Werte mit den Fahrleistungen multipliziert wurden.

Da allerdings die Verbrauchswerte der Leipziger Verkehrsbetriebe für Straßenbahn und Bus direkt aus öffentlichen Statistiken übernommen wurden, kann nicht von einem einheitlichen Vorgehen nach dem Inländerkonzept gesprochen werden. Vielmehr muss diese Herangehensweise an die Bilanzierung des ÖPNV-Sektors als Berechnung nach dem Inlandskonzept beschrieben werden, da die LVB ihr Angebot größtenteils im Untersuchungsgebiet Leipzig verkehren lässt und auch die Verbräuche sich auf dieses Gebiet beziehen.

Mit Blick auf die unterschiedliche Vorgehensweise bei der Ableitung der Verbräuche der LVB und der weiteren Verkehrsmittel muss zusammenfassend eine Durchmischung der beiden Ansätze (Inländer- bzw. Inlandskonzept) konstatiert werden.

# 3.1.3 Ableitung der Vorgehensweise bei der aktuellen Bilanzierung

Um den aufgestellten Ansprüchen hinsichtlich der Bilanzierung der Verbräuche und Emissionen des Verkehrssektors zu genügen, erscheint eine bloße Fortschreibung der bisherigen Studien nicht sinnvoll. Vor allem die beschriebene Durchmischung der beiden Methoden ist vor der weiteren Fortschreibung aufzubrechen.

Auch die getroffenen Annahmen zur Gewichtung der Bezugsgrößen untereinander bzw. hinsichtlich der Annahmen zur Entwicklung der spezifischen Verbrauchswerte, insbesondere beim Hauptenergieverbraucher Kraftfahrzeugverkehr, können in der aktuellen Bilanzierung nicht plausibel weiterverwendet werden. Dies liegt teilweise am Fehlen der dafür notwendigen Eingangsdaten, primär jedoch an Plausibilisierungsproblemen bei der bloßen Annahme von Korrekturfaktoren. Eine weitere Hochrechnung der Werte von 1994 auf 2008 würde somit zum einen zu höheren Ungenauigkeiten, zum anderen zu methodischen Unsicherheiten führen.

Vor dem Hintergrund der Zielstellung des gegenwärtig in Erarbeitung befindlichen Energieund Klimaschutzkonzeptes muss jedoch nicht nur aus methodischen Überlegungen heraus die Bilanzierung hinterfragt werden. Da es diesmal über die bloße Bestandsaufnahme hinausgeht, sind vor allem die Prognosefähigkeit und die Wirkungsvorhersage in Szenarien von Belang. Weiterhin ist der maßgeblich zu beeinflussende Untersuchungsraum, der Stadt Leipzig, als weitere Randbedingung bei der Erarbeitung des Bilanzierungsinstrumentes zu beachten.

In der Konsequenz ist die Anwendung der beiden möglichen Bilanzierungskonzepte hinsichtlich der praktischen Relevanz erneut zu prüfen.

Der wesentliche Vorteil des *Inländerkonzeptes* ist zweifellos eine verhältnismäßig einfache Beschaffung der Eingangsdaten. Da es sich bei dieser Bilanzierung letztlich um den Übertrag von Durchschnittswerten (vorrangig bezogen auf den Betrachtungsraum Deutschland) auf die Leipziger Einwohner bzw. ihre gemeldeten Fahrzeugen handelt, finden sich in der Regel entsprechende Quellen zu diesen Eingangsdaten. Allerdings ergeben sich aus dieser Methode auch wesentliche Nachteile.

So werden alle Verkehre in der Stadt Leipzig, die nicht von Leipzigern durchgeführt werden, im Wesentlichen ignoriert. Dafür sind Wege, die Leipziger an anderen Orten durchführen, integriert. In Hinblick auf die zu erarbeitenden Maßnahmen, welche sich im Rahmen des kommunalen Energie- und Klimaschutzkonzeptes vorrangig auf die Stadt selbst konzentrieren, kann somit keine realitätsnahe Beschreibung der Wirkungszusammenhänge erfolgen, wenn Verkehre von außerhalb als zu beeinflussende Größe nicht bilanziert werden können.

Auch für die Erfolgskontrolle kann in einigen Jahren nach Erstellung des Konzeptes und seiner Umsetzung das Inländerkonzept kaum herangezogen werden. Da dieses auf der Umlegung allgemeiner statistischer Werte auf den Bezugsraum Leipzig basiert, können die direkt in der Stadt erreichten Effekte nicht tatsächlich abgebildet werden. Somit würde ein Monitoring auf Grundlage des Inländerkonzeptes keine spezifischen Wirkungen des Konzeptes aufzeigen, was als Misserfolg fehlinterpretiert werden könnte.

Beim *Inlandskonzept* ist die Datenbeschaffung der Eingangsdaten durch größeren Aufwand gekennzeichnet. Da sich der Betrachtungsraum räumlich genau an den Grenzen der Stadt orientiert, müssen alle Daten auf diesen Untersuchungsrahmen herunter gebrochen werden. Beispielsweise muss selbst bei vermeintlich eindeutig als "Leipziger Verkehr" einzuordnenden durch die LVB gefahrenen städtischen ÖPNV-Angeboten eine Anpassung der Daten derart erfolgen, dass über die Stadtgrenzen hinausführende Linien aus der Betrachtung ausgeschlossen werden.

Allerdings weist die Bilanzierung nach dem Inlandskonzept erhebliche Vorteile auf. Da in die Berechnungen alle in Leipzig stattfindenden Verkehre unabhängig von der Herkunft der Verursacher einbezogen werden, kann auch im Zuge der Wirkungsprognosen eine realitätsnahe Beschreibung der zu erwartenden Effekte von Maßnahmen im städtischen Verkehrssystem

vom 24. Januar 2011

erfolgen. Auch für die Erfolgskontrolle in einigen Jahren ist eine auf die spezifische Leipziger Situation abgestellte Bilanzierung als Abbildung der tatsächlichen Emissionen und Energieverbräuche in dem als Untersuchungsgegenstand festgelegten Stadtgebiet möglich.

Wie deutlich wurde, ergeben sich aus der Anwendung des Inlandskonzept erhebliche Vorteile, welche weniger im Rahmen der aktuellen Arbeitsstufe, perspektivisch jedoch bei der weiteren Projektarbeit sowie nach einem angemessenen Zeitraum beim Monitoring der im Rahmen des Konzeptes entwickelten Maßnahmen zum Tragen kommt. Demnach soll zur Bilanzierung der Energieverbräuche und klimarelevanten Emissionen vorrangig das Inlandskonzept angewendet werden. Dadurch wird auch eine methodische Konsistenz zu den Ist-Analysen zum Energieverbrauch Leipzigs ohne den Verkehrssektor erreicht, welcher auf den tatsächlichen Energieverbrauch innerhalb der Stadt abstellt. Berechnungen zum Inländerkonzept sollen dennoch durchgeführt werden, um zumindest die Vergleichbarkeit zu den Ergebnissen vorheriger Bilanzjahre herstellen zu können.

#### 3.1.4 Methodisches Vorgehen - Inlandskonzept

#### Kraftfahrzeugverkehr

Die wichtigste Grundlage für die Ermittlung der Verbräuche und Emissionen der Kraftfahrzeuge nach dem Inlandskonzept ist das integrierte Verkehrsmodell der Stadt Leipzig des Verkehrs- und Tiefbauamtes. Dieses wird anhand von Nachfrageberechnungen, welche sich aus der Stadtstruktur und repräsentativen Verkehrsverhaltensdaten ergeben, berechnet und bildet die Verkehrsbelastungen aller Kraftfahrzeuge im Verkehrsnetz der Stadt ab. Zur Kalibrierung des Modells werden zusätzlich Verkehrszählungen und Verkehrsbefragungen herangezogen, wodurch es sich als gutes Abbild der tatsächlichen durchschnittlichen Verkehrssituation eines Tages darstellt.

Das Modell beinhaltet im Nachfragesegment "Pkw" alle privaten und gewerblichen Fahrten mit Personenkraftfahrzeugen bis 3,5 Tonnen zulässiger Gesamtmasse. Darin enthalten sind z.B. auch Fahrten von Kurierdienst-, Taxi- oder Car-Sharing-Fahrzeugen. Im Nachfragesegment "Lkw" sind die Wirtschaftsfahrten von Fahrzeugen ab 3,5 Tonnen zulässiger Gesamtmasse enthalten. Dieses umfasst somit auch Fahrten des Schwerverkehrs als auch des Buspersonenverkehrs.

Aus dem Modell wurden alle in Leipzig stattfindenden Privat- und Wirtschaftsfahrten (inkl. Schwerverkehr) übernommen, welche sich aufgesplittet nach der räumlichen Dimension der Verkehrsarten wie folgt aufteilen:

- Binnenfahrten der Leipziger
- Quell-/ Zielfahrten der Leipziger
- Ziel-/ Quellfahrten (teilweise auch Binnenfahrten) Auswärtiger (Pendler, Gäste,...)
- Durchgangsverkehre durch das Stadtgebiet Leipzig.

Seite 34 Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für

die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

Die Berechnungsergebnisse im Kraftfahrzeugverkehr wurde entsprechend der Anforderungen der vom Umweltbundesamt mit entwickelter Datensammlung für Emissionsfaktoren von Luftschadstoffen und Klimagasen des Straßenverkehrs aufbereitet. Diese Datensammlung liegt im "Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs" (HBEFA) aktuell in der Version 3.1 vor und bildet landesspezifische Fahrverhältnisse und Emissionssituationen ab. Durch die Multiplikation der Streckenbelastungen aus dem Verkehrsmodell mit den Emissionsfaktoren des HBEFA konnte ein realitätsnahes Abbild der Bestandssituation an Kraftstoffverbräuchen und diverser Schadstoffemissionen errechnet werden.

#### ÖPNV

Das ÖPNV-System Leipzig setzt sich aus mehreren Komponenten zusammen. Diese sind neben Straßenbahnen, Stadt- und Regionalbussen auch S-Bahn- und Regionalzüge, welche das Stadtgebiet mit dem näheren Umfeld verbinden.

Die LVB dokumentiert regelmäßig in Nachhaltigkeitsberichten sowie in "Zahlen und Fakten" die jährlichen Kraftstoffverbrauchswerte der Busse im Regional- und Stadtverkehr. Ebenfalls ist darin der durch die Straßenbahnen verbrauchte jährliche Fahrstrom angegeben. Während die Verbrauchsdaten der Fahrzeuge der LVB direkt beim Verkehrsunternehmen abgefragt werden konnten, mussten die Verkehre im Schienenpersonennahverkehr gesondert berechnet werden.

Im Schienenpersonennahverkehr wurden Fahrplan- und Fahrzeugdaten aufbereitet und mit den innerhalb der Stadt befahrenen Streckenabschnitten die zugehörigen Fahrleistungsanteile berechnet. Durch die Multiplikation mit durchschnittlichen Verbrauchs- werten von Dieselund Stromfahrzeugen, welche vom Umweltbundesamt bezogen wurden, konnte die Bilanzierung erfolgen.

#### Schienenfernverkehr

Auch im Schienenfernverkehr kam das im Bereich ÖPNV entwickelte Verfahren zur Anwendung, bei dem über Fahrplan- und Fahrzeugdaten sowie die innerhalb Leipzigs stattfindenden Wegeanteile die Verbräuche über durchschnittlichen Verbrauchswerte bilanziert werden.

#### Flugverkehr

Da der Flughafen Leipzig-Halle-Airport für die Stadt Leipzig von einer gewissen verkehrlichen Bedeutung ist, sollen auch für diesen in der Analyse Emissionsbilanzen herangezogen werden. Dazu wurden Daten zu Triebwerksemissionen und Energieverbräuchen im LTO-Cycle (Landing- and Take-Off Cycle, übersetzt Lande- und Start-Zyklus) herangezogen, welche beim sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie verfügbar sind. Diese Daten beinhalten alle Flugbewegungen des Flughafens bis 915 m Höhe und konnten über eine Verschneidung per Geo-Informationssystem auf das Leipziger Stadtgebiet bezogen werden.

Auch wenn somit eine gewisse Zuordnung der Energieverbräuche und Flugschadstoffe möglich ist, so muss die Sinnhaftigkeit dieses Bestandteils der Gesamtbilanz hinterfragt werden.

Grundsätzlich gibt es keine sichere Methodik, wie Flugverkehre einer bestimmten abgegrenzten Gebietskörperschaft zugeordnet werden sollen, vor allem dann, wenn sich der Flughafen außerhalb des Stadtgebietes befindet. Entsprechend viele Varianten wurden bei bislang veröffentlichten Bilanzierungen angewandt. Generell ist jedoch nicht nur die Bestandsaufnahme, sondern auch der weitere Umgang mit entsprechenden Daten mit Schwierigkeiten behaftet. So ist die kommunale Einflussnahme auf den Betrieb und die weitere Entwicklung der Flugbewegungen begrenzt bis nicht gegeben. Auch eine entsprechende Prognose ist in diesem stark von äußeren Einflüssen abhängigen Verkehrsbereich nicht möglich.

So hat sich der Leipziger Flughafen in den letzten Jahren zu einem Luftfrachtstandort sowie zu einem Drehkreuz militärischer Flüge der NATO ausgebildet. Die weitere Entwicklung dieser Transportzweige ist besonders schwer vorherzusehen.

In der Energieverbrauchs- und Emissionsprognose wird deshalb nur auf Bestandszahlen abgestellt werden können, welche lediglich mit Annahmen zur weiteren generellen Verbrauchs- und Schadstoffausstoßentwicklung aufgrund technischer Anpassungen fortgeschrieben werden. Hinsichtlich der Festlegungen von kommunalen Maßnahmen in einem Energie- und Klimaschutzkonzept wird der Flugverkehr jedoch praktisch keine Rolle spielen.

# 3.1.5 Methodisches Vorgehen - Inländerkonzept

# Kraftfahrzeugverkehr

Statt ein weiteres Mal die Ergebnisse der TUD Studie von 1996 zum Bezugsjahr 1994 über Hochrechnungs- und Korrekturfaktoren fortzuschreiben, wurde in der vorliegenden Analyse die grundsätzlichen Rechenmethoden wiederverwendet und umfassend mit aktuellen Daten untersetzt. Die dafür nötigen Eingangsdaten konnten ermittelt und die Verbrauchswerte für die Jahre 2008 bilanziert werden.

Für die Fahrzeugbestände in Leipzig konnten dazu aktuelle Zulassungszahlen¹ vom Kraftfahrtbundesamt (KBA) verwendet werden. Diese wurden entsprechend den Fahrzeugarten der Studie der TU Dresden und nach Gasfahrzeugen differenziert. Einzig für Mofas liegen keine Zulassungszahlen vor. Die 149 abgeschätzten Mofas der TUD-Studie wurden deshalb anhand eines vom Deutschen Institut für Wirtschaft (DIW) für Gesamtdeutschland ausgewiesenen Zuwachses hochgerechnet. Der Anteil der Mofas am Gesamtenergieverbrauch ist aufgrund der kleinen Anzahl, geringer Fahrleistungen und Durchschnittsverbrauchswerte insgesamt jedoch gering und im Endergebnis nahezu vernachlässigbar.

Die mittleren Verbrauchswerte und die mittlere Jahresfahrleistung je Fahrzeugart stehen vom DIW für Gesamtdeutschland und das Jahr 2008 zur Verfügung. Für die Bilanz wurden diese mit den in Leipzig zugelassenen Fahrzeugen multipliziert.

# ÖPNV

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> In den Zulassungszahlen der Pkw sind z.B. auch Leipziger Kurierdienst-, Taxi- und Car Sharing-Fahrzeuge enthalten.

Zur Bilanzierung der Verbräuche wurden personenbezogene Kennwerte zu jährlichen Durchschnittsverbräuchen und Verkehrsleistungen differenziert nach den öffentlichen Verkehrsmitteln Bus, Straßenbahn und SPNV ermittelt. Die Durchschnittsverbräuche pro Personenkilometer stammen vom Umweltbundesamt (UBA). Beförderungsleistungen der öffentlichen Verkehrsmittel und die Einwohner in Deutschland stellte das statistische Bundesamt (Destatis) zur Verfügung. Durch Multiplikation der Einwohner Leipzigs mit den personenbezogenen Kennwerten wurde die Verbrauchsbilanz im ÖPNV erstellt.

#### Schienenfernverkehr

Im Schienenfernverkehr konnten analog wie im ÖPNV die Berechnung mit Daten von UBA und Destatis und daraus ermittelten personenbezogenen Kennwerten durchgeführt werden. Im Schienengüterverkehr wurde lediglich statt der Personenkilometer die Güterfahrleistung in Tonnenkilometer verwendet.

#### Flugverkehr

Nach dem Inländerkonzept werden die durchschnittlichen Energieverbräuche des Flugverkehrs pro Personenkilometer entsprechend der mittleren Fluglänge pro Kopf auf die Einwohner Leipzigs hochgerechnet.

Auch diese Methode ist hinsichtlich der angemessenen Umlegung auf die Verursacher, der Zweckmäßigkeit zur weiteren Prognose bzw. der Szenarienberechnung anzuzweifeln (vgl. Ausführungen zur Bilanzierung der Flugverkehrsemissionen im Inlandskonzept in Kapitel 3.1.4).

#### 3.2 Energieverbrauch Verkehr

#### 3.2.1 Energieverbräuche nach dem Inlandskonzept

Wie bereits erläutert, wurden die Energieverbräuche nach dem Inlandskonzept für den Kraftfahrzeugverkehr auf Grundlage der Fahrleistungen, welche aus dem städtischen Verkehrsmodell bezogen wurden, berechnet. Diese Leistungen wurden anhand der aktuellen Version des HBEFA für enthaltene Fahrzeugschichten (als Fahrzeuggruppen gleichen oder ähnlichen Verbrauchsverhaltens) einer Verbrauchsberechnung zugeführt. Da die Berechnungen im Handbuch in Zeitscheiben seit 1990 vorliegen, konnten die jeweils für das Bezugsjahr 2008 festgelegten Verbrauchsfaktoren pro Kilometer gemäß den Fahrzeugklassen herangezogen werden.

Für die weiteren Verkehrsmittel konnte auf tatsächliche Verbrauchswerte zurückgegriffen oder diese anhand von Fahrleistungen nach Fahrplan und durchschnittlichen Verbräuchen errechnet werden.

Die Werte beinhalten keine Angaben der zur Vorkette zuzuordnenden Verbrauchsanteile, sondern sind als direkte Verbräuche zu sehen.

#### Kraftfahrzeugverkehr

In den Berechnungen nach dem Inlandskonzept macht der Energieverbrauch des Kraftfahrzeugsektors den größten Anteil im Verkehrsbereich aus. So sind insgesamt 2.222 GWh/a als Jahresverbrauch aller Kfz in der Stadt Leipzig berechnet worden. Allein dem Pkw wurde hierbei ein Verbrauch von 1.677 GWh für 2008 zugeordnet.

#### ÖPNV

Auf Grundlage der tatsächlichen Verbrauchswerte (LVB) und der Fahrplanleistungen des Schienenpersonennahverkehrs wurde für das Jahr 2008 ein Gesamtverbrauch des ÖPNV von ca. 134 GWh berechnet.

#### Schienenpersonenfernverkehr

Da der Anteil der durch Fernzüge des Personenverkehrs innerhalb der Stadt Leipzig zurückgelegten Streckenkilometer verhältnismäßig gering ist, wurde für den Schienenpersonenfernverkehr ein Energieverbrauch von insgesamt etwa 9 GWh im Jahr 2008 bilanziert.

#### Schienengüterverkehr

Auch die Güterverkehre, die auf der Schiene stattfinden, werden zu großen Teilen außerhalb Leipzigs abgewickelt. Entsprechend gering ist der Energieaufwand im Frachtbereich, der 2008 ca. 10 GWh betrug.

#### Zusammenfassung

Entsprechend der Ergebnisse der Berechnungen nach dem Inlandskonzept ist als größter Energieverbraucher des Verkehrssektors der Straßenverkehr zu sehen. Sein Anteil am Gesamtverbrauch (nur Verkehr) liegt bei 93 % (vgl. Bild 3-1). Dabei beträgt der Anteil des Personenverkehrs mit 70 % am Gesamtverbrauch, Wirtschaftsverkehre (Lkw und leichte Nutzfahrzeuge) besitzen einen Anteil von etwa 23 %.

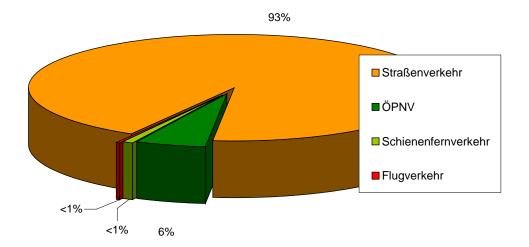


Bild 3-1: Anteile der einzelnen Verkehrsmittel am Gesamtenergieverbrauch des Verkehrssektors nach Inlandskonzept 2008

Demnach liegen im MIV auch die größten Potenziale für Energiesparmaßnahmen im Verkehrsbereich. Die weiteren Sparten liegen hinsichtlich ihrer Verbräuche deutlich unterhalb dessen, was im Straßenverkehr benötigt wurde. Ihre Anteile belaufen sich zusammen auf ca. 7 %, von denen der ÖPNV ca. 6 % ausmacht.

#### 3.2.2 Energieverbräuche nach dem Inländerkonzept

Die Berechnungen der Energieverbräuche entsprechend dem Inländerkonzept wurden auf Grundlage allgemein verfügbarer Datensätze zum durchschnittlichen Verkehrsverhalten der Einwohner Leipzigs bzw. des Fahrzeugbesatzes der Leipziger durchgeführt. Zur Bewahrung der Konsistenz gegenüber den bereits vorliegenden Studien wurden dazu zumeist Durchschnittswerte aus deutschlandweiten Statistiken verwendet und auf die Einwohner Leipzigs umgelegt.

Als wichtigste Quellen für die Datenerhebung wurden das Umweltbundesamt, das statistische Bundesamt, das Kraftfahrzeugbundesamt sowie das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung herangezogen. Zur Umrechnung von Fahrleistungen der einzelnen Verkehrsmittel kamen für den Kraftverkehr das "Transport Emission Model" (TREMOD) des ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH² zur Anwendung.

Für die weiteren Verkehrsmittel konnte auf durchschnittliche Verbrauchswerte des Umweltbundesamtes<sup>3</sup> zurückgegriffen werden.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in *Anlage 6* in tabellarischer Form enthalten. Die wichtigsten Kenngrößen sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden.

#### Kraftfahrzeugverkehr

Der Straßenverkehr konnte auch im Rahmen der Berechnungen nach dem Inländerkonzept als Haupt-Energieverbraucher des Verkehrssektors identifiziert werden.

Insgesamt lag der Energieverbrauch des durch Leipziger im Jahr 2008 verursachten Kraftfahrzeugverkehrs bei 2.440 GWh. Im Personenverkehr betragen die Energieverbräuche 1.760 GWh/ Jahr. Im Wirtschaftsverkehr wurden 641 GWh und im sonstigen Kraftfahrzeugverkehr 40 GWh verbraucht.

#### ÖPNV

Im Vergleich zum Kraftfahrzeugverkehr zeigt die Verbrauchsberechnung der Verkehrsmittel des ÖPNV-Sektors deutlich, welch starker Unterschied hinsichtlich des Energiebedarfs zwischen den als nachhaltig einzuordnenden öffentlichen Nahverkehrsmitteln und dem MIV bestehen. So wurden für die Leistungen durch Straßenbahnen, Linienbusse und Schienenpersonennahverkehrsmittel 116 GWh im Analysejahr 2008 verbraucht.

<sup>3</sup> Quelle UBA Inländer

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Quelle TREMOD

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Polizei-/ Zivilschutzfahrzeuge, Feuerwehrfahrzeuge, Abschlepp- und Kranwagen, Straßenreinigungsfahrzeuge, Müllwagen

#### Schienenfernverkehr

Auch der den Leipzigern zuzuordnende Schienenpersonenfernverkehr liegt mit 17 GWh im Jahr im Vergleich zum Kfz-Verkehr auf geringem Niveau. Auch der Schienengüterverkehr verbrauchte mit 32 GWh vergleichsweise geringe Energiemengen.

#### Flugverkehr

Für den Flugverkehr betragen die Energieverbräuche der Einwohner im Jahr 2008 278 GWh, welche die Aufwendungen für Fracht- und Personenflüge beinhalten.

#### Zusammenfassung

Generell zeigen auch die Ergebnisse der Energieverbrauchsbilanzierung nach dem Inländerkonzept, dass der Straßenverkehr mit 85 % den mit Abstand höchsten Anteil des Energieverbrauchs im Verkehrssektor ausmacht (vgl. Bild 3-2).

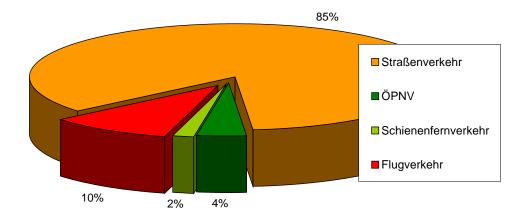


Bild 3-2: Anteile der einzelnen Verkehrsmittel am Gesamtenergieverbrauch des Verkehrssektors nach Inländerkonzept 2008

Mit 10 % liegt der Flugverkehr an zweiter Stelle, die Energieaufwendungen im ÖPNV machen 4 % und der Schienenfernverkehr 2 % aus.

#### 3.2.3 Energieflussanalyse Verkehr

Das Energieflussdiagramm für den Verkehrssektor entsprechend der verschiedenen Energieträger in Bezug zum Verbraucher ist in *Anlage 7* enthalten. Die Berechnungen stellen ausschließlich auf die Berechnungen nach dem Inlandskonzept ab, die Nebenanlagen des Verkehrs sind nicht enthalten.

Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

#### 4 Emissionsbilanz (ohne Verkehr)

#### 4.1 Methodik

#### 4.1.1 Allgemeines

In der Emissionsbilanz werden die Emissionen der Stadt Leipzig aufgeteilt nach den Endenergieträgern dargestellt. Außerdem wird ein durchschnittlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß pro Einwohner ermittelt. Die Endenergien teilen sich gemäß der Energiebilanz bzw. Energieflussanalyse auf Strom, Wärme, Erdgas, Kohle und Heizöl/Flüssiggas auf. Dargestellt werden die spezifischen Emissionen bezogen auf eine verbrauchte MWh des Endenergieträgers als auch die absoluten Emissionen. Zusätzlich zum CO<sub>2</sub>-Ausstoß werden die klimarelevanten Gase CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O berechnet und zusammen mit dem CO<sub>2</sub> Ausstoß zu einem CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Ausstoß berechnet.

#### 4.1.2 Datengrundlage

Die Datengrundlage für die Berechnung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes ist größtenteils identisch mit der aus der Energiebilanz in 2.1.4. Zusätzlich werden folgende Emissionsfaktoren für die fossilen Brennstoffe Erdgas, Heizöl EL und Kohle sowie des deutschen Strommixes aus GEMIS 4.6 herangezogen:

Tabelle 4-1: Emissionsfaktoren

	Strom D-Mix	Erdgas	Heizöl	Flüssiggas	Kohle (Lausitz)
CO <sub>2</sub> [t/GWh]	580,86	219,35	309,16	265,93	377,07
CH <sub>4</sub> [t/GWh]	0,74	1,07	0,08	0,11	0,74
N <sub>2</sub> O [t/GWh]	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02

Bei diesen Emissionsfaktoren sind die Vorketten der Energieträgerbereitstellung berücksichtigt. Sie enthalten den Bereitstellungsaufwand für die Endenergieträger, inklusive des Herstellungsaufwands für alle vorgelagerten Prozessschritte.

Die Emissionen des GuD-Heizkraftwerkes wurden durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie bereitgestellt [LfULG 2010]. Laut LfULG emittiert das GuD-Heizkraftwerk das Treibhausgas CO<sub>2</sub>, sowie die weiteren Schadgase SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Staub sowie CO. Da diese Emissionen jedoch ohne Vorketten vorliegen wurden die Emissionen des GuD-Heizkraftwerkes mittels der vorliegenden Brennstoffverbräuche und der in 4.1.2 aufgelisteten Emissionsfaktoren berechnet.

Die Emissionsfaktoren der Fernwärme des Heizkraftwerks Lippendorf wurden mittels eines vergleichbaren Braunkohlekraftwerks in GEMIS 4.6 ermittelt. Dabei ergaben sich folgende Emissionsfaktoren bezogen auf eine GWh gelieferte Fernwärme. Dieser Wert bezieht sich auf die Fernwärme im Fernwärmenetz von Leipzig. Dies bedeutet, dass die Verluste vom Kraftwerk bis Leipzig berücksichtigt und mit 2 % angesetzt wurden.

die Stadt Leipzig, Phase 2

vom 24. Januar 2011

Tabelle 4-2: Emissionsfaktoren HKW Lippendorf bezogen auf eine GWh gelieferte Fernwärme

	Fernwärme Heizkraftwerk Lippendorf
CO <sub>2</sub> [t/GWh]	180,05
CH₄ [t/GWh]	0,01
N <sub>2</sub> O [t/GWh]	0,01

#### 4.1.3 Berechnungsmethodik

Die Emissionen der Stadt Leipzig wurden nach der sogenannten Verursacherbilanz bewertet. Dies bedeutet, die Emissionen werden auf die innerhalb der Stadtgrenze verbrauchten Endenergieträger bezogen. Es wurden also die in Abschnitt 2 ermittelten Endenergien Strom, Wärme, Erdgas, Heizöl und Kohle herangezogen und mit den jeweiligen Emissionsfaktoren multipliziert.

Für die fossilen Endenergieträger, sowie den extern bezogenen Strom wurden die Emissionsfaktoren nach GEMIS 4.6 verwendet. Für den Strom- und Wärmeanteil, welcher innerhalb der Stadt Leipzig erzeugt wurde, wurden basierend auf der zur Verfügung stehenden Datengrundlage Emissionsfaktoren berechnet (siehe 4.1.2). Dafür wurden die in der Energieflussanalyse dargestellten in den Energiewandlungsanlagen eingesetzten Energieträger mit den entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emissionen inklusive der Vorkette der Energieträgerbereitstellung herangezogen.

Für die Bewertung des Stroms und der Wärme aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen wurde die sogenannte Methode des Brennstoffmehraufwandes verwendet. Das bedeutet, dass die eingesetzte Primärenergie nur dann der Wärme zugerechnet wird, wenn für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme mehr Primärenergie eingesetzt wird, als für die gleiche Menge an Strom ohne Wärmeauskopplung nötig wäre. Dieser Brennstoffmehraufwand wird dann der Wärme zugerechnet. Bei dem Gas- und Dampfheizkraftwerk ist dies der Fall, da der elektrische Wirkungsgrad bei einer Wärmeauskopplung sinkt. Als Referenzwirkungsrad ohne Wärmeauskopplung wurde nach der Richtlinie 2004/8/EG ein Wert von 52,5 % angesetzt. Bei BHKWs ist die genutzte Wärme reine Abwärme, die ohnehin anfällt. So ist bei BHKWs kein Brennstoffmehraufwand nötig, so dass in diesem Fall der Wärme kein Brennstoff und daher auch keine Emissionen zugeordnet werden.

Jegliche Form der erneuerbaren Energien wurde als CO<sub>2</sub> neutral, d.h. ohne Emissionen angesetzt. Dazu zählt Strom aus Photovoltaik, Wind, Wasser, Deponie- und Biogas, sowie Wärme aus Solarthermie, Deponie- und Biogas. Aufgrund der vorwiegend lokalen Gewinnung und Nutzung sind Vorketten und Transportaufwendungen in der Gesamtenergiebilanz der Stadt Leipzig zum Teil enthalten.

Die durch den externen Fernwärme Bezug aus dem Braunkohlekraftwerk Lippendorf anfallenden Emissionen wurden anhand der zur Verfügung stehenden Datengrundlage berechnet. Dabei wurden die Verluste vom Kraftwerk bis Leipzig berücksichtigt und mit 2 % angesetzt. Außerdem wurde auch hier die Methode des Brennstoffmehraufwandes angesetzt. Als

Stromverlustkennzahl wurde dabei der Wert aus der CO<sub>2</sub>-Bilanz von 2005 verwendet. Dieser beträgt 0,196 und deckt sich mit den Angaben des Kraftwerksbetreibers Vattenfall.

#### 4.1.4 Klimabereinigung

Zusätzlich zur realen Emissionsbilanz des Jahres 2008 wurde eine Klimabereinigung durchgeführt. Um den Energieverbrauch bzw. die daraus resultierenden Emissionen mit Bilanzen aus vorherigen Jahren vergleichen zu können sowie Tendenzen aufzuzeigen und möglicherweise die Wirksamkeit von Maßnahmen beurteilen zu können, sollte man unterschiedlich kalte Jahre in die Betrachtung mit einbeziehen. Dies geschieht durch die sogenannte Gradtagszahl. Dabei handelt es sich um einen Kennwert, welcher Auskunft über den Temperaturverlauf einer Heizperiode gibt. Je höher die Gradtagszahl, desto kälter war es und desto mehr muss geheizt werden. Die monatliche Gradtagszahl ist die Summe der Differenzen zwischen einer festgelegten Rauminnentemperatur und der mittleren Außentemperatur eines Tages. Dabei werden nur die Tage berücksichtigt, deren Mitteltemperatur 15 °C unterschreitet. Die Summe der Zahlen aus allen Monaten bildet dann die Jahresgradtagszahl. Anhand dieses Wertes und der eines Referenzjahres (langjähriges Mittel) wird ein Faktor zur Klimabereinigung gebildet.

Die Gradtagszahl 2008 betrug nach Angaben der Stadtwerke Leipzig  $n_{GT,SWL}=3.182$  Kd. In der CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stadt Leipzig des Jahres 2005 wurde eine Gradtagzahl für 2005 verwendet, welche von jener der Stadtwerke Leipzig abweicht. Die Ursache hierfür wird im Bezug auf unterschiedliche Wetterstationen gesehen. Deshalb wurde die in der CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stadt Leipzig des Jahres 2005 verwendete Gradtagszahl des Referenzjahres ( $n_{GT,Ref}=3.853$  Kd) umgerechnet und an die Datenreihe der Gradtagszahlen der Stadtwerke Leipzig angepasst. Mit diesem korrigierten langjährigen Mittelwert von  $n_{GT,Ref,korr}=3.524$  Kd ergibt sich ein Klimabereinigungsfaktor von  $f_b=0,903$ .

$$f_b = \frac{n_{\text{GT,SWL,2008}}}{n_{\text{GT,SWL,2005}}} \cdot \frac{n_{\text{GT,2005}}}{n_{\text{GT,Ref}}}$$

Dieser Faktor wird bei der Berechnung der bereinigten Emissionen abgemildert mit einem Faktor der Temperaturabhängigkeit  $f_T$  der jeweiligen Energieanwendung, welcher energieträgerspezifisch ist.

$$Verbrauch_{bereinigt} = Verbrauch_{real} \cdot \left[ \frac{f_T}{f_b} + (1 - f_T) \right]$$

#### 4.1.5 Validierung

Es erfolgte eine Überprüfung der Ergebnisse durch Vergleich mit Emissionsdaten des [LfULG 2010] für das Stadtgebiet Leipzig sowie den Ergebnissen der CO<sub>2</sub>-Bilanz der Stadt Leipzig für das Jahr 2005.

Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

#### 4.2 Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Emissionsbilanzierung, aufgeteilt in  $CO_2$  und  $CO_2$ -Äquivalente dargestellt. Die  $CO_2$ -Äquivalente wurden aus den  $CO_2$ -Emissionen selbst und aus den weiteren Klimaschadgasen Methan (CH<sub>4</sub>) und Distickstoffmonoxid (N<sub>2</sub>O, Lachgas) berechnet. Diese sind im Kyoto-Protokoll reglementiert. Außerdem wird kurz auf weitere Luftschadstoffe hingewiesen. Dazu zählen Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und Belastungen mit Schwebstaub-Inhaltsstoffen in der Partikelgröße PM 10.

#### 4.2.1 Klimaschadgase (real)

Neben  $CO_2$  wirken weitere Emissionen klimaschädigend. Im Folgenden werden die äquivalenten  $CO_2$ -Emissionen dargestellt. Dabei gehen die direkten  $CO_2$ -Emissionen sowie  $CH_4$  (Methan) und  $N_2O$  (Lachgas) in die Berechnung der  $CO_2$ -Äquivalente ein. Diese sind Gase welche zum Treibhausgaseffekt beitragen. In Anlehnung an das Kyoto Protokoll werden die  $CH_4$ -Emissionen mit einem Faktor von 21 und die  $N_2O$ -Emissionen mit einem Faktor von 310 in  $CO_2$ -Äquivalente umgerechnet.

Tabelle 4-3: Äquivalente CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 (real)

		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> -
					Äquivalente
Haushalte	t/a	878.605	2.107	18	928.511
Wirtschaft (Industrie, G/H/D)	t/a	1.024.185	1.740	26	1.068.691
Gemeinbedarf (Stadt, Land, Bund)	t/a	96.374	199	2	101.216
Summe	t/a	1.999.164	4.046	46	2.098.419
Emissionen je Einwohner	t/a	3,91	0,01	0,00	4,11

Pro Einwohner werden 4,11 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert. Dieser Wert beinhaltet nicht die Emissionen des Verkehrs, welche separat im Abschnitt Verkehr ausgewiesen werden. Eine Zusammenfassung der Emissionen des Energie- und Verkehrssektor erfolgt im Anschluss in Abschnitt 6.

Die prozentuale Aufteilung der Emissionen auf die Energieträger sowie deren spezifische Emissionen pro Einwohner werden in den folgenden Diagrammen grafisch dargestellt.

vom 24. Januar 2011

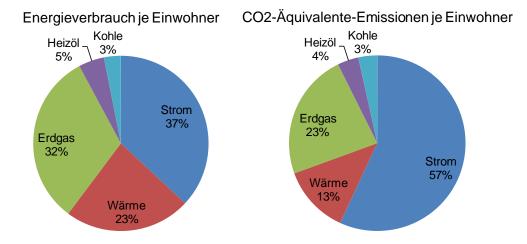


Bild 4-1: Prozentuale Aufteilung des Energieverbrauchs und der äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die Endenergieträger 2008 (real)

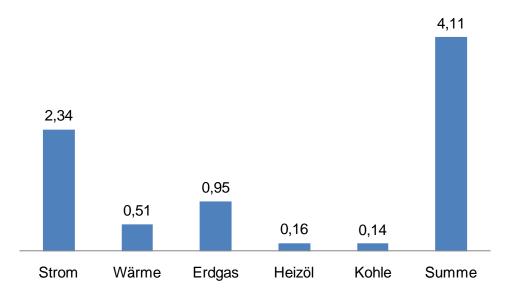


Bild 4-2: Aufteilung der spezifischen äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einwohner aufgeteilt nach Endenergieträger 2008 (real)

#### 4.2.2 Klimaschadgase (klimabereinigt)

Durch die Klimabereinigung erhöhen sich die Emissionen um ca. 4 %, da das Referenzjahr im Vergleich zum langjährigen Mittel relativ mild war.

Tabelle 4-4: Äquivalente CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 (bereinigt)

		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> -
					Äquivalente
Haushalte	t/a	926.183	2.250	19	979.352
Wirtschaft (Industrie, G/H/D)	t/a	1.043.651	1.815	26	1.089.806
Gemeinbedarf (Stadt, Land,	+/-	100 007	211	0	40E 220
Bund)	t/a	100.227	211	2	105.338
Summe	t/a	2.070.060	4.276	47	2.174.495
Emissionen je Einwohner	t/a	4,05	0,01	0,00	4,26

Berücksichtigt man die Klimabereinigung wurden pro Einwohner 4,26 t CO<sub>2</sub>-Äquivalente emittiert. Dieser Wert beinhaltet nicht die Emissionen des Verkehrs, welche separat im Abschnitt Verkehr ausgewiesen werden. Eine Zusammenfassung der Emissionen des Energieund Verkehrssektor erfolgt im Anschluss in Abschnitt 6.

Die prozentuale Aufteilung der Emissionen auf die Energieträger sowie deren spezifische Emissionen pro Einwohner werden in den folgenden Diagrammen grafisch dargestellt.

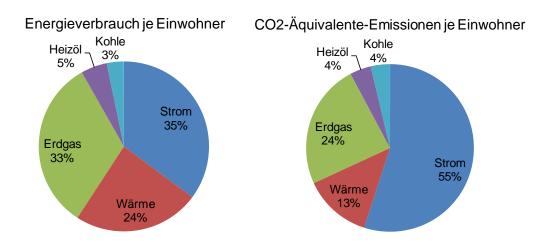


Bild 4-3: Prozentuale Aufteilung des Energieverbrauchs und der äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf die Endenergieträger 2008 (bereinigt)

Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

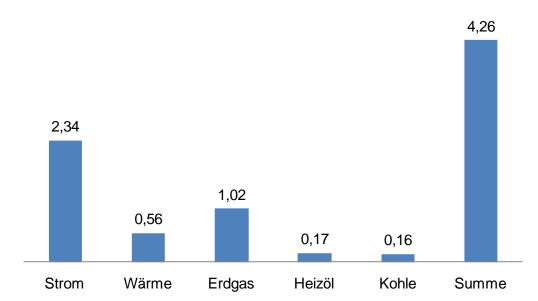


Bild 4-4: Aufteilung der spezifischen äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Einwohner aufgeteilt nach Endenergieträger 2008 (bereinigt)

#### 4.2.3 Weitere Luftschadstoffe

Aus dem Jahresbericht zur Immissionssituation 2008, herausgegeben vom Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen, lassen sich nähere Angaben zu weiteren Luftschadstoffen in Leipzig entnehmen.

Im folgenden Abschnitt wird kurz die allgemeine Entwicklung der Immissionsbelastung, hervorgerufen durch Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und die Belastung mit Schwebstaub-Inhaltsstoffen in der Partikelgröße PM 10, beleuchtet.

Nach dem Jahresbericht zur Immissionssituation 2008 nahm die Konzentration von SO<sub>2</sub> in den letzten Jahren kontinuierlich ab. Im Jahr 2008 wurden die Grenzwerte deutlich unterschritten. Die Immissionen liegen seit 1999 etwa auf dem gleichen Niveau. Grund sind sowohl die Modernisierung von Großfeuerungsanlagen als auch die Umrüstung von Kleinfeuerungsanlagen auf neue Energieträger.

Allerdings ist eine Belastung der Luft durch die verkehrsdominierte Komponente  $NO_x$  zu verzeichnen. Hier wurde in den letzten Jahren kein deutlich abnehmender Trend beobachtet. Die Stadt Leipzig hat im Dezember 2009 einen Luftreinhalteplan für das Stadtgebiet aufgestellt, um Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffbelastung auszuweisen.

Partikel mit einem Durchmesser kleiner 10 Mikrometer (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) werden unter dem Begriff Feinstaub zusammengefasst. Diese entstehen hauptsächlich bei thermischen Prozessen, z. B. in Kraftwerken, in Industrie und Landwirtschaft oder im Straßenverkehr. Quellen außerhalb des Stadtgebietes (regionaler und überregionaler Ferneintrag) tragen zum überwiegenden Teil zur Feinstaubbelastung im Stadtgebiet bei. Ein Trend zu geringeren Konzentrationen ist nicht erkennbar.

#### 5 Emissionsbilanz Verkehr

#### 5.1 Methodik

#### 5.1.1 Allgemeines

Auch die Emissionsbilanz im Verkehrssektor basiert auf den Berechnungsmethoden und - ansätzen, wie sie bereits zur Ermittlung der Energieverbräuche herangezogen wurden. Somit kommen mit dem Inländer- und dem Inlandskonzept auch wieder beide Möglichkeiten der Bilanzierung zum Einsatz.

Allerdings ist die Tiefe der Berechnungen zwischen beiden Methoden verschieden. So sollen neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen auch weitere klimarelevante Schadstoffe bilanziert werden. Da sich jedoch nur das Inlandskonzept aufgrund der identischen räumlichen Abgrenzung als geeignete Grundlage für die Entwicklung eines *Iokalen* Energie- und Klimaschutzkonzeptes darstellt, werden die umfangreichen Berechnungen auch nur auf die Analysen dieser Methode angewandt. Auf Grundlage des Inländerkonzeptes werden lediglich die CO<sub>2</sub>-Emissionen ausgewiesen.

Bei Verkehrsmitteln, bei denen die Emissionen aufgrund von Elektroantrieben nicht direkt am Fahrzeug sondern im Kraftwerk und damit außerhalb der Stadt Leipzig auftreten, müsste streng methodisch auch kein Schadgasausstoß im "Inland" zugeordnet werden.

Allerdings werden im Sinne der Zielstellung der Erstellung des vorliegenden Konzeptes, Verbesserungen in der Klima- und Energiebilanz der Stadt Leipzig zu erreichen, diese Emissionen den Verkehrsmitteln zugeordnet, da die Klimawirksamkeit unabhängig vom Ort der Emissionen gegeben ist.

#### Vorketten

Generell muss unterschieden werden, ob die zu errechnenden Emissionen lediglich die reine Verbrennung der Kraftstoffe im Fahrzeug bzw. der Aufwendungen für Fahrstrom betrachtet, die direkt im Fahrzeug zum Vorwärtskommen benötigt werden, oder ob auch die Anteile in die Betrachtung eingehen, welche zur Erzeugung dieser Energien aufgebracht werden mussten. Diese Anteile werden als Vorkette bezeichnet. Die Vorketten beinhalten Emissionen, die bei Förderung, Transport sowie die Erzeugung (per Destillation in Raffinerien) von Kraftstoffen entstehen. Für Strom werden die Emissionen bei der Erzeugung der Elektrizität (z.B. Abbau von Kohle, Transport, Verbrennungsverluste) in die Vorkette integriert. Entsprechend der Zusammensetzung der verschiedenen Stromgewinnungsmethoden im Gesamt-Strommix kann die Vorkette bestimmt werden. Zusätzlich werden Emissionen durch Verluste, die beim Transport der Energieträger zum Fahrzeug entstehen, der Vorkette zugeordnet.

Da die Berechnungen von Emissionen bei Verbrennungsmotoren mit HBEFA (nach Inlandskonzept) keine Vorketten vorsehen, muss hier ein Faktor zur Bemessung des Anteils der Vorkette gefunden werden. Bei strombetriebenen Fahrzeugen können entsprechende Emissionsfaktoren inkl. Vorkette herangezogen werden.

#### 5.1.2 Berechnungsmethodik

Im Folgenden soll lediglich auf die Methodik für die Berechnung nach dem Inlandskonzept detaillierter eingegangen werden. Für die Emissionsberechnungen gemäß Inländerkonzept werden allgemein verfügbare Emissionsfaktoren herangezogen, welche auf Grundlage der Energieverbrauchsberechnungen die CO<sub>2</sub>-Emissionen ausweisen.

#### Kraftfahrzeugverkehr

Wie bereits bei der Bilanzierung des Energieverbrauchs nach Inlandskonzept wird auch zur Bestimmung der Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs auf die Modellierung über das HBEFA zurückgegriffen. Dieses berechnet nicht nur die Treibstoffe, sondern auch die Emissionen von CO<sub>2</sub> und weiteren Schadstoffen auf Grundlage aktueller durchschnittlicher Werte der verschiedenen Fahrzeugschichten und Verkehrssituationen. Entsprechend konnten die Analysen der Emissionen auf klimarelevante Schadstoffe ausgeweitet werden. Neben den während der Fahrt im warmen Betriebszustand des Motors erzeugten Emissionen, wurden auch Kaltstartemissionen berücksichtigt.

#### ÖPNV

Auch zur Bestimmung der Emissionen des ÖPNV wird auf die methodische Herangehensweise sowie auf die Ergebnisse der Energieverbrauchbilanzierung aufgebaut. Lediglich bei Bussen erfolgt für verbrauchte Dieselkraftstoffe eine Emissionsberechnung über das HBEFA. Zur Ermittlung der Klimawirkung wird sonst auf die durchschnittlichen Werte der bei der Stromproduktion und beim Dieselverbrauch anfallenden Emissionen abgestellt.

#### Schienenfernverkehr

Die Bestimmung der Emissionen des Schienenverkehrs erfolgt adäquat zu den Berechnungen des Ausstoßes im ÖPNV-Sektor.

#### Flugverkehr

Die Emissionen des Flugverkehrs werden den Daten des LfULG für Flüge bis 915 m Höhe und bezogen auf das Gebiet Leipzig entnommen.

#### 5.2 Ergebnisse

#### 5.2.1 CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Basis des Inlandskonzepts

Auf Grundlage der Berechnungen zum Energieverbrauch nach dem Inlandskonzept können auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Verkehrsmittel bewertet werden. Diese sollen entsprechend der Ergebnisse aus den Berechnungen nach HBEFA sowie weiteren Emissionsfaktoren im Folgenden mit Vorkette dargestellt werden.

#### Kraftfahrzeugverkehr

Hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist der Straßenverkehr als Hauptverursacher zu identifizieren. Mit 520 kt pro Jahr war der Personenverkehr im Jahr 2008 stärkster Emissionsverursa-

Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

cher, der Wirtschaftsverkehr stieß etwa 165 kt aus. Damit werden etwa 91 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten Verkehrssektors vom Straßenverkehr verursacht.

#### ÖPNV

Vom ÖPNV wurden 58 kt CO<sub>2</sub> emittiert. Dabei fielen bei der Erzeugung des Stroms für die Straßenbahn 26 kt an, die Busse emittierten ca. 13 kt und im Schienenpersonennahverkehr sind in Diesel- und Elektrotraktion insgesamt ca. 18 kt angefallen.

#### Weitere Verkehrsmittel

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen der weiteren Verkehrsmittel (Schienenfernverkehr und Flugverkehr) sind aufgrund der geringen Anteile der Gesamtstrecken, die auf das Leipziger Stadtgebiet entfallen, sehr gering. Zusammen wurden ca. 12 kt im Jahr 2008 emittiert, von denen dem Flugverkehr nur etwa 3 kt zuzuordnen sind.

#### 5.2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Basis des Inländerkonzepts

Primär um die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Leipzig beurteilen zu können, sind in der nachfolgenden Tabelle die wichtigsten Ergebnisse der Berechnungen nach dem Inländerkonzept aufgeführt. Die detaillierten Daten sind in einer Tabelle in *Anlage 6* enthalten.

Verkehrsmittel	CO₂-Emissionen mit Vorkette in kt/a	Anteil an Gesamt- emission Verkehr
Straßenverkehr (inkl. Sonstige Kfz)	756,5	83,4 %
ÖPNV	45,8	5,0 %
Schienenfernverkehr	26,6	2,9 %
Flugverkehr (Personen + Fracht)	78,7	8,7 %
Gesamt	907,6	100 %

Tabelle 5-1: Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Berechnungen nach dem Inländerkonzept für 2008

Auch bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen nach dem Inländerkonzept ist für den Kraftfahrzeugsektor der höchste Anteil an Emissionen zu verzeichnen. So werden im Jahr von den Leipzigern fast 757 kt durch Fahrten verursacht. Der Anteil im Verkehrssektor beträgt ca. 83 %. Die Verkehrsmittel des Nah- und Fernverkehrs liegen mit etwa 46 kt (ÖPNV) und ca. 27 kt deutlich darunter, so dass ein Anteil von weniger als 7 % auf diese Verkehrsmittel entfällt. Die Emissionen im Flugverkehr schlagen jährlich mit fast 80 kt zu Buche, was einem Anteil von 9 % der Emissionen im Verkehrssektor entspricht.

#### 5.2.3 Andere Schadgase

#### Klimaschadgase

Neben CO<sub>2</sub> wirken weitere Emissionen, die unter anderem vom Verkehrssektor verursacht werden, klimaschädigend. Diese sollen im Rahmen der Ist-Analyse ebenfalls bilanziert werden. Als verkehrlich relevante Gase sind dem Kyoto-Protokoll, einem völkerrechtlich verbind-

Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

lichen Abkommen zur Reduzierung des anthropogenen Ausstoßes schädlicher Gase, neben  $CO_2$  auch Methan  $(CH_4)$  und Distickstoffoxid  $(N_2O)$  zu entnehmen.

Im Bereich der weiteren klimawirksamen Emissionen stechen vor allem Verkehrsmittel hervor, die in Teilen auf elektrischen Strom als Antriebsenergie angewiesen sind. Bei der Stromerzeugung treten Methanemissionen in der Vorkette auf. Dies hängt unter anderem mit Verlusten bei der Gewinnung von Erdgas und dessen Transport über Pipelines in den Herkunftsländern zusammen. Diese Emissionen wirken hauptsächlich global klimaschädigend, haben praktisch aber keinen Einfluss auf die Luftreinhaltung in Leipzig. Da die Vorkette der Energiebereitstellung im Energie- sowie im Verkehrssektor berücksichtigt wird, sind diese Emissionen in der Bilanz auszuweisen. Der ÖPNV stellt sich mit knapp 90 t Methan pro Jahr als Hauptemittent dar.

Da die bloße Darstellung der Gase entsprechend ihrer Emissionsmengen keine Einordnung hinsichtlich der tatsächlichen Relevanz besitzt, kann über eine Errechnung als CO<sub>2</sub>-Äquivalent die Klimawirksamkeit abgebildet werden. Die Ergebnisse werden in folgender Tabelle dargestellt.

Verkehrsmittel	t CO₂/a	Anteil an Gesamt	t CO <sub>2</sub> /a (Äq CH <sub>4</sub> )	Anteil an Gesamt	t CO <sub>2</sub> /a (Äq N <sub>2</sub> O)	Anteil an Gesamt	t CO₂/a (inkl. Äq)
		(VA)		(VA)		(VA)	Gesamt
Straßenverkehr	684.680	99,1%	1.123	0,2%	4.970	0,7%	690.772
ÖPNV	57.832	95,9%	1.866	3,1%	635	1,1%	60.333
Schienenfernverkehr	9.841	94,5%	450	4,3%	123	1,2%	10.414
Flugverkehr	2.542	100,0%	0,2	0,0%	0	0,0%	2.542
Gesamt	754.895	98,8%	3.440	0,5%	5.727	0,7%	764.062

Tabelle 5-2: Darstellung der klimawirksamen Gase in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten nach Verkehrsmitteln 2008

Die Darstellung in der Tabelle relativiert die absoluten Kennzahlen aus der Schadstoffbilanzierung. Wie deutlich wird, ist die Bedeutung der klimarelevanten Gase des Verkehrssektors gegenüber dem "echten" CO<sub>2</sub>-Ausstoß insgesamt gering. So wird regelmäßig deutlich mehr als 90 % des Gesamtvolumens inkl. der Äquivalente als "echtes" CO<sub>2</sub> emittiert.

Auch wenn Verkehrsmittel mit einem vollständigen oder teilweisen elektrischen Antrieb einen höheren Anteil an Äquivalenten zeigen, so ist der Straßenverkehr jedoch insgesamt der mit Abstand höchste Emittent klimawirksamer Gase.

#### Gesundheitlich relevante Gase

Neben diesen Schadstoffen nimmt der Verkehrssektor auch auf weitere Schutzgüter mittels Emissionen negativ Einfluss. Schwefeloxide (SO<sub>2</sub>/ SO<sub>3</sub>) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>) gelten als Luftschadstoffe, die erheblichem Einfluss auf die Gesundheit von Mensch und Tier nehmen. Weiterhin kann durch die Stoffe, wenn sie gebunden durch Niederschlagswasser als "saurer Regen" auf die Erde nieder gehen, der Boden versauert werden.

Diese Emissionen besitzen jedoch keine gravierende Wirksamkeit im Sinne des Klimaschutzes und werden demnach im vorliegenden Konzept nicht weiter betrachtet. Umfangreiche Maßnahmen zur Reduktion der gesundheitlich wirkenden Emissionen des Verkehrssektors enthält hingegen der im Dezember 2009 in Kraft getretene Luftreinhalteplan der Stadt Leipzig.

die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

#### 6 Zusammenfassung

#### 6.1 Vorbemerkung

Für die Darstellung der Gesamtbilanz der Stadt Leipzig wurden im Sektor Verkehr die Ergebnisse nach Inlandskonzept verwendet. Diese Werte sind geringer als die nach Inländerkonzept ermittelten. Da bisherige Energie- und Emissionsbilanzen der Stadt Leipzig den Verkehr nach Inländerkonzept berücksichtigten, ergibt sich in der vorliegenden Emissionsbilanz des Jahres 2008 ein Sprung in Bezug auf den Trend der bisherigen Ergebnisse. Um diesen Sprung zu quantifizieren, wurde vergleichend die Gesamtemissionsbilanz mit Verkehr nach Inländerkonzept sowie mit Bezug auf die Erdgasverbrauchsdaten des statistischen Jahrbuches 2010 erstellt und in Abschnitt 6.4 gegenübergestellt.

#### 6.2 Gesamtenergiebilanz

Die folgende Tabelle enthält die gesamte Energiebilanz der Stadt Leipzig von 2008. Beim Verkehrssektor bezieht sich die Gesamtenergiebilanz auf das Inlandskonzept. Stromverbräuche der Straßenbahn, des Schienennah- und -fernverkehrs sowie sonstige Kraftstoffenergieverbräuche der Verkehrsmittel sind dabei in einer Spalte zusammengefasst.

	Strom	Fern- / Nahwärme	Erdgas/ Heizöl/ Kohle	Erneuerbare Energien	Fahrstrom/ Kraftstoffe
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Haushalte	590.626	853.316	1.541.869	10.513	
Wirtschaft (Industrie, G/H/D)	1.446.388	381.187	703.202	7.167	
Gemeinbedarf (Stadt, Land, Bund)	92.113	139.969	86.466	132	
Verkehr (Inlandskonzept)					2.381.584
Summe	2.129.126	1.374.472	2.331.537	17.812	2.381.584

Tabelle 6-1: Gesamtenergiebilanz der Stadt Leipzig 2008

#### 6.3 Gesamtemissionsbilanz

Die folgenden zwei Tabellen weisen die gesamten klimarelevanten Emissionen umgerechnet in CO<sub>2</sub>-Äquivalente auf. Betrachtet man die realen Emissionen im Jahr 2008 ergibt sich ein pro Kopf Ausstoß von 5,60 Tonnen. Der klimabereinigte Wert beträgt 5,75 Tonnen.

Der Sektor Verkehr ist mit 27 % (bereinigt 26 %) ein wesentlicher Einflussfaktor. Einen vergleichbaren Anteil haben die Emissionen des Sektors Haushalte. Bei den Energieträgern resultiert der größte Anteil der Emissionen aus der Stromanwendung, wobei 40 % der in Leip-

zig verbrauchten Elektroenergie lokal in Leipzig erzeugt werden. Die Emissionen aus dem Einsatz von Erdgas dominieren gegenüber den Emissionen aus festen und flüssigen Energieträgern.

Tabelle 6-2: Gesamte äquivalente CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 (real)

		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> -
					Äquivalente
Haushalte	t/a	878.605	2.107	18	928.511
Wirtschaft (Industrie, G/H/D)	t/a	1.024.185	1.740	26	1.068.691
Gemeinbedarf	1/0	00.074	100	0	404 246
(Stadt, Land, Bund)	t/a	96.374	199	2	101.216
Verkehr	t/a	754.895	164	18	764.062
Summe	t/a	2.754.059	4.210	65	2.862.481
Emissionen je Einwohner	t/EW	5,39	0,01	0,00	5,60

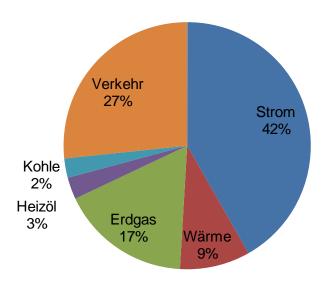


Bild 6-1: Prozentuale Verteilung der gesamten äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 (real)

Tabelle 6-3: Gesamte äquivalente CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 (bereinigt)

		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO₂- Äquivalente
Haushalte	t/a	926.183	2.250	19	979.352
Wirtschaft (Industrie, G/H/D)	t/a	1.043.651	1.815	26	1.089.806
Gemeinbedarf (Stadt, Land, Bund)	t/a	100.227	211	2	105.338
Verkehr	t/a	754.895	164	18	764.062
Summe	t/a	2.824.955	4.440	66	2.938.557
Emissionen je Einwohner	t/E W	5,53	0,01	0,00	5,75

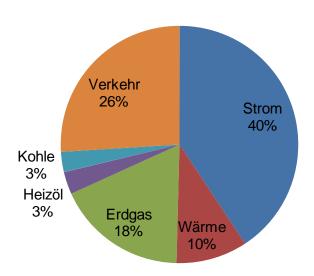


Bild 6-2: Prozentuale Verteilung der gesamten äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen 2008 (bereinigt)

Die gesamten äquivalenten CO<sub>2</sub>-Emissionen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) sind um 4 % höher als die reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

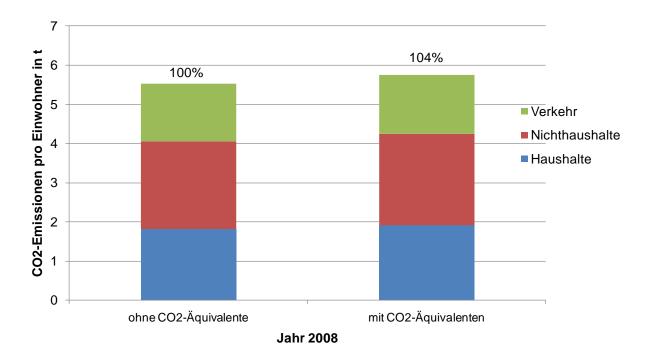


Bild 6-3: Gesamte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Leipzig in Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf im Jahr 2008 mit und ohne äquivalente Emissionen (bereinigt)

#### 6.4 Entwicklung der Emissionen

Die Entwicklung der Emissionen seit 1990 wird mit Bezug auf die Angaben im Statistischen Jahrbuch 2010 [StJB 2010] und das Energiekonzept der Stadt Leipzig von 1996 [WIGE 1996] dargestellt.

Tabelle 6-4: Entwicklung der gesamten jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen in Leipzig 1990 bis 2008 in Tonnen CO<sub>2</sub> pro Kopf (bereinigt, ohne CO<sub>2</sub>-Äquivalente)

	1990	1994	1998	2005	2008
Haushalte	4,794		2,317	1,833	1,812
Nichthaushalte	4,828		2,658	2,524	2,238
Verkehr	1,693		2,030	1,793	1,477
Gesamt	11,315	9,367	7,005	6,150	5,528
Relativ	100%	83%	62%	54%	49%

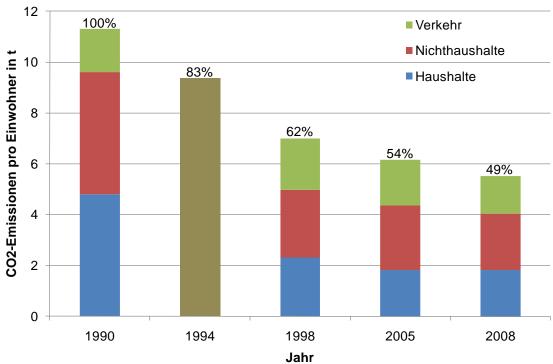


Bild 6-4: Entwicklung der jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von 1990 bis 2008 (ohne CO<sub>2</sub>-Äquivalente, klimabereinigt, variierende Methodiken)

Der in Bild 6-5 dargestellte methodische Vergleich verdeutlicht, dass die Veränderung der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 2005 stark von der gewählten Methodik und den verwendeten Datenquellen beeinflusst wird. Einen realistischen Vergleich zu den Ergebnissen des Jahres 2005 stellt aus methodischer Sicht die rechte Säule in Bild 6-5 dar. Daran ist zu erkennen, dass nur eine geringfügige Senkung der Gesamtemissionen zu verzeichnen ist. Dabei wurde der Verkehr wie 2005 nach Inländerkonzept bewertet und der Erdgasgesamtverbrauch dem statistischen Jahrbuch 2010 entnommen. Dieser Erdgasverbrauch weicht von den durch KEMA-IEV detailliert recherchierten Absatzwerten der Gasnetzbetreiber ab. Aus den in

den Abschnitten 2.1.5 und 3.1.3 genannten Gründen wurde die Methodik von 2005 trotzdem nicht übernommen.

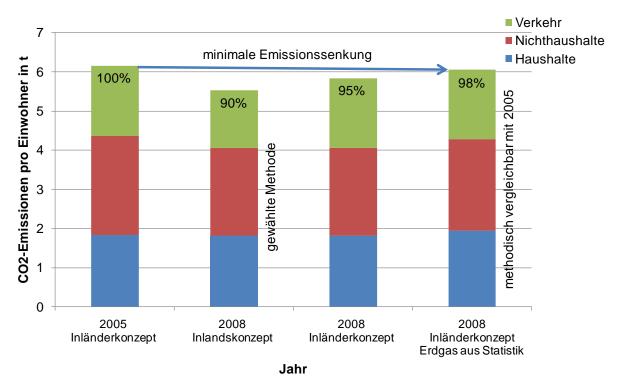


Bild 6-5: Vergleich der Ergebnisse für die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Jahres 2008 in Bezug auf die Methodik und Ergebnisse des Jahres 2005 (ohne CO<sub>2</sub>-Äquivalente, klimabereinigt)

# Literaturverzeichnis

[BA 20109]	Biomasseatlas, <a href="http://www.biomasseatlas.de">http://www.biomasseatlas.de</a> , Abfrage am 3.11.2010
[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
[BET 2005]	Otto, F./ Metelmann, C. (BET Leipzig): Ermittlung der CO <sub>2</sub> -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 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: <a href="http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energie-in-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf">http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energie-in-deutschland,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf</a> ; 21.06.2010
[BYPAD 2009]	Stadt Leipzig (Hrsg.) (2009): Schlussbericht BYPAD-Audit der Radverkehrspolitik der Stadt Leipzig
[DIN V 18599-	1] Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primär- energiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger; 2007
[Ditt 1998]	Dittmann / Zschernig [Hrsg]: Energiewirtschaft. B.G. Teubner, Stuttgart 1998.
[DUOS 2005]	Stadt Leipzig, Dezernat Umwelt, Ordnung, Sport (2005): Klimaschutzprogramm der Stadt Leipzig; Online:
	http://notes.leipzig.de/appl/laura/wp4/kais02.nsf/%28WebSearch%29/81B0BD862C9 1FEA8C1256FB200493CA1?opendocument; 06.08.2010
[EEA 2010a]	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: <a href="http://www.european-energy-">http://www.european-energy-</a>
	award.de/media/usermedia/files/Merkblatt_EEA_Klimaschutzkonzepte/Abstimmung_

EEA\_und\_Klimaschutzkonzepte.pdf; 21.06.2010

Seite 58 Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für

die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

- [EEA 2010b] 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
- [EFA 2005] Stadtwerke Leipzig: Energieflussanalyse für die Stadt Leipzig, Leipzig 2005
- [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
- [FrSa 2008] Freistaat Sachsen: Aktionsplan Klima und Energie 2008; Online: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Aktionsplan\_Klima\_und\_Energie\_08 0603.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
- [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
- [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
- [KIBÜ 2009] Klima Bündnis (2009): Klimaschutz; Online: http://klimabuendnis.org/climate-protection0.html?&L=1#c1856; 21.06.2010
- [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

Seite 59

Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

- [LAfU 2007] Stadt Leipzig, Amt für Umweltschutz (2007): Umweltbericht 2007; Online: http://www.leipzig.de/imperia/md/content/36\_amt\_fuer\_umweltschutz/UB2007\_intern et\_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
- [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
- [LfULG 2008] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Jahresbericht zur Immissionssituation 2008, Online:

  <a href="http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub\_id=4240;">http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/jsp/inhalt.jsp?seite=detail&pub\_id=4240;</a>
  10.11.2010
- [LfULG 2010] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie: Informationen zu Emissionen im Stadtgebiet Leipzig 2008, Email von Frau Schreiber, 18.11.2010
- [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
  A6InNob3dEZXRhaWwiO3M6NjoiZW50aXR5IjtzOjQ6IjEwNDQiO3M6NzoicXVhcnRI
  cil7czoxOilyIjtzOjQ6InIIYXIiO3M6NDoiMjAxMCI7fQ%3D%3D
- [NETZ 2010] LVB (Hrsg.): Netz 2010 Einfach mehr Bus; Online: http://www.lvb.de/file/download/236105ff8257f2291a62b3000a613a6a.pdf/f/dl, 07.09.2010
- [NVP 2007] Stadt Leipzig (Hrsg.) (2007): Nahverkehrsplan der Stadt Leipzig erste Fortschreibung
- [RE 1997] Elsässer, Ralf (1997): Gutes Klima für gutes Klima schaffen- Maßnahmenkonzept zur Weiterentwicklung der Energieberatung in Leipzig
- [SA 2010] Solaratlas, <a href="http://www.solaratlas.de">http://www.solaratlas.de</a>, Abfragen am 28. Und 29.10.2010
- [SEK-VÖ 2004]Stadt Leipzig, Dezernat Stadtentwicklung und Bau (Hrsg.) (2004): Stadtentwicklung und Bau (Hrsg.) (2004):
- [SEKo 2009] Stadt Leipzig (2009): Stadtentwicklungskonzept Leipzig; Online:

  http://www.leipzig.de/imperia/md/content/61\_stadtplanungsamt/SEKo\_Leipzig\_Kurzfa
  ssung\_ohne\_Karten.pdf; 21.06.2010
- [SrV 2010] Stadt Leipzig, Verkehrs- und Tiefbauamt (Hrsg.) (2010): Verkehrserhebung "Mobilität in Städten SrV 2008", Dokumentation zum Mobilitätsverhalten der Bevölkerung für die Stadt Leipzig.
- [StatLA 2009] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen: Statistischer Bericht Auswertung aus dem sächsischen Unternehmensregister, 30. September 2009, Kamenz, 2010
- [StJB 2009] Stadt Leipzig (2009): Amt für Statistik und Wahlen, Statistisches Jahrbuch 2009
- [StJB 2010] Stadt Leipzig (2010): Amt für Statistik und Wahlen, Statistisches Jahrbuch 2010

KEMA	
IEV - Ingenieurunternehmen	Integriertes Energie- und
für Energieversorgung GmbH	die Stadt Leipzig, Phase 2
	vom 24. Januar 2011

[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
[SWL]	Stadtwerke Leipzig GmbH: Daten und Fakten 2006 bis 2008.
[TGM 2008]	Stadt Leipzig (2008): Dezernat Stadtentwicklung und Bau, Hochbauamt: Technisches Gebäudemanagement, Bericht über das Jahr 2008
[UBA 2010]	Online: http://www.umweltbundesamt-daten-zur-
	umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeldent=2842); 30.08.2010
[UDB]	Umweltdatenbank: <a href="http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/emission.htm">http://www.umweltdatenbank.de/lexikon/emission.htm</a> , Abfrage am 8.11.2010
[VDI 3807]	Verein Deutscher Ingenieure: Energieverbrauchskennwerte für Gebäude - Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte. VDI 3807 Blatt 2, Düsseldorf 1998
[VDV 2010]	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (Hrsg.) (in "Der Nahverkehr" 3/2010): Leipziger Verkehrsbetriebe planen neues Busliniennetz,
[WIGE 1996]	Wuppertaler Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, GEUmbH (1996): Entwicklung des Energiebedarfes und der CO <sub>2</sub> -Emission in der Stadt Leipzig bis zum Jahr 2010 (Aktionsszenario, Trendszenario, Anhang)
[ZsKl 2009]	Ziel sächsischer Klimaschutzpolitik 2009; Online:
	http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/klima/18591.htm, 21.06.2010

Seite 60

und Klimaschutzkonzept für

die Štadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

# **Anlagenverzeichnis**

Anlage 1	Energieflussanalyse	(ohne	Verkehr)

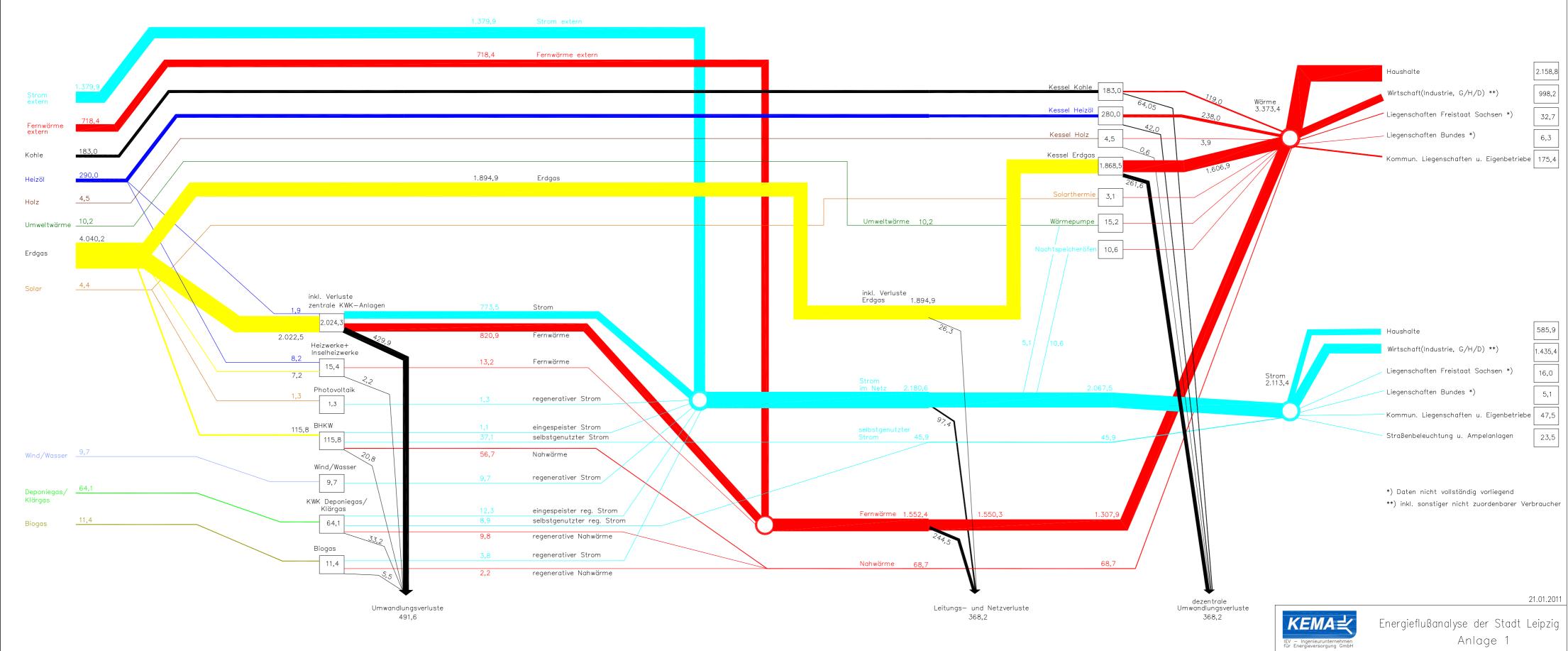
- Anlage 2 Wärmeatlas (grafisch)
- Anlage 3 Wärmeatlas (tabellarisch)
- Anlage 4 Stromatlas (grafisch)
- Anlage 5 Stromatlas (tabellarisch)
- Anlage 6 Berechnungen des Verkehrssektors nach Inländerkonzept
- **Anlage 7** Energieflussanalyse (Verkehr)
- Anlage 8 Berechnungen des Verkehrssektors nach Inlandskonzept

KEMA IEV - Ingenieurunternehmen für Energieversorgung GmbH Seite 62 Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

#### 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 in GWh/a 2008 (ohne Verkehr) (Gebietsstand 1.1.2001) zentrale Energiewandlung (GWh) Endenergie (GWh) dezentrale Energiewandlung (GWh) Nutzenergie (GWh) 5.855,1 (Wärmebereitstellung) 5.486,8 Fernwärme extern 998,2 Wirtschaft(Industrie, G/H/D) \*\*) Wärme 3.373,4 32,7 6,3 Liegenschaften Freistaat Sachsen \*) Kessel Holz Liegenschaften Bundes \*) Kessel Erdgas Kommun. Liegenschaften u. Eigenbetriebe 175,4 1.868,5 1.894,9 Erdgas Wärmepumpe 15,2 10,6 inkl. Verluste Erdgas 1.894,9 Haushalte 1.435,4 Wirtschaft(Industrie, G/H/D) \*\*) 13,2 Fernwärme 16,0 Liegenschaften Freistaat Sachsen \*) Strom 2.113,4 Liegenschaften Bundes \*) regenerativer Strom Kommun. Liegenschaften u. Eigenbetriebe | 47,5 |



Energieaufkommen (GWh)

6.715,9

#### (2.3)(1.5)Plaußig-Portitz Lindenthal Wiederitzsch (1.4) Lützschena-Stahmeln (0.5) Mockau-Nord (1.4)Thekla Gohlis-Nord (0.4)(0.1)(1.7)Mockau-Möckern (0.4) Wahren Süd Gohlis-Mitte (0.2)Böhlitz-Schönefeld-Ehrenberg (0.3) Heiterblick (0.3)Gohlis-Süd (0.2) Schönefeld-(0.2)Zentrum Abtnaundorf Nord (0.3) Paunsdorf (11.0) Zentrum (0.3)Leutzsch (0.2) (0.3)Burghausen-Rückmarsdorf olkmarsdorf Sellerhausen (0.3)(1.7)(1.9) Engelsdorf Altlindenau (0.1)Neulindenau Anger-Crottendorf Lindenau (0.1) (0.3)(0.3)(0.3) Schönau (0.4) Zentrum Süd (1.7) Mölkau (0.3)(2.1) Plagwitz (5.0)(0.3) Grünau Althen-Kleinpösna Schleußig Baalsdorf Stötteritz (0.6)Zentrum Südost (0.4)Südvorstadt Grünau-(0.4)(0.6)Grünau-Siedlung (0.5)(0.5) Lausen-Marienbrunn (0.4) Connewitz (1.7) Holzhausen Probstheida (0.7) (1.1)(0.3) Lößnig Großzschocher (0.7)(0.3) Dölitz-Dösen Meusdorf Liebertwolkwitz (1.1) Knautkleeberg-Knauthain (1.5)(4.1) Hartmannsdorf

# Stadt Leipzig Wärmeatlas für das Jahr 2008

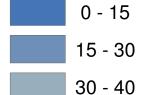
Dargestellt ist der klimabereinigte absolute Gesamtwärmebedarf für alle Sektoren je Ortsteil, bezogen auf das Jahr 2008.

Die Zahlen in Klammern beziffern den Anteil der erneuerbaren Energien in Prozent daran.

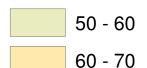
# Legende

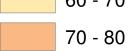
Stadtgrenze

# Wärmebedarf je Ortsteil in GWh/a











Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

Anlage 3 Wärmeatlas (tabellarisch)

Klimabereinigter absoluter Gesamtwärmebedarf für alle Sektoren je Ortsteil, bezogen auf das Jahr 2008. Der Anteil der erneuerbaren Energien (in Prozent) am Gesamtwärmebedarf ist in der letzten Spalte dargestellt.

OT- Nr.	Ortsteil	Einwohner	Fläche (in km²)	Bevölkerungs- dichte (Ew/km²)	Gesamtwärmededarf klimabereinigt (in GWh/a)	Anteil EE (in %) am Gesamtwärmebedarf
0	Zentrum	1.863	0,8	2.266	31,4	0,01
1	Zentrum-Ost	3.409	1,7	2.066	51,8	0,03
2	Zentrum-Südost	11.045	3	3.703	158,6	0,03
3	Zentrum-Süd	10.797	1,7	6.503	94,7	0,37
4	Zentrum-West	9.296	1,5	6.234	162,3	0,01
5	Zentrum-Nordwest	9.323	3,9	2.372	85,5	10,95
6	Zentrum-Nord	7.381	1,3	5.555	59,5	0,16
10	Schönefeld-Abtnaundorf	9.580	2,9	3.360	72,4	0,22
11	Schönefeld-Ost	9.378	3,3	2.865	65,2	0,23
12	Mockau-Süd	3.883	1,2	3.194	55,6	0,21
13	Mockau-Nord	10.260	4,6	2.220	49,5	0,48
14	Thekla	5.543	7	797	37,4	1,37
15	Plaußig-Portitz	2.698	7,8	347	111,1	0,08
20	Neustadt-Neuschönefeld	9.229	0,8	10.898	54,1	0,28
21	Volkmarsdorf	7.911	1,1	7.269	46,4	0,28
22	Anger-Crottendorf	9.453	1,9	5.090	56,1	0,30
23	Sellerhausen-Stünz	7.667	3,3	2.344	48,7	0,29
24	Paunsdorf	14.132	3,7	3.842	80,5	0,30
25	Heiterblick	4.034	3,7	1.077	32,3	0,28
26	Mölkau	6.093	5,3	1.156	32,3	1,74
27	Engelsdorf	8.180	7,8	1.051	44,3	1,90
28	Baalsdorf	1.637	3,9	420	9,5	4,97
29	Althen-Kleinpösna	2.146	9,3	230	10,0	2,14
30	Reudnitz-Thonberg	17.559	2,1	8.208	129,0	0,31
31	Stötteritz	14.361	3,6	3.967	82,2	0,43
32	Probstheida	5.898	4,8	1.218	49,5	0,71
33	Meusdorf	3.538	1,9	1.818	29,5	0,71
34	Liebertwolkwitz	5.183	9,3	560	29,4	1,49
35	Holzhausen	6.221	12,9	484	34,8	1,70
40	Südvorstadt	22.419	2,6	8.778	134,8	0,59
41	Connewitz	16.937	7,3	2.334	105,1	0,42
42	Marienbrunn	5.813	1,3	4.389	32,2	0,46
43	Lößnig	10.871	1,7	6.357	60,4	0,31
44	Dölitz-Dösen	3.950	4,2	943	22,4	
50	Schleußig	11.829	2,1	5.662	77,8	0,26
51	Plagwitz	11.950	1,6	7.353	76,6	0,26
52	Kleinzschocher	8.442	3,1	2.696	63,8	0,40
53	Großzschocher	8.946	15,5	577	62,2	1,14
54	Knautkleeberg-Knauthain	5.321	8,4	637	36,2	1,14
55	Hartmannsdorf-Knautnaundorf	1.249	15,9	78	5,4	4,12

OT- Nr.	Ortsteil	Einwohner	Fläche (in km²)	Bevölkerungs- dichte (Ew/km²)	Gesamtwärmededarf klimabereinigt (in GWh/a)	Anteil EE (in %) am Gesamtwärmebedarf
60	Schönau	4.803	3,1	1.565	29,8	0,34
61	Grünau-Ost	7.799	1,1	7.126	44,9	0,00
62	Grünau-Mitte	12.171	1,2	9.959	70,6	0,00
63	Grünau-Siedlung	3.931	1,6	2.476	51,8	0,63
64	Lausen-Grünau	12.020	3,7	3.221	18,6	0,52
65	Grünau-Nord	8.175	1	8.531	50,5	0,34
66	Miltitz	1.991	3	659	10,2	0,48
70	Lindenau	5.666	1	5.622	35,5	0,12
71	Altlindenau	12.586	2,4	5.354	76,8	0,12
72	Neulindenau	5.486	2,5	2.216	43,2	0,31
73	Leutzsch	8.606	4,5	1.901	67,4	0,31
74	Böhlitz-Ehrenberg	9.885	8,6	1.145	54,9	2,58
75	Burghausen-Rückmarsdorf	4.735	7,1	667	30,6	1,68
80	Möckern	12.502	4,8	2.623	76,0	0,44
81	Wahren	5.946	4,6	1.288	36,7	0,44
82	Lützschena-Stahmeln	4.089	16,9	242	27,7	1,36
83	Lindenthal	5.885	12,8	459	35,4	1,52
90	Gohlis-Süd	15.668	2	7.912	100,6	0,29
91	Gohlis-Mitte	14.003	1,3	10.826	73,8	0,11
92	Gohlis-Nord	8.029	2,1	3.879	42,4	0,11
93	Eutritzsch	11.239	4,5	2.498	128,1	1,74
94	Seehausen	2.159	18,4	118	14,0	5,27
95	Wiederitzsch	8.246	9,8	843	44,9	2,32

# Plaußig-Portitz Wiederitzsch Lindenthal Lützschena-Mockau-Nord Thekla Gohlis-Nord Mockau-Möckern Gohlis-Mitte Eutritzsch Böhlitz-Schönefeld-Heiterblick Gohlis-Süd Schönefeld-Zentrum Leutzsch Zentrum-Nordwest Zentrum Ost < Burghausen-Rückmarsdor Volkmarsdor<mark>f Sellerhause</mark> Altlindenau Engelsdorf Neulindenau Lindena Reudnitz-Thonberg Zentrum-Mölkau Plagwitz Althen-Kleinpösna Grünau-Ost Schleußig Grünau-Nord Stötteritz Südvorstadt Grünau-Mitte Kleinzschocher Grünau-Siedlung Connewitz Probstheida Holzhausen Lößnig Großzschocher Meusdorf Liebertwolkwitz Knautkleeberg-Hartmannsdorf-

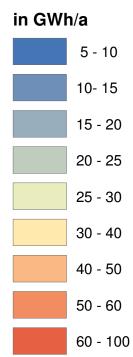
# Stadt Leipzig Stromatlas für das Jahr 2008

Dargestellt sind die absoluten Strombedarfswerte für alle Sektoren je Ortsteil, bezogen auf das Jahr 2008.

# Legende



# Strombedarf je Ortsteil



Maßstab 1:85000

100 - 150



die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

Anlage 5 Stromatlas (tabellarisch)

Absolute Strombedarfswerte für alle Sektoren gegliedert nach Ortsteil für das Jahr 2008.

OT- Nr.	Ortsteil	Einwohner	Fläche (in km²)	Bevölkerungsdichte (Ew/km²)	Strombedarf (in GWh/a)
0	Zentrum	1.863	0,8	2.266	28,9
1	Zentrum-Ost	3.409	1,7	2.066	31,8
2	Zentrum-Südost	11.045	3	3.703	97,3
3	Zentrum-Süd	10.797	1,7	6.503	44,9
4	Zentrum-West	9.296	1,5	6.234	149,3
5	Zentrum-Nordwest	9.323	3,9	2.372	49,1
6	Zentrum-Nord	7.381	1,3	5.555	31,4
10	Schönefeld-Abtnaundorf	9.580	2,9	3.360	50,5
11	Schönefeld-Ost	9.378	3,3	2.865	47,4
12	Mockau-Süd	3.883	1,2	3.194	27,0
13	Mockau-Nord	10.260	4,6	2.220	17,5
14	Thekla	5.543	7	797	14,5
15	Plaußig-Portitz	2.698	7,8	347	115,9
20	Neustadt-Neuschönefeld	9.229	0,8	10.898	27,4
21	Volkmarsdorf	7.911	1,1	7.269	23,5
22	Anger-Crottendorf	9.453	1,9	5.090	23,4
23	Sellerhausen-Stünz	7.667	3,3	2.344	25,4
24	Paunsdorf	14.132	3,7	3.842	53,3
25	Heiterblick	4.034	3,7	1.077	22,8
26	Mölkau	6.093	5,3	1.156	21,9
27	Engelsdorf	8.180	7,8	1.051	26,0
28	Baalsdorf	1.637	3,9	420	5,1
29	Althen-Kleinpösna	2.146	9,3	230	6,7
30	Reudnitz-Thonberg	17.559	2,1	8.208	89,1
31	Stötteritz	14.361	3,6	3.967	35,6
32	Probstheida	5.898	4,8	1.218	16,6
33	Meusdorf	3.538	1,9	1.818	9,9
34	Liebertwolkwitz	5.183	9,3	560	20,2
35	Holzhausen	6.221	12,9	484	19,6
40	Südvorstadt	22.419	2,6	8.778	47,8
41	Connewitz	16.937	7,3	2.334	38,8
42	Marienbrunn	5.813	1,3	4.389	12,9
43	Lößnig	10.871	1,7	6.357	21,7
44	Dölitz-Dösen	3.950	4,2	943	8,0
50	Schleußig	11.829	2,1	5.662	27,4
51	Plagwitz	11.950	1,6	7.353	26,9
52	Kleinzschocher	8.442	3,1	2.696	22,2
53	Großzschocher	8.946	15,5	577	72,8
54	Knautkleeberg-Knauthain	5.321	8,4	637	42,3
55	Hartmannsdorf-Knautnaundorf	1.249	15,9	78	43,7

Anlage 5 Integriertes Energie- und Klimaschutzkonzept für die Stadt Leipzig, Phase 2 vom 24. Januar 2011

OT- Nr.	Ortsteil	Einwohner	Fläche (in km²)	Bevölkerungsdichte (Ew/km²)	Strombedarf (in GWh/a)
60	Schönau	4.803	3,1	1.565	8,8
61	Grünau-Ost	7.799	1,1	7.126	17,4
62	Grünau-Mitte	12.171	1,2	9.959	27,4
63	Grünau-Siedlung	3.931	1,6	2.476	19,0
64	Lausen-Grünau	12.020	3,7	3.221	7,0
65	Grünau-Nord	8.175	1	8.531	14,9
66	Miltitz	1.991	3	659	7,0
70	Lindenau	5.666	1	5.622	11,1
71	Altlindenau	12.586	2,4	5.354	23,9
72	Neulindenau	5.486	2,5	2.216	21,8
73	Leutzsch	8.606	4,5	1.901	33,9
74	Böhlitz-Ehrenberg	9.885	8,6	1.145	44,7
75	Burghausen-Rückmarsdorf	4.735	7,1	667	148,2
80	Möckern	12.502	4,8	2.623	29,1
81	Wahren	5.946	4,6	1.288	14,1
82	Lützschena-Stahmeln	4.089	16,9	242	52,8
83	Lindenthal	5.885	12,8	459	13,6
90	Gohlis-Süd	15.668	2	7.912	28,9
91	Gohlis-Mitte	14.003	1,3	10.826	19,7
92	Gohlis-Nord	8.029	2,1	3.879	11,3
93	Eutritzsch	11.239	4,5	2.498	60,3
94	Seehausen	2.159	18,4	118	
95	Wiederitzsch	8.246	9,8	843	22,3

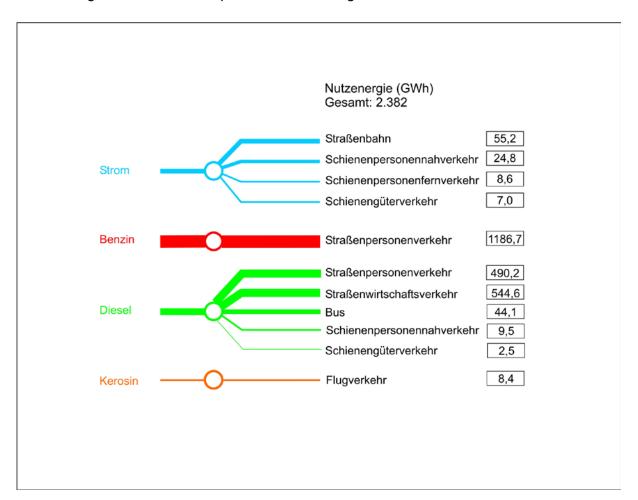
Anlage 6 Berechnungen des Verkehrssektors nach Inländerkonzept (nur Einwohner Leipzigs)

	Energieverbrauch Emissionen	Emissionen
	GWh/a	t CO2/a
Straßenverkehr		
Straßenpersonenverkehr	1.760,6	549.361,2
Straßenwirtschaftsverkehr	640,6	195.100,8
sonstiger Kfz-Straßenverkehr	39,8	12.108,2
NAO		
Straßenbahn	12,9	8.001,7
Bus	55,7	15.066,4
Schienenpersonennahverkehr	47,2	22.712,7
Schienenfernverkehr		
Schienenpersonenfernverkehr	16,6	10.319,8
Schienengüterverkehr	31,5	16.265,8
Flugverkehr		
Flugpersonenverkehr	136,6	41.091,3
Flugfrachtverkehr	141,9	37.600,5
Summe	2.883,3	907.628,4

vom 24. Januar 2011

Anlage 7 Energieflussanalyse (Verkehr)

Berechnung nach Inlandskonzept, ohne Nebenanlagen des Verkehrs



Anlage 8 Berechnungen des Verkehrssektors nach Inlandskonzept (nur Gebiet von Leipzig)

	GWh/a	t CO2/a	t CO/a	t CH4/a	t NOx/a	t SO2/a	t Staub/a	t N2O/a
Straßenverkehr								
Straßenpersonenverkehr	1.676,9	519.898,8	5.365,2	51,0	1.168,7	2,6	45,0	12,5
Straßenwirtschaftsverkehr	544,6	164.781,0	479,1	2,5	1.304,1	8′0	40,9	3,5
NAO								
Straßenbahn	55,2	26.501,8	18,0	40,7	33,4	19,1	2,1	1,3
Bus	44,1	13.353,3	22,8	0,1	120,5	0,1	2,1	0,0
Schienenpersonenvnaherkehr	34,3	17.977,4	7,2	48,1	48,8	10,1	8′0	0,7
Schienenfernverkehr								
Schienenpersonenfernverkehr	8,6	5.059,7	1,1	16,2	4,7	3,0	0,3	0,2
Schienengüterverkehr	9,5	4.781,5	3,3	5,3	13,4	2,8	0,3	0,2
Flugverkehr								
Flugverkehr (Starts u. Landungen bis 915m Höhe)	8,4	2.541,7	4,3	0,0	10,4	0,8	0,0	k.A.
							,	
Summe	2.381,6	2.381,6 754.895,1	5.900,9	163,8	2.703,9	39,4	91,5	18,5