

Stabile Region - Modellstadt Leipzig

Leipzig ist mit ca. 510.000 Einwohnern die zweitgrößte Stadt der neuen Bundesländer und eines von sechs Oberzentren des Freistaates Sachsens. Gemeinsam mit Dresden und Chemnitz-Zwickau bildet der Ballungsraum Halle/Leipzig die Europäische Metropolregion Sachsendreieck. Die Stadt ist eines der wichtigsten Wirtschaftszentren im Osten der Bundesrepublik Deutschland. Die Arbeitslosenquote ist mit 15,9 % (April/2008) im Vergleich zu anderen ostdeutschen Städten relativ hoch und zeigt die schwerwiegenden Probleme, die die Stadt Leipzig im Strukturwandel zu meistern hat.

Die mittlere jährliche Globalstrahlung liegt nach den Angaben des Deutschen Wetterdienstes im mittleren Bereich um 1.100 kWh pro m² und Jahr. Durch die Stadt fließt die Weiße Elster, in die im Stadtgebiet die Pleiße und Parthe münden und aus der die Luppe entspringt. Die mittleren Windgeschwindigkeiten sind gering. Es gibt kaum oder nur geringe hydrothermale Ressourcen (GFZ 2008), über die Eignung des Stadtgebietes zur Nutzung der tiefen Geothermie liegen nur wenige Erkenntnisse vor.

Der Untergrund der Stadt Leipzig und ihrer Umgebung zeichnet sich durch große Braunkohlevorkommen in geringer Tiefe aus, die seit den 1930er Jahren ausgebeutet wurden. Die Region ist durch Tagebaulöcher geprägt, die seit 1990 rekultiviert, zum Teil geflutet und zu großen Naherholungsgebieten ausgebaut werden.

Stadtraumtypen

Karte 4.37 zeigt die Einteilung des Stadtgebietes von Leipzig in Stadtraumtypen. In Tabelle 4.53 sind die entsprechenden Flächen aufgelistet. Insbesondere fallen

Abbildung 4.11
Luftbild von Leipzig



Quelle: Google Earth, 2009



Foto: Gunnar Richter 2008

Das Rathaus von Leipzig

der hohe Anteil an innerstädtischen Baublöcken der Gründer- und Vorkriegszeit (SRT II), die großen Einfamilienhausgebiete (SRT IX) und Gewerbegebiete (SRT X) ins Auge. Der Anteil land- und forstwirtschaftlich geprägter Stadträume (SRT XII und XIII) ist mit etwa 53 % deutlich ausgeprägt.

Energiebedarf

Für Leipzig wurde ein Wärmebedarf von 3.208 GWh pro Jahr ermittelt. Der Strombedarf beträgt 1.005 GWh pro Jahr ohne den Einsatz von Wärmepumpen und erhöht sich entsprechend, wenn Wärmepumpen eingesetzt werden.

Szenarien

Für Leipzig wurden Gesamtpotenziale erneuerbarer Energien basierend auf den sieben Szenarien ermittelt. Im Folgenden werden die Szenarien VI und VII ausführlich dargestellt. Die Ergebnisse für alle Szenarien sind in den Tabellen 4.57, 4.58 und 4.59 dargestellt.

Tabelle 4.52
Basisdaten von Leipzig

Bundesland	Sachsen
Landkreis	kreisfrei
Fläche	29.736 ha ¹
Einwohner	510.567 ¹
Bevölkerungsdichte	17,17 Einwohner pro Hektar ²
Höhe über NN	113 m ü. NN
Bevölkerungsentwicklung 1999-2007	+0,41 % pro Jahr
Arbeitslosenquote	15,9 % ³
Kategorie	Stabile Region

¹ Stand 31.12.2007; ² 1.717 Einwohner pro km²; ³ Stand April 2008

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 4.53
 Stadtraumtypen und Flächenanteile in Leipzig

Nutzung	SRT		Gesamtfläche in ha ¹
Mischnutzung	I	Altstadt	8
	II	Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	1.194
	III	Wiederaufbau-Ensembles der 50er-Jahre	4
	IV	Dörfliche und kleinteilige Strukturen	749
Wohnen	V	Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	408
	VI	Siedlungen des Sozialen Wohnungsbaus der 50er-Jahre	52
	VII	Hochhauswohnsiedlungen der 70er-Jahre & Plattenbausiedlungen in den neuen Bundesländern	514
	VIII	Geschosswohnungsbau seit den 60er-Jahren	404
	IX	Einfamilienhausgebiete	2.871
Gewerbe/Industrie	X	Gewerbe- und Industriegebiete	2.902
Zweckbauten	XI	Zweckbau-Komplexe und öffentliche Einrichtungen	962
Park-/Grünanlagen	XII	Parkanlagen, Grünanlagen, Stadtwald, Kleingärten, Friedhöfe	8.669
Landwirtschaft / Gartenbau	XIII	Landwirtschaftliche und Gartenbauliche Nutzflächen	8.418
Restflächen	XIV	Verkehrsflächen, Deponien, Wasserflächen	2.685
Summe			29.840

¹ Flächenberechnung aus dem GIS (gerundet)

Quelle: eigene Darstellung

Karte 4.37

Einteilung des Stadtgebiets von Leipzig in Stadtraumtypen



Stadtraumtyp

I	VI	XI
II	VII	XII
III	VIII	XIII
IV	IX	XIV
V	X	

Szenario VI „Flexibel“

Die Karten 4.38 und 4.39 zeigen den Deckungsgrad für Wärme und Strom nach Szenario VI „Flexibel“, das nur diffuse Optionen der Energieerzeugung berücksichtigt und in dem der Anteil von Photovoltaik zu Solarthermie

auf den Stadtraum abgestimmt ist (Tab. 4.54). In diesem für die diffuse Energieerzeugung optimierten Szenario werden ein thermischer Autarkiegrad von 92 % und ein elektrischer Autarkiegrad von 67 % erreicht (4.55).

Tabelle 4.54
Diffuse Energieoptionen für das Stadtgebiet Leipzig in Szenario VI

Option der Energieerzeugung	Wärme			Strom		
	Ertrag GWh/a	Anteil %	Deckungsgrad %	Ertrag GWh/a	Anteil %	Deckungsgrad %
diffus						
Solarthermie	1299	44	40	–	–	–
Photovoltaik	–	–	–	947	100	67
Erdwärmesonden	1083	37	34	–	–	–
Abwasserwärme	240	8	8	–	–	–
Umgebungs-wärme	328	11	10	–	–	–
Gesamt	2950	100	92	947	100	67

Quelle: eigene Darstellung

Karte 4.38

Wärmebereitstellung nach Szenario VI "Flexibel" in Leipzig

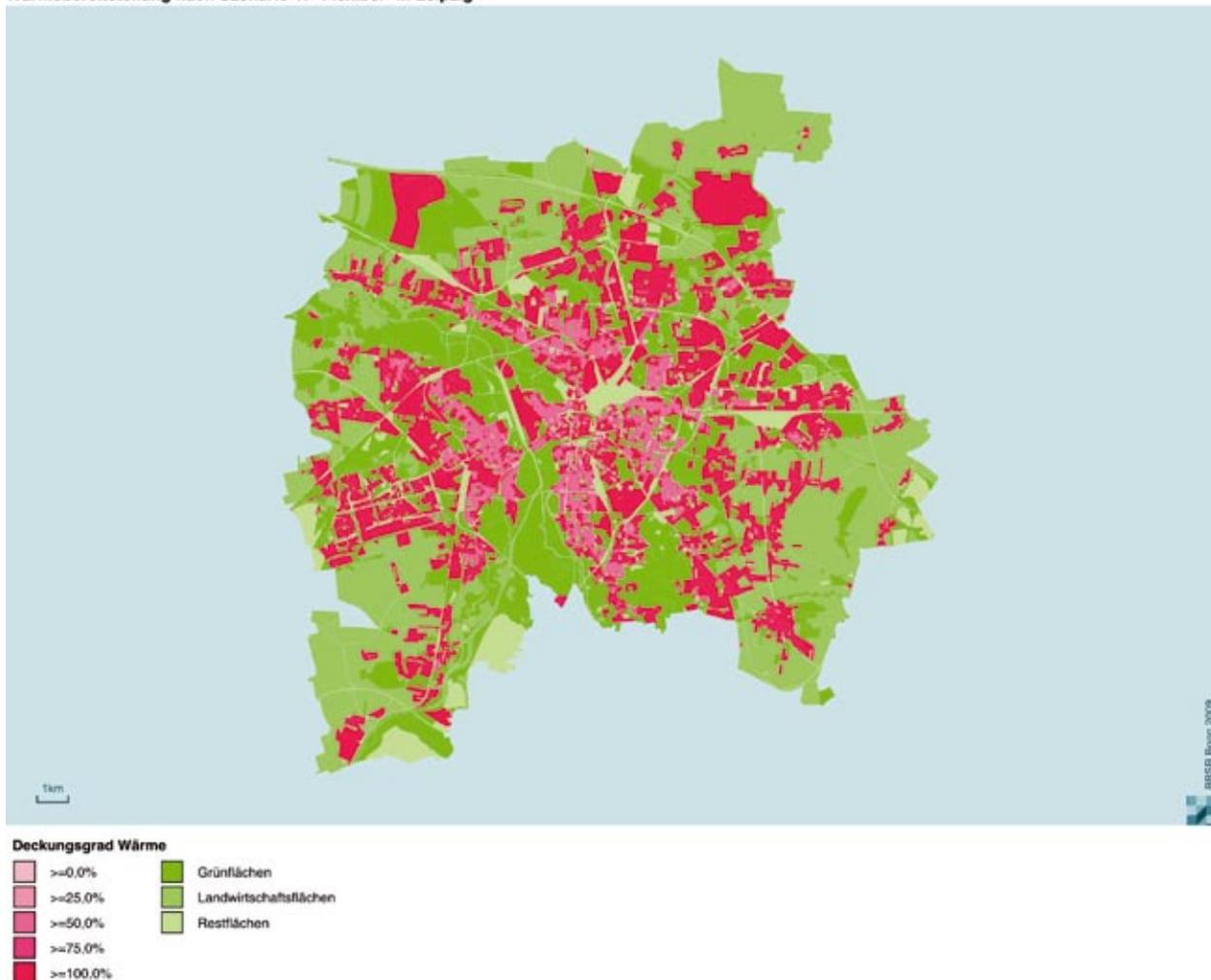


Tabelle 4.55
Diffuse Energieerträge für das Stadtgebiet Leipzig differenziert nach Stadtraumtypen in Szenario VI

SRT	Fläche	Wärme			Strom			
	ha	Bedarf GWh/a	Ertrag GWh/a	Deckungsgrad %	Bedarf GWh/a	Bedarf WP GWh/a	Ertrag GWh/a	Deckungsgrad %
I	8	9	5	56	1	0	0	0
II	1.194	1.024	642	63	306	71	0	0
III	4	5	4	76	1	0	0	0
IV	749	111	112	101	29	26	24	43
V	408	175	121	69	52	19	0	0
VI	52	11	12	104	3	3	5	80
VII	514	244	266	109	86	25	47	43
VIII	404	128	136	106	41	18	23	39
IX	2.871	410	512	125	123	128	108	43
X	2.902	749	783	105	272	92	673	185
XI	962	342	357	104	91	31	67	55
XII	8.669	0	0	0	0	0	0	0
XIII	8.418	0	0	0	0	0	0	0
XIV	2.685	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	29.840	3.208	2.950	92	1.005	413	947	67

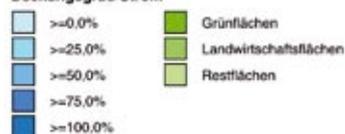
Quelle: eigene Darstellung

Karte 4.39

Stromerzeugung nach Szenario VI "Flexibel" in Leipzig



Deckungsgrad Strom



Szenario VII „Kollektiv“

Um die festgestellten ungedeckten Wärmesenken des Szenario VI auszugleichen werden die diffusen Optionen der erneuerbaren Energieerzeugung im Szenario VII mit konkreten Optionen der Energieerzeugung ergänzt.

Zu den konkreten Optionen der erneuerbaren Energieerzeugung im Stadtraum Leipzig zählen:

- mögliche PV-Freianlagen,
- die Nutzung der Windkraft,
- mögliche Laufwasserkraftwerke,
- die Nutzung der Biomasse,
- die Nutzung der Wärme des geklärten Abwassers geeigneter Kläranlagen sowie
- die Nutzung von Deponiegas.

Die Anteile der einzelnen Optionen der diffusen und konkreten Energiebereitstellung sind in Tabelle 4.56 dargestellt. Negative Werte beim Strom erklären sich über den Strombedarf der Wärmepumpen.

Nach Angaben der Stadt Leipzig sind mit Großwindkraftanlagen und deren Repowering insgesamt 17 GWh pro Jahr an Stromertrag zu erzielen. Der Stromertrag aus

Laufwasserkraftwerken auf der Grundlage eigener Untersuchungen wurde mit 8 GWh pro Jahr ermittelt. Die Nutzung der Wärme des geklärten Abwassers geeigneter Kläranlagen in Leipzig erzielt einen thermischen Ertrag von etwa 94 GWh pro Jahr. Allerdings ist der Strombedarf der hierfür nötigen Wärmepumpe von etwa 33 GWh pro Jahr in der Bilanz zu berücksichtigen. Der Energieertrag beinhaltet auch die Nutzung des Klär-gases.

10 % der geernteten Biomasse der landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Nutzflächen (SRT XIII) wird energetisch genutzt. Weiterhin werden 10 % des Brachflächenbestandes für den Anbau von Biomasse berücksichtigt. Darüber hinaus werden flächenneutrale Rest- und Abfallstoffe aus Haushalten, Gewerbe und Industrie berücksichtigt. Schließlich wird das Waldpflegeholz energetisch genutzt, das im Stadtraumtyp XII (nur Stadtwald) auf insgesamt 2.915 Hektar anfällt. Mit diesen Vorgaben können 25 GWh pro Jahr an Strom erzeugt und 35 GWh pro Jahr an Wärme bereitgestellt werden. Bei der Abschätzung des Wärmeertrages wurde bereits ein Abschlag von 30 % infolge der Verluste aus dem Wärmetransport berücksichtigt.

Wie in anderen Modellregionen ist der Anteil der Brachflächen an der Energieerzeugung verschwindend gering: Der Anbau von Biomasse (auf angenommenen

Karte 4.40

Wärmebereitstellung nach Szenario VII "Kollektiv" in Leipzig

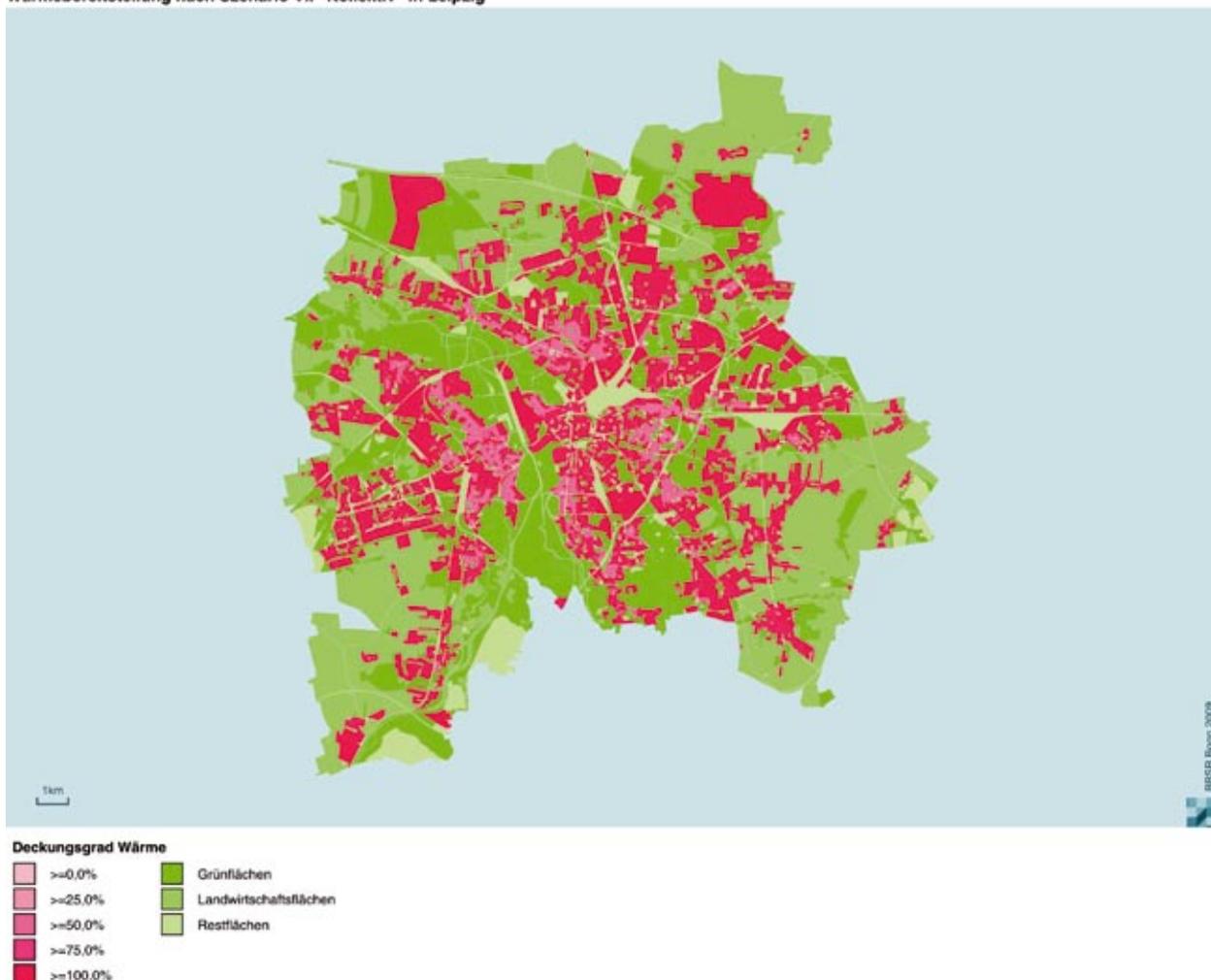


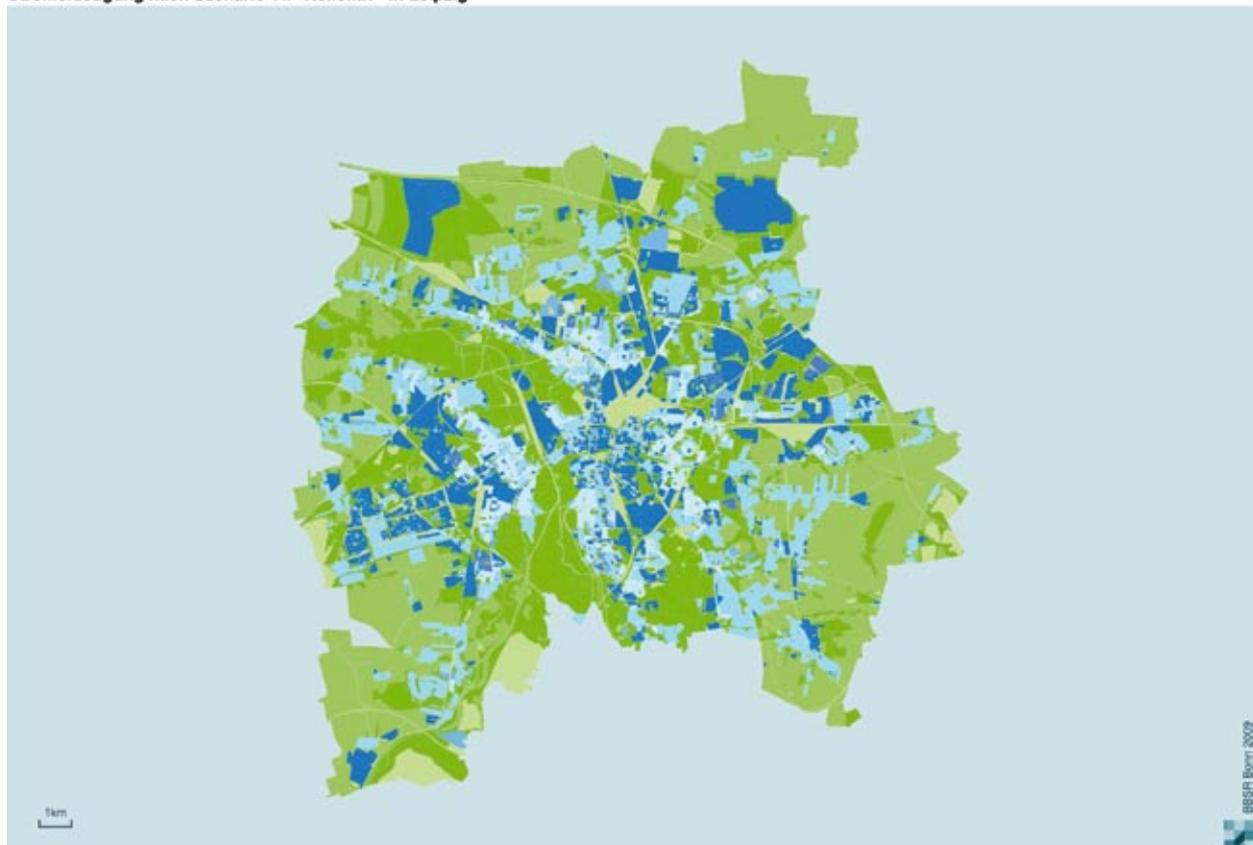
Tabelle 4.56
Diffuse und konkrete Energieoptionen für das Stadtgebiet Leipzig in Szenario VII

Option der Energieerzeugung	Wärme			Strom		
	Ertrag GWh/a	Anteil %	Deckungsgrad %	Ertrag GWh/a	Anteil %	Deckungsgrad %
diffus						
Solarthermie	769	36	24	-	-	-
Photovoltaik	-	-	-	1099	97	83
Erdwärmesonden	838	39	26	-	-	-
Abwasserwärme	162	8	5	-	-	-
Umgebungs-wärme	243	11	8	-	-	-
konkret						
PV (FA)	-	-	-	15	1	1
ST (FA)	-	-	-	-	-	-
Wind (GWik)	-	-	-	17	2	1
Wasser (LWaK)	-	-	-	8	1	1
Biomasse	35	2	1	25	2	2
Klärwerke	93	4	3	-33	-3	-2
Deponien	-	-	-	4	0	0
MVA	-	-	-	-	-	-
Gesamt	2140	100	67	1135	100	86

Quelle: eigene Darstellung

Karte 4.41

Stromerzeugung nach Szenario VII "Kollektiv" in Leipzig



10 % der Brachflächen, 82 ha) erzeugt 0,94 GWh Strom pro Jahr und stellt 1,32 GWh Wärme pro Jahr bereit (Nutzenergie), weniger als 1 Promille des elektrischen bzw. thermischen Gesamtenergieertrages. Auch PV-Freianlagen auf angenommenen 5 % der Brachflächen (41 ha) erzeugen gerade 1 % des gesamten erneuerbaren Stromertrags.

Der thermische Deckungsgrad im Szenario VII beträgt 67 %, der elektrische Deckungsgrad 86 %.

Wärmenetze

In Leipzig werden bereits Wärmenetze betrieben. In diesem Bereich sind keine diffusen Optionen der Wärmebereitstellung erforderlich. Somit erhöht sich der diffuse Stromertrag, da in diesen Bereichen die solar nutzbare Gebäudehülle ausschließlich für die Stromerzeugung genutzt werden kann. Über die solaren Gütezahlen werden dabei Aspekte der Stadtverträglichkeit und des Denkmalschutzes berücksichtigt.

Im Stadtraum können etwa 8,82 Millionen m³ Biogas mit einem durchschnittlichen Methananteil von 57 % erzeugt werden, mit denen die Heizwerke nachhaltig betrieben werden könnten. Dazu kommt die thermisch nutzbare Biomasse des Stadtraums.

Durch die Wärmenetze erhöht sich der elektrische Autarkiegrad auf 86 %. Der thermische Autarkiegrad nimmt dagegen auf 67 % ab, da die thermischen Ressourcen im Stadtraum nun nicht mehr ausreichen, um die Stadt zu versorgen. Der Bedarf könnte nur mit Hilfe der Biomasse des Umlandes gedeckt werden. Dabei sind bei der Einholung fester Biomasse ökologisch vertretbare Entfernungen einzuhalten, wogegen Biogas auch noch in großen Entfernungen ins Gasnetz eingespeist werden kann.

Erst durch die kollektive Berücksichtigung der diffusen und konkreten Optionen erneuerbarer Energieerzeugung in Szenario VII deckt die erneuerbare Stromerzeugung nahezu den Bedarf der Stadt.

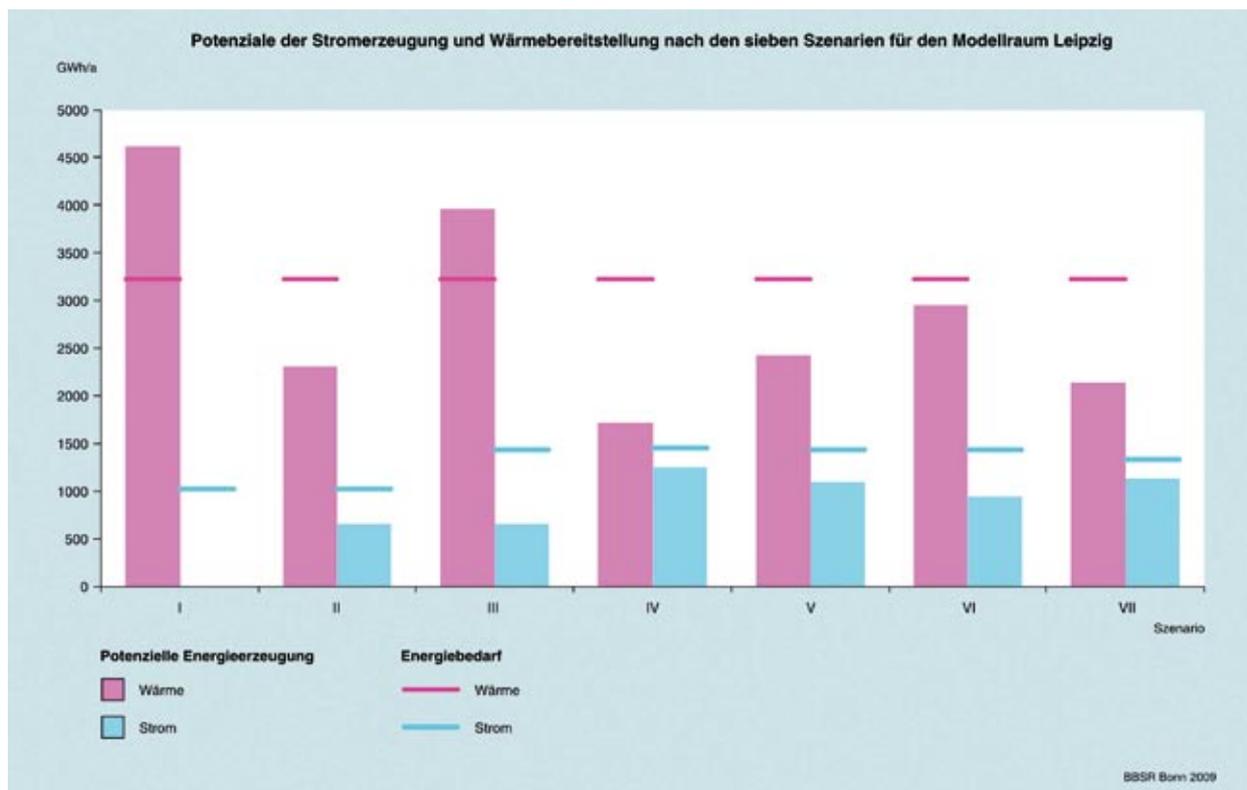
Flächenverbrauch

Hinsichtlich des Flächenverbrauchs ist anzumerken, dass der Anbau von Biomasse insgesamt 842 ha blockiert (davon 82 ha Brachflächen). Dagegen nutzen PV-Anlagen 999 ha und Sonnenkollektoren 200 ha, insgesamt also 1.199 ha der Gebäudehülle in stadtverträglicher Weise zu Erzeugung erneuerbarer Energie. Mit einer möglichen flächenneutralen Nutzung der Gebäudehüllen können 97 % des erneuerbaren Stroms erzeugt und 36 % der erneuerbaren Wärme bereit gestellt werden, wogegen der flächenrelevante Anbau von Energiepflanzen und -hölzer (in den SRT XII und SRT XIII) allenfalls 1 % der thermischen und 1 % der elektrischen Energie erzeugen.

Fazit

Leipzig hat als verdichteter Stadtraum ein bedeutendes Potenzial an diffuser Energieerzeugung über die Gebäudehülle. Durch den Ausbau der Wärmenetze kann der diffuse Stromertrag weiter erhöht werden. Das Ausbaupotenzial von Laufwasserkraft ist noch nicht erschöpft, wird jedoch auch keinen deutlichen Beitrag bei der nachhaltigen Stromversorgung leisten. Auch die Nutzung der Biomasse tritt in ihrer Bedeutung im Vergleich zu anderen Optionen zurück. Um geeignete Klärwerke lassen sich Nahwärmenetze etablieren, deren Stromverbrauch jedoch in der Gesamtbilanz zu berücksichtigen ist. Die Energieerträge sind in Tabelle 4.57 und 4.58 für die verschiedenen Szenarien nach Stadtraumtypen aufgeführt.

Abbildung 4.12



Sie können für das Szenario VII nicht nach Stadtraumtypen differenziert werden, da die Standorte konkreter Optionen grundsätzlich überall möglich sind und zum Teil noch nicht feststehen. In Tabelle 4.56 ist der Flächenanspruch der erneuerbaren Energieerzeugung zusammenfassend dargestellt. In den ersten sechs Szenarien wird nur durch die solare Nutzung Fläche beansprucht, 1198 ha. Diese Nutzungsart ist flächenneutral. Im siebenten

Szenario kommen nun flächenrelevante Optionen der Energieerzeugung dazu. Besonders flächenextensiv ist der Anbau von Biomasse, der für alle Modellräume mit 10 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche angenommen wird. In Leipzig sind dies 842 ha. In den beiden letzten Spalten der Tabelle 4.19 ist noch einmal die Annäherung der energetischen Deckungsgrade der verschiedenen Szenarien an die optimale Lösung dargestellt.

Tabelle 4.57

Deckungsgrade von Wärme in den Szenarien I - VII für den Stadtraum Leipzig differenziert nach Stadtraumtypen

SRT	Deckungsgrad von Wärme in den Szenarien in %						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	37	19	37	20	29	56	–
II	35	17	45	42	51	63	–
III	53	27	50	31	41	76	–
IV	83	42	135	95	113	101	–
V	26	13	56	56	66	69	–
VI	158	79	175	98	119	104	–
VII	136	68	109	55	69	109	–
VIII	114	57	112	65	80	106	–
IX	93	46	171	126	148	125	–
X	370	185	234	32	77	105	–
XI	137	68	104	27	57	104	–
Gesamt	144	72	123	54	76	92	67

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 4.58

Deckungsgrade von Strom in den Szenarien I - VII für den Stadtraum Leipzig differenziert nach Stadtraumtypen

SRT	Deckungsgrad von Strom in den Szenarien in %						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	0	39	29	55	42	0	–
II	0	17	14	15	9	0	–
III	0	33	26	41	35	0	–
IV	0	46	24	47	37	43	–
V	0	12	9	8	2	0	–
VI	0	76	42	82	72	80	–
VII	0	55	43	71	68	43	–
VIII	0	51	36	61	56	39	–
IX	0	44	22	42	33	43	–
X	0	145	109	238	201	185	–
XI	0	73	55	117	93	55	–
Gesamt	0	66	46	87	77	67	86

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 4.59

Flächenanspruch und Deckungsgrade für die sieben Szenarien im Modellraum Leipzig

Szenario	Flächenbedarf in ha					Deckungsgrad in %	
	gesamt	davon		flächenneutral	flächenrelevant	Wärme	Strom
		Wärme	Strom				
I	1198	1198	0	1198	0	144	0
II	1198	599	599	1198	0	72	66
III	1198	599	599	1198	0	123	46
IV	1198	58	1140	1198	0	54	87
V	1198	201	997	1198	0	76	77
VI	1198	337	861	1198	0	92	67
VII	2185	816	1369	1280	905	67	86

Quelle: eigene Darstellung