

# EnergieRegion Rhein-Sieg

Bericht zur Modellstudie für erneuerbare Energien  
und autarke Regionen im Rhein-Sieg-Kreis –  
räumliche Analysen für eine nachhaltige Energieversorgung

im Auftrag der Kreissparkasse Köln  
in Kooperation mit der Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis

**Januar 2008**

## Impressum:

### ERSTELLT IM AUFTRAG DER

Kreissparkasse Köln  
Zentralbereich Unternehmens- / Technologieförderung / Beteiligungen  
Neumarkt 18-24  
50667 Köln  
Deutschland

### IN KOOPERATION MIT DEM

Rhein-Sieg-Kreis  
Wirtschaftsförderung  
Kaiser-Wilhelm-Platz 1  
53721 Siegburg  
Deutschland

### DURCH DIE

Austrian Research Centers GmbH – ARC  
Research Studio iSPACE  
Leopoldskronstraße 30  
5020 Salzburg  
Österreich

### AUTORINNEN UND AUTOREN:

Dr. Markus Biberacher  
Mag. Norbert Dorfinger  
Mag. Sabine Gadocha  
Mag. Susanne Gluhak  
DI (FH) Eva Haslauer  
Mag. Manfred Mittlböck  
Mag. Daniela Zocher

### HAFTUNGSAUSSCHLUSS:

Trotz sorgfältiger Prüfung sämtlicher Inhalte in diesem Werk sind Unschärfen in der Datenbasis nicht auszuschließen. Die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität des Inhalts ist daher ohne Gewähr. Eine Haftung der Herausgeber und Autoren auch für die mit dem Inhalt verbundenen potentiellen Folgen ist ausgeschlossen. Der Inhalt dieser Studie gibt ausschließlich die Meinung der Autoren wider.

2008 © Austrian Research Centers GmbH – ARC

## Vorwort

Unser Energiesystem befindet sich im Wandel. Schlagworte wie Klimawandel und Versorgungssicherheit veranlassen ein Umdenken in unserer traditionellen Energieversorgung. Zahlreiche Studien belegen einen Handlungsbedarf, wenn es darum geht, die zukünftigen Herausforderungen eines sich ändernden Weltklimas sowie einer Verknappung fossiler Ressourcen zu bewältigen. Sinnvolle Lösungsansätze setzen hierbei insbesondere eine nachhaltige Nutzung regionaler Energieträger voraus.

In diesem Kontext bewertet die vorliegende Studie eine potenzielle energetische Selbstversorgung des Rhein-Sieg-Kreises und der Stadt Bonn. Der Schwerpunkt liegt dabei in einer räumlich hoch aufgelösten Betrachtung (250m Rasterauflösung) der energetischen Nachfragesituation ebenso wie in der Bewertung der potenziellen Nutzbarmachung regionaler Energiepotenziale. Die übergeordnete Fragestellung ist hierbei die potenzielle energetische Selbstversorgung im Rhein-Sieg-Kreis und wie sich diese in Teilräumen ausprägen könnte.

Um diese Fragestellung ausreichend beantworten zu können, ist eine Vielzahl von Daten erforderlich, die eine entsprechend hohe räumliche Disaggregation erlauben, um eine belastbare Aussage zu erzielen. Dies erforderte insbesondere auch die enge Zusammenarbeit mit Institutionen, die Daten zur Verfügung gestellt haben.

Unser besonderer Dank gebührt dabei

- dem Landesvermessungsamt NRW / Bezirksregierung Köln (Abt. 7 – Geobasis NRW);
- dem Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW;
- dem Geologischen Dienst NRW;
- dem Landesbetrieb Wald und Holz NRW;
- dem Landesbetrieb Straßen NRW;
- der EnergieAgentur NRW;
- der Rhein-Sieg-Abfallwirtschaft-GmbH;
- der Bundesstadt Bonn;
- der Gemeinsamen Kommunalen Datenverarbeitung –GKD– Rhein-Sieg/Oberberg.

Ohne deren konstruktive Unterstützung durch die Bereitstellung von Daten und Hintergrundinformationen wäre die Durchführung der vorliegenden Studie so nicht möglich gewesen.

Salzburg im Januar 2008

Das Projektteam



## Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund.....	7
1.1	Energiesituation in Nordrhein-Westfalen.....	10
1.1.1	Strombedarf in Nordrhein-Westfalen.....	13
1.1.2	Wärmebedarf in Nordrhein-Westfalen .....	15
1.1.3	Erneuerbare Energieträger in Nordrhein-Westfalen .....	16
1.1.3.1	Wasserkraft.....	17
1.1.3.2	Windkraft.....	18
1.1.3.3	Solarkraft.....	19
1.1.3.4	Biomasse .....	22
1.1.3.5	Geothermie .....	27
1.2	Rhein-Sieg-Kreis / Bonn.....	28
2	Zielsetzungen der Studie.....	32
3	Erfassung der Potenziale an erneuerbaren Energien in räumlich hoher Auflösung	34
3.1	Modellierung des Solarpotenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn .....	35
3.2	Modellierung des Geothermischen Potenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn.....	40
3.3	Modellierung des Biomassepotenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn .....	44
3.3.1	Forstliche Biomasse .....	51
3.3.2	Landwirtschaftliche Biomasse .....	56
3.3.3	Bioabfälle .....	60
3.3.4	Gesamtergebnis Biomassemodellierung .....	61
3.4	Modellierung des Windkraftpotenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn.....	66
4	Erfassung des Energiebedarfs in räumlich hoher Auflösung .....	72
4.1	Haushalte.....	72
4.1.1	Spezifische Bedarfsberechnung aus der Literatur.....	72
4.1.2	Geographische Modellierung .....	77
4.1.2.1	Geocoding-Verfahren .....	77
4.2	Betriebe.....	77
4.2.1	Spezifische Bedarfsberechnung aus der Literatur.....	78
4.2.1.1	Land- und Forstwirtschaft.....	78
4.2.1.2	Industrie und Großgewerbe .....	80
4.2.1.3	GHD – Gewerbe, Handel und Dienstleistungen .....	83
4.2.2	Geographische Modellierung .....	86
4.2.2.1	Land- und Forstwirtschaft.....	86
4.2.2.2	Industrie und Großgewerbe .....	86
4.2.2.3	GHD – Gewerbe, Handel und Dienstleistungen .....	87
4.2.3	Bedarfsraster.....	87
5	Zusammenführung von Potenzial und Bedarf in einem geographischen Bilanzraster .....	88

6	Modellierung von energetischen Autarkieszenarien .....	90
6.1	Modellierung basierend auf politischen Grenzen .....	91
6.2	Modellierung basierend auf einer optimalen räumlichen Clusterung .....	93
6.2.1	Kostenraster für Energiefluss-Modellierungen .....	94
6.2.2	Räumliche Clusterung basierend auf optimierten Energieflüssen.....	97
7	Ergebnisse für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn.....	99
7.1	Rankingliste der Kommunen .....	99
7.2	Datenblätter der Kommunen .....	103
7.2.1	Alfter .....	104
7.2.2	Bad Honnef .....	105
7.2.3	Bornheim .....	106
7.2.4	Eitorf .....	107
7.2.5	Hennef (Sieg) .....	108
7.2.6	Königswinter .....	109
7.2.7	Lohmar .....	110
7.2.8	Meckenheim .....	111
7.2.9	Much .....	112
7.2.10	Neunkirchen-Seelscheid .....	113
7.2.11	Niederkassel.....	114
7.2.12	Rheinbach .....	115
7.2.13	Ruppichterath .....	116
7.2.14	Sankt Augustin .....	117
7.2.15	Siegburg .....	118
7.2.16	Swisttal .....	119
7.2.17	Troisdorf .....	120
7.2.18	Wachtberg .....	121
7.2.19	Windeck.....	122
7.2.20	Bonn .....	123
7.3	Szenarienbetrachtung.....	124
7.4	Bereitstellung der Ergebnisse als interaktive Datenbasis im Internet.....	125
8	Ausblick .....	127
9	Abkürzungsverzeichnis.....	129
10	Kartenverzeichnis.....	131
11	Literaturverzeichnis .....	132

## 1 Hintergrund

Das Thema Energie und damit verbundene Problematiken sind in den letzten Jahren zunehmend in das Zentrum der öffentlichen Aufmerksamkeit gerückt. Besonders Schlagworte wie *Klimawandel*, *Knappheit fossiler Energieträger*, *Importabhängigkeit* oder *Preissteigerungen fossiler Energieträger* haben zu einer Diskussion um alternative Lösungswege geführt und stellen derzeit eine große Herausforderung in der internationalen und nationalen Energiepolitik dar. Neben Einsparungs- und Effizienzsteigerungsmaßnahmen wird in diesem Zusammenhang auch besonderes Augenmerk auf den Ausbau erneuerbarer Energiequellen gelegt.

Dass erneuerbare Energien in Zukunft verstärkt genutzt werden sollen, zeigen insbesondere internationale Bestrebungen, wie das Kyoto-Protokoll oder das Grünbuch „Energie“ der Europäischen Kommission. In verschiedenen europäischen Übereinkommen wie beispielsweise dem Aktionsplan (2007 – 2009) des Europäischen Rates „Eine Energiestrategie für Europa“ oder der Biokraftstoff-Richtlinie (RL 2003/30/EG) sind konkrete Ziele hinsichtlich des vermehrten Einsatzes von erneuerbaren Energieträgern verankert.

Deutschland hat sich im Rahmen des Kyoto-Protokolls innerhalb der EU-Lastenverteilung zur Reduktion der Treibhausgasemissionen in Höhe von 21 % in der Periode 2008 – 2012 gegenüber dem Vergleichsjahr 1990 verpflichtet. Um dieses Ziel zu erreichen, hat Deutschland beispielsweise mit dem EEG (Erneuerbare Energien Gesetz), welches erstmals am 01.04.2000 in Kraft trat und im Jahr 2004 novelliert wurde, die Rahmenbedingungen für die Vergütung und Abnahme von ausschließlich aus erneuerbaren Energien gewonnenem Strom durch die Netzbetreiber geschaffen. Ziel des Gesetzes ist insbesondere eine Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energieträger im Stromsektor auf 20 % bis zum Jahr 2020. Ein weiterer Schritt in Richtung der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energien erfolgte im Dezember 2007 mit dem Beschluss des integrierten Energie- und Klimaprogramms der Bundesregierung, welches bedeutende zusätzliche Anreize zur Verwendung von erneuerbaren Energien vorsieht. Das Klimaschutzprogramm zielt insbesondere darauf ab, im Rahmen eines internationalen Abkommens die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020 um 40 % zu verringern. In den jüngsten Zielvorgaben (Januar 2008) der Europäischen Kommission für den Anteil erneuerbarer Energieträger im Energiemix ist für Deutschland bis zum Jahr 2020 ein Wert von 18 % bindend. Diese ambitionierte Vorgabe erfordert eine erhebliche Intensivierung in der Nutzung erneuerbarer Energieträger.

Nicht nur auf Bundesebene, sondern auch auf Landesebene wurden in den vergangenen Jahren Anreizsysteme zur Förderung der erneuerbaren Energieträger implementiert. In Nordrhein-Westfalen sind in diesem Zusammenhang insbesondere das REN-Programm (Programm zur Förderung der Entwicklung, Demonstration, Produktion und Anwendung effizienter und erneuerbarer Energietechniken) beziehungsweise das progres.NRW (Programm für rationelle Energieverwendung, regenerative Energien und Energiesparen) sowie das „Programm zur strukturellen Verbesserung der Verarbeitungs- und Vermarktungsbedingungen forstwirtschaftlicher Erzeugnisse und zur Verbesserung des Einsatzes von Holz bei der energetischen Verwertung“ (HaFö, 2006) zu nennen. Die zentrale Plattform für erneuerbare Energien in Nordrhein-Westfalen stellt seit 01.01.2007 die neue „EnergieAgentur.NRW“ dar, welche als Dachorganisation der früher separat agierenden „Energie Agentur NRW“ und der „Landesinitiative Zukunftsenergien NRW“ geschaffen wurde.

Für die Anpassung des Energiesystems gilt es eine nachhaltige „Ausbaustrategie“ zu entwerfen, damit die verfügbaren Ressourcen in der Region bestmöglich genutzt und die Interessen der Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft auch langfristig gewahrt werden.

Da die Errichtung beziehungsweise der Betrieb von Energie-Erzeugungsanlagen einen beachtlichen Eingriff in die Landschaft darstellt, ist es besonders wichtig, lokale Gegebenheiten in die Planung neuer Kraftwerke einzubeziehen. Auf Grund des dezentralen Charakters erneuerbarer Energieträger ist auch die Nähe zum Verbraucher ein wichtiger zu berücksichtigender Faktor.

Ein weiterer nicht zu vernachlässigender Aspekt im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energieträger ist deren zum Teil enormer Flächenbedarf. Diesem hat in der Diskussion um eine Inwertsetzung einzelner Potenziale, nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt einer kompetitiven Flächennutzung, eine entsprechende Aufmerksamkeit zu gebühren.

Der Energieertrag der verschiedenen Energieträger bezogen auf den benötigten Flächenbedarf ist in Abbildung 1.1 dargestellt.



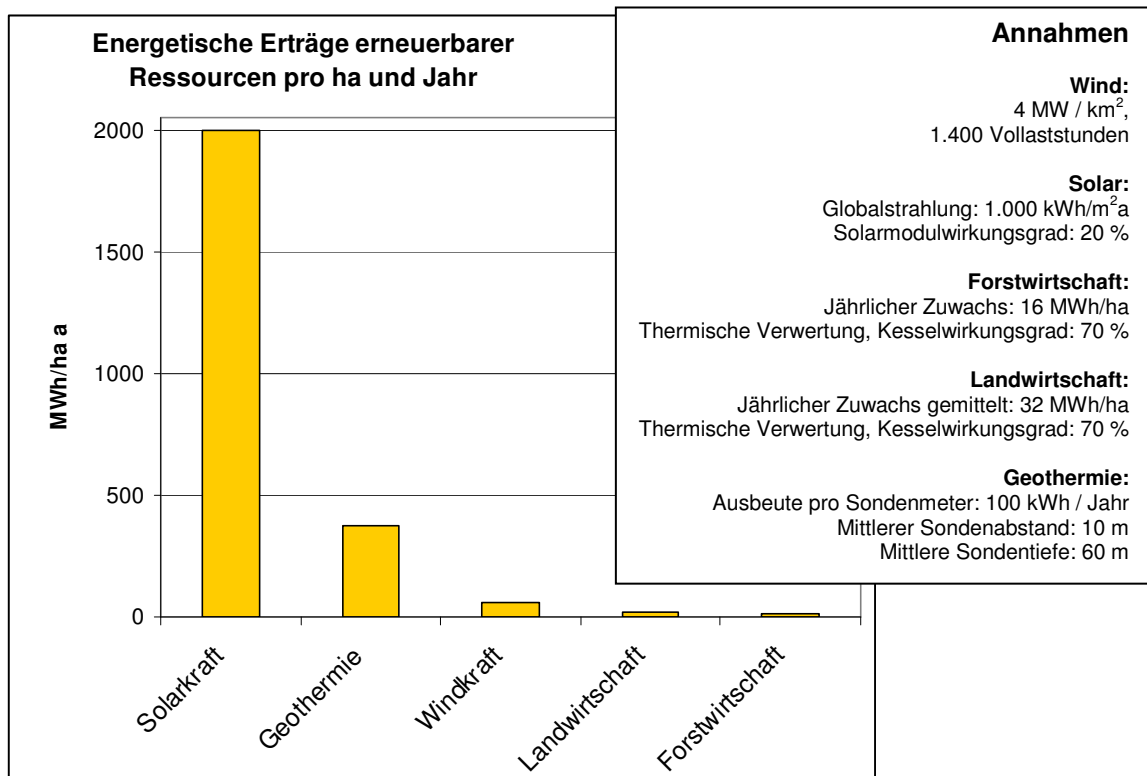


Abbildung 1.1: Erträge erneuerbarer Energieträger pro ha und Jahr

Die Solarenergie weist die höchsten Energieerträge pro Hektar auf, während Biomasse aus der Landwirtschaft sowie die forstliche Biomasse vergleichsweise geringe Erträge erbringen. Somit ist der Flächenbedarf zur Erzeugung von Energie aus Biomasse im Vergleich zu Solarkraft deutlich höher. Um 1.000 MWh/a zu produzieren wären folglich entweder 0,5 ha Solarkollektoren oder rund 89 ha forstliche Biomasse notwendig. Dem gegenüber steht die einfache Speicherbarkeit von Biomasse.

All diesen Faktoren ist in einer objektiven Betrachtung von nutzbaren erneuerbaren Potenzialen Rechnung zu tragen. Eine sinnvolle Nutzung der erneuerbaren Energieträger zur Deckung des regionalen Bedarfs kann aus diesem Grund nicht in der Fokussierung auf ausschließlich einen Energieträger liegen, sondern findet sich meist in einer Kombination aus der Nutzung mehrerer verfügbarer erneuerbarer Energieträger.

### 1.1 Energiesituation in Nordrhein-Westfalen

Die letzte verfügbare detaillierte Energiebilanz für Nordrhein-Westfalen aus dem Jahr 2007 weist als aktuellste Zahlen jene aus dem Jahr 2004 aus (siehe LDS NRW, 2007).

Traditionell stützt sich die Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen auf fossile Energieträger (Steinkohle, Braunkohle, Erdöl und Erdgas). Der überwiegende Anteil, nämlich 44,7 % (Stand 2004) des gesamten Primärenergieverbrauchs wird durch Kohle gedeckt. 90 % der Steinkohleförderung und 50 % der Braunkohleförderung für gesamt Deutschland finden in NRW statt.

Der Primärenergieverbrauch in Nordrhein-Westfalen belief sich im Jahr 2004 auf insgesamt 3.908 PJ, was rund 27 % des Primärenergieverbrauchs von ganz Deutschland entspricht [LDS NRW, 2007]. Gemäß einer aktuellen Mitteilung des Landesamts für Datenverarbeitung und Statistik NRW war im Jahr 2005 ein leichter Rückgang des Primärenergieverbrauchs auf 3.805 PJ zu verzeichnen (siehe auch Abbildung 1.3) [LDS NRW, 2007, online].

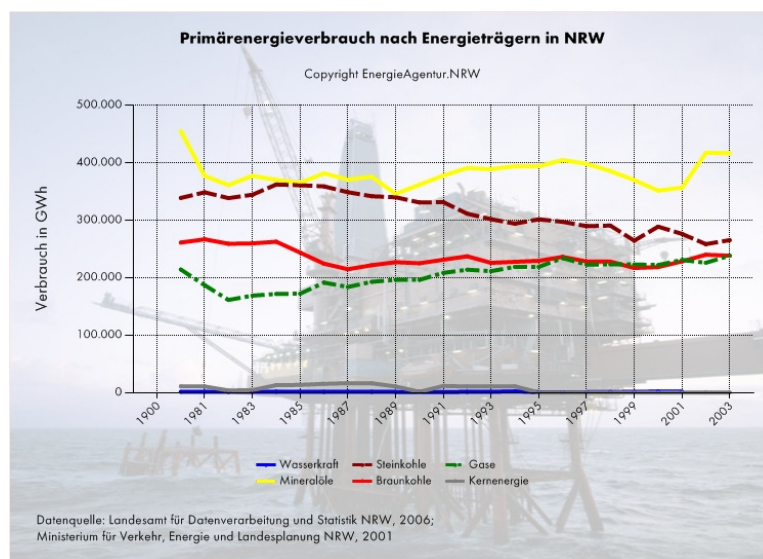


Abbildung 1.2: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern in NRW [ENERGIEAGENTUR NRW, 2007, online]

Der Primärenergieverbrauch von Mineralöl schwankte in den letzten Jahren um den Wert 400.000 GWh. Sowohl der Verbrauch an Stein- als auch an Braunkohle zeigen derzeit einen Rückgang, wobei dieser im Falle der Steinkohle mit rund 50.000 GWh im letzten Jahrzehnt deutlicher ausfällt. Gase weisen eine Zunahme auf. Der Wert stieg von rund 180.000 GWh im Jahr 1982 auf rund 230.000 GWh im Jahr 2003 an.

Der Anteil von Wasserkraft und Kernenergie am Primärenergieverbrauch ist in den vergangenen Jahren deutlich gesunken.

Der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch konnte in den vergangenen Jahren kontinuierlich ausgebaut werden. Im Vergleich zu 2003 kam es im Jahr 2004 zu einer Steigerung von 63,2 %, von 50.068 TJ auf 81.732 TJ, damit belief sich der Gesamtanteil der Erneuerbaren im Jahr 2004 auf rund 2,1 %. Im Jahr 2005 konnte der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Primärenergieverbrauch auf 2,83 % gesteigert werden [LDS NRW, 2007, online].

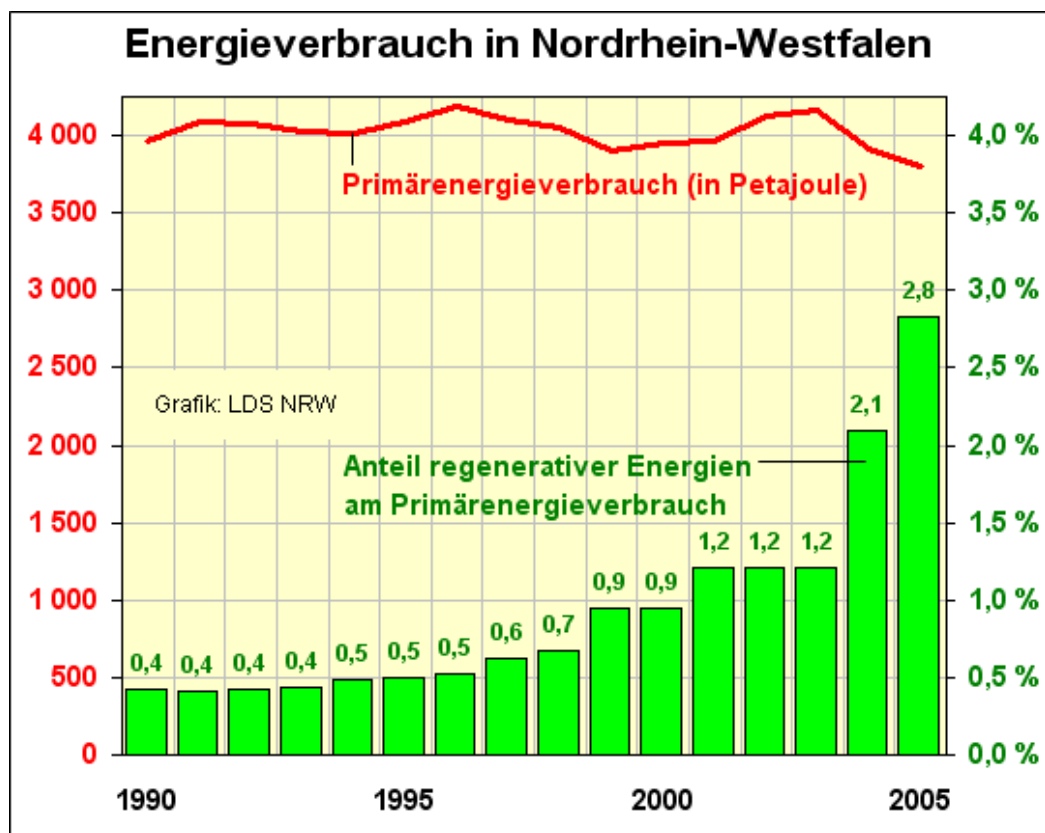


Abbildung 1.3: Primärenergieverbrauch und erneuerbare Energieträger in NRW [LDS NRW, 2007, online]

Primärenergieverbrauch und erneuerbare Energieträger (EET) in NRW 1995 - 2004								
		Primärenergieverbrauch						Anteil EET am Gesamt- PEV in %
		Darunter erneuerbare Energieträger						
		Zu- sammen	Deponie-/ Klärgas	Wasser- kraft	Wind- kraft	Bio-masse	Sonstige <sup>1)</sup>	
Jahr	Insgesamt	TJ						%
1995	4.091.766	20.396	3.887	1.804	245	14.113	347	0,50
1996	4.185.648	21.893	7.266	1.146	301	12.960	220	0,52
1997	4.096.479	25.286	9.128	1.410	715	12.963	1.070	0,62
1998	4.054.066	27.290	8.184	1.951	1.307	14.720	1.128	0,67
1999	3.901.694	36.900	7.117	1.868	1.899	24.898	1.118	0,95
2000	3.954.658	37.303	7.291	1.995	2.684	24.668	665	0,94
2001	3.963.460	48.127	10.907	3.105	5.637	25.661	2.817	1,21
2002	4.126.678	49.676	7.353	3.026	8.609	27.430	3.258	1,20
2003	4.163.104	50.068	7.585	1.478	10.797	27.173	3.035	1,20
2004	3.908.009	81.732	10.187	2.039	10.762	54.653	4.091	2,09

<sup>1)</sup> Solarenergie, Geothermie (Wärmepumpen)

Tabelle 1.1: Primärenergieverbrauch und erneuerbare Energieträger in NRW  
[LDS NRW, 2007]

Die angesprochene deutliche Erhöhung der regenerativen Energieträger im Vergleich zum Jahr 2003 lässt sich vor allem durch den vermehrten Einsatz von Biomasse erklären, welcher von 27.173 TJ (2003) auf 54.653 TJ (2004) angestiegen ist. Wie in Tabelle 1.1 ersichtlich ist sind die Anteile beinahe aller anderen erneuerbaren Energieträger in den letzten Jahren angestiegen. Einzig Windkraft hatte von 2003 auf 2004 einen leichten Rückgang zu verzeichnen [LDS NRW, 2007].

Der Endenergieverbrauch stieg 2004 in Nordrhein-Westfalen zum ersten Mal seit 1997 an und betrug 2.223.326 TJ, was eine Erhöhung im Vergleich zum Vorjahr von rund 1,5 % bedeutet. 28.035 TJ des Endenergieverbrauchs wurden im Jahr 2004 durch erneuerbare Energieträger abgedeckt, das entspricht rund 1,3 % [LDS NRW, 2007].

### 1.1.1 Strombedarf in Nordrhein-Westfalen

Der Strombedarf belief sich in Nordrhein-Westfalen im Jahr 2004 auf 496.278 TJ. Zur Stromerzeugung wird in nordrhein-westfälischen Kraftwerken vorwiegend Kohle, mit einem Anteil von 84,1 %, eingesetzt [LDS NRW, 2007]. Aus dem Braunkohlerevier im Umkreis von Aachen und Köln werden 44 % des nordrhein-westfälischen Stroms erzeugt.

Erdgas hat einen Anteil von 8,6 % in der Stromproduktion. Kernenergie spielt mit einem Anteil von < 0,1 % eine geringe Rolle in der Stromproduktion von NRW.

Im Jahr 2004 wurden 14.472 TJ (4,02 Mrd. kWh) des in NRW erzeugten Stroms durch regenerative Energieträger abgedeckt [IWR, 2006]. Bis zum Jahr 2005 erhöhte sich dieser Anteil um rund 51 % auf 21.852 TJ (6,07 Mrd. kWh) [IWR, 2007].

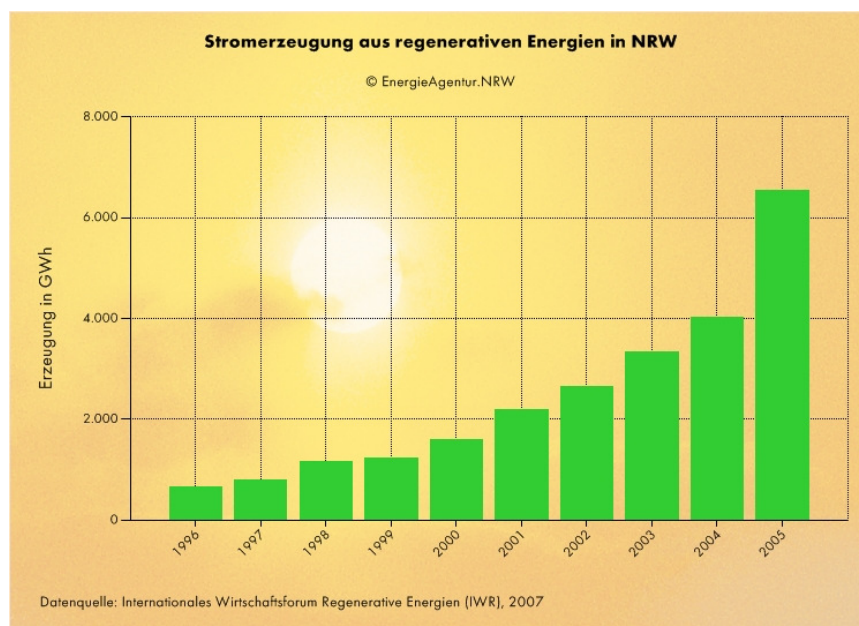


Abbildung 1.4: Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in NRW [EnergieAgentur NRW, 2007]

Die große Steigerung resultiert hauptsächlich aus dem vermehrten Einsatz von Bioenergie, insbesondere wurden im Jahr 2005 neben fester Biomasse und Biogas erstmals auch Deponiegas, Klärgas sowie der biogene Müllanteil im Rahmen der Bioenergie erfasst. Auch im Jahr 2006 konnte eine weitere Erhöhung des Anteils der regenerativen Energieträger im Strombereich auf 27.036 TJ (7,51 Mrd. kWh) erzielt werden. Dieser Wert inkludiert nur den Anteil der erneuerbaren

Energieträger und keinen Beitrag von Grubengas, durch dessen Berücksichtigung sich dieser Wert auf 8,51 Mrd. kWh erhöht [IWR, 2006].

Den größten Anteil innerhalb des regenerativen Stromsektors wies mit 48,6 % (3,65 Mrd. kWh) im Jahr 2006 die Windenergie auf, gefolgt von Bioenergie mit 41,5 % (3,12 Mrd. kWh), Wasserkraft mit 7,1 % (0,53 Mrd. kWh) und Photovoltaik mit 2,8 % (0,21 Mrd. kWh). Diese Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle nochmals dargestellt [IWR, 2007].

Regenerativer Stromsektor NRW	2006 <sup>1</sup>		2005 <sup>2</sup>		Veränderung Vorjahr [%]
	Strom [Mrd. kWh]	Anteil [%]	Strom [Mrd. kWh]	Anteil [%]	
Windenergie	<b>3,65</b>	<b>48,6</b>	<b>2,83</b>	<b>46,6</b>	<b>+29,0</b>
Bioenergie	<b>3,12</b>	<b>41,5</b>	<b>2,58</b>	<b>42,5</b>	<b>+20,9</b>
<i>Biomasse fest</i>	<i>1,00</i>		<i>0,74</i>		
<i>Biogas</i>	<i>0,45</i>		<i>0,28</i>		
<i>Biogener Müll</i>	<i>1,20</i>		<i>1,10</i>		
<i>Klärgas</i>	<i>0,22</i>		<i>0,21</i>		
<i>Deponiegas</i>	<i>0,25</i>		<i>0,25</i>		
Wasserkraft	0,53	7,1	0,53	8,7	+/-0
Photovoltaik	0,21	2,8	0,13	2,2	+61,5
<b>Regenerative Energien gesamt</b>	<b>7,51</b>	<b>100,0</b>	<b>6,07</b>	<b>100,0</b>	<b>+23,7</b>
Grubengas	1,00		0,90		+11,1
<b>Klimaschutz gesamt</b>	<b>8,51</b>		<b>6,97</b>		<b>+22,1</b>

*1 = Werte vorläufig, 2 = Vorjahreswerte z.T. aufgrund von neuen Erhebungsmethoden / -daten revidiert*

Tabelle 1.2: Anteile regenerativer Energien an der Stromerzeugung in NRW 2005 und 2006 [nach IWR, 2007]

### 1.1.2 Wärmebedarf in Nordrhein-Westfalen

Die Erzeugung von Wärme aus erneuerbaren Energieträgern hat sich in den vergangenen Jahren, wie auch deren Anteile an der Stromerzeugung, deutlich erhöht. Die Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern stieg im Jahr 2006 auf 19.224 TJ (5,34 Mrd. kWh), was einer Steigerung gegenüber 2005 von rund 9 % entspricht.

Regenerativer Wärmesektor NRW	2006 <sup>1</sup>		2005 <sup>2</sup>		Veränderung Vorjahr [%]
	Wärme [Mrd. kWh]	Anteil [%]	Wärme [Mrd. kWh]	Anteil [%]	
Bioenergie	<b>4,33</b>	<b>81,1</b>	<b>4,12</b>	<b>84,3</b>	<b>+5,1</b>
<i>Biomasse fest</i>	<i>2,03</i>		<i>1,82</i>		
<i>Biogener Müll</i>	<i>2,3</i>		<i>2,3</i>		
<i>Biogas</i>	<i>n.b.</i>		<i>n.b.</i>		
<i>Klärgas</i>	<i>n.b.</i>		<i>n.b.</i>		
<i>Deponiegas</i>	<i>n.b.</i>		<i>n.b.</i>		
Geothermie	0,75	14,0	0,55	11,2	+36,4
Solarthermie	0,26	4,9	0,22	4,5	+18,2
<b>Regenerative Energien</b>	<b>5,34</b>	<b>100,0</b>	<b>4,89</b>	<b>100,0</b>	<b>+9,2</b>
Grubengas	0,17		0,12		+41,7
<b>Klimaschutz gesamt</b>	<b>5,51</b>		<b>5,01</b>		<b>+10,0</b>

*1 = Werte vorläufig, 2 = Vorjahreswerte z.T. aufgrund von neuen Erhebungsmethoden / -daten revidiert*

Tabelle 1.3: Beiträge erneuerbarer Energien zur Wärmeerzeugung in NRW

Wie obige Tabelle zeigt, hatte die Bioenergie im Jahr 2006 mit 81,1 % den größten Anteil der erneuerbaren Energieträger an der Wärmeerzeugung, wobei innerhalb der Bioenergie nur feste Biomasse und biogener Müll erfasst sind, während Beiträge von Biogas, Klärgas und Deponiegas nicht bekannt sind. Insbesondere der starke Zubau von Biomasse-Heiz(kraft)werken im Jahr 2004 führte zu dem hohen Anteil der Bioenergie am regenerativen Wärmesektor.

Auch der Beitrag der Geothermie zur regenerativen Wärmeerzeugung in Nordrhein-Westfalen ist mit 14 % beachtlich und liegt deutlich vor der

Solarthermie mit 4,9 %. Zusätzlich wird in NRW auch Grubengas zur Wärmezeugung (0,17 Mrd. kWh) eingesetzt [IWR, 2007].

### **1.1.3 Erneuerbare Energieträger in Nordrhein-Westfalen**

Im Jahr 1996 wurde die Landesinitiative „Zukunftsenergien NRW“ gegründet, um eine alternative Energienutzung in Nordrhein-Westfalen verstärkt zu fördern. Damit sollten der Innovationsprozess, die Forschung und Entwicklung sowie auch Demonstrationsaufgaben verstärkt vorangetrieben werden.

Der Einsatz von erneuerbaren Energieträgern hat sich in den letzten Jahren in NRW sowohl in der Strom- als auch in der Wärmezeugung kontinuierlich erhöht.



### 1.1.3.1 Wasserkraft

Die Stromerzeugung aus Wasserkraft in Nordrhein-Westfalen schwankte in den Jahren 2000 - 2005 um Werte zwischen 500 und 600 GWh (siehe Abbildung 1.5).

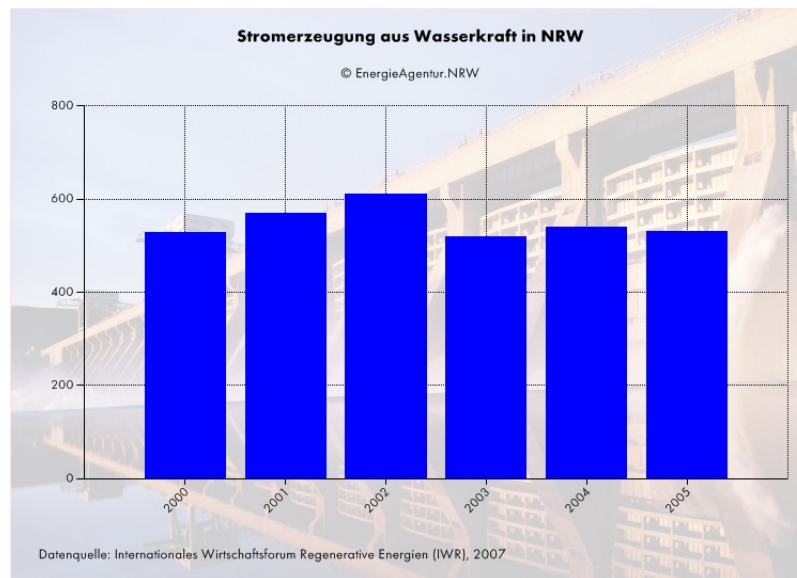


Abbildung 1.5: Stromerzeugung aus Wasserkraft in NRW in GWh [EnergieAgentur NRW, Wasserkraft, online]

Wasserkraft nimmt innerhalb der erneuerbaren Energieträger, bezogen auf den Primärenergieverbrauch in NRW allerdings mit einem Anteil von rund 2,5 % eine eher untergeordnete Rolle ein (siehe Tabelle 1.1). Die Wasserkraft ist sowohl bundesweit als auch in Nordrhein-Westfalen jener regenerative Energieträger, bei dem der Ausbaugrad hinsichtlich des technisch nutzbaren Potenzials weitestgehend ausgereizt ist.

Im Jahr 2005 und 2006 wurden in Nordrhein-Westfalen rund 530 GWh Strom aus Wasserkraft erzeugt [IWR, 2007]. Das gesamte technisch nutzbare Potenzial wird für NRW mit rund 700 – 800 GWh/a angegeben, rund 80 % davon sind bereits ausgeschöpft. Es gibt aber durch die Optimierung bestehender Anlagen Optionen zur weiteren Erhöhung der Stromerzeugung [MUNLV, 2007a und ENERGIEAGENTUR NRW, 2005].

Mit dem REN-Programm (Programm zur Förderung der Entwicklung, Demonstration, Produktion und Anwendung effizienter und erneuerbarer Energietechniken) des Landes NRW wurden auch Wasserkraftanlagen gefördert, seit 1987 insgesamt 161 Anlagen mit einer Gesamtleistung von mehr als 15 MW [ENERGIEAGENTUR NRW, 2005].

### 1.1.3.2 Windkraft

Nordrhein-Westfalen ist im Bundesländervergleich hinsichtlich der installierten Leistung von Windkraftanlagen nach Niedersachsen (rd. 4.850 MW), Brandenburg (rd. 2.600 MW) und Schleswig-Holstein (rd. 2.230 MW) an vierter Stelle mit 2.221 MW (Stand Ende 2005). Insgesamt gab es Ende 2005 circa 2.370 Windkraftanlagen in NRW [IWR, 2006].

Zwischen 1998 und 2002 war eine stetige Steigerung bei der jährlichen Neuinstallation von Windkraftanlagen zu verzeichnen, ab 2003 waren die Zahlen rückläufig [MUNLV, 2007].

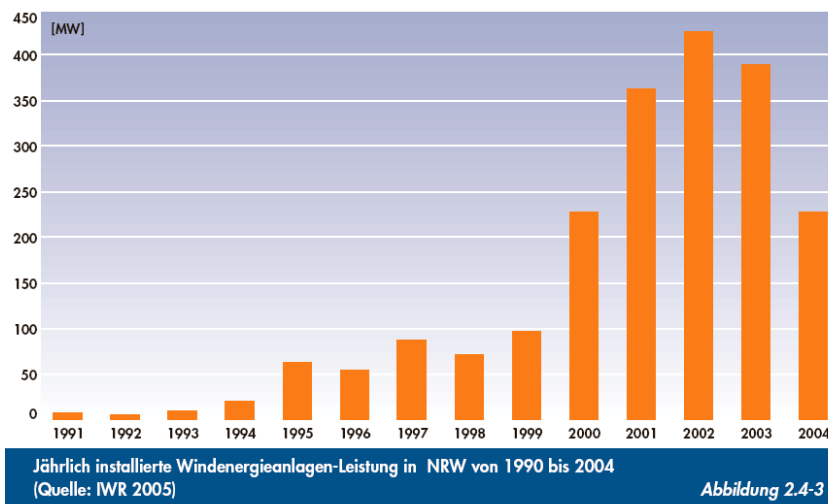


Abbildung 1.6: Jährliche Neuinstallationen von Windkraftanlagen [MUNLV, 2007a]

Im Jahr 2006 wurde die Gesamtstromerzeugung aus Windkraft erneut gesteigert, sie betrug 3.650 GWh. Der Anteil der Windkraft an der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien lag in diesem Jahr bei 48,6 % [IWR, 2007].

Windklimatische Gunstlagen finden sich in Nordrhein-Westfalen insbesondere im Bereich des Höhenzuges Haarstrang und des Eggegebirges sowie im Münsterland, dort findet sich auch die höchste Dichte an Windparks [IWR, 2006].

### 1.1.3.3 Solarkraft

Die theoretisch verfügbare Globalstrahlung ergibt sich aus der Summe von diffuser (gestreuter) und direkter Sonneneinstrahlung. Durch Absorptions- und Streuvorgänge der solaren Einstrahlung bei der Durchdringung der Erdatmosphäre erreicht nur ein geringer Anteil die Erdoberfläche direkt, der restliche gestreute Anteil wird als diffuse Strahlung bezeichnet. Der Anteil der diffusen Strahlung an der Globalstrahlung ist in NRW mit 59 – 61 % sehr hoch. [ENERGIEAGENTUR NRW, 1997].

Die jahresmittlere Sonneneinstrahlung schwankt in Nordrhein-Westfalen zwischen 930 kWh/m<sup>2</sup>a und 1.010 kWh/m<sup>2</sup>a. Regionen mit besonders hohen mittleren jährlichen Einstrahlungssummen sind das Münsterland und die niederrheinische Tiefebene, die geringsten Werte hinsichtlich der solaren Einstrahlung weist das Hochsauerland auf [ENERGIEAGENTUR NRW, 1997].

Die folgende Karte zeigt die räumliche Verteilung der Globalstrahlungssumme in NRW.

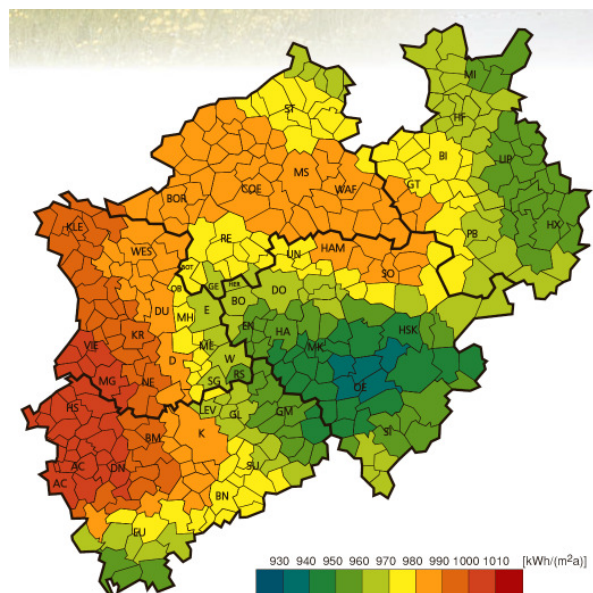


Abbildung 1.7: Jahresmittlere Verteilung der Globalstrahlungssumme in NRW [ENERGIEAGENTUR NRW, 1997]

Im Jahr 2005 waren in Nordrhein-Westfalen insgesamt rund 630.000 m<sup>2</sup> thermische Solarkollektorfläche installiert, die insgesamt ca. 220 Mio. kWh an Wärme erzeugten. Insbesondere seit der Einführung des EEG lässt sich ein deutlicher Zuwachs an thermischen Solarkollektoren beobachten [IWR, 2006].

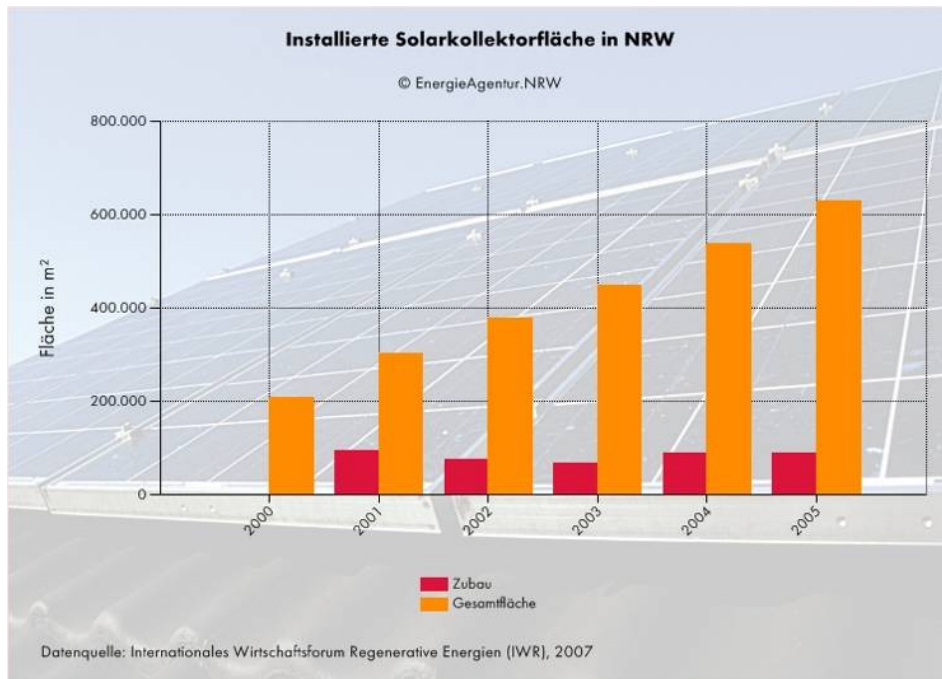


Abbildung 1.8: Installierte thermische Solarkollektorfläche in NRW [ENERGIEAGENTUR NRW, Thermische Solaranlagen, online]

Insgesamt waren in NRW im Jahr 2005 PV-Anlagen mit einer Gesamtleistung von 160 MWp installiert, welche rund 130 Mio. kWh Strom produzierten. Die EEG Novelle im Jahr 2004 hat bei Photovoltaikanlagen ein enormes Wachstum ausgelöst, und die Neuinstallationen haben im Jahr 2005 mit einer Leistung von rund 600 MW Rekordwerte erreicht [IWR, 2006].

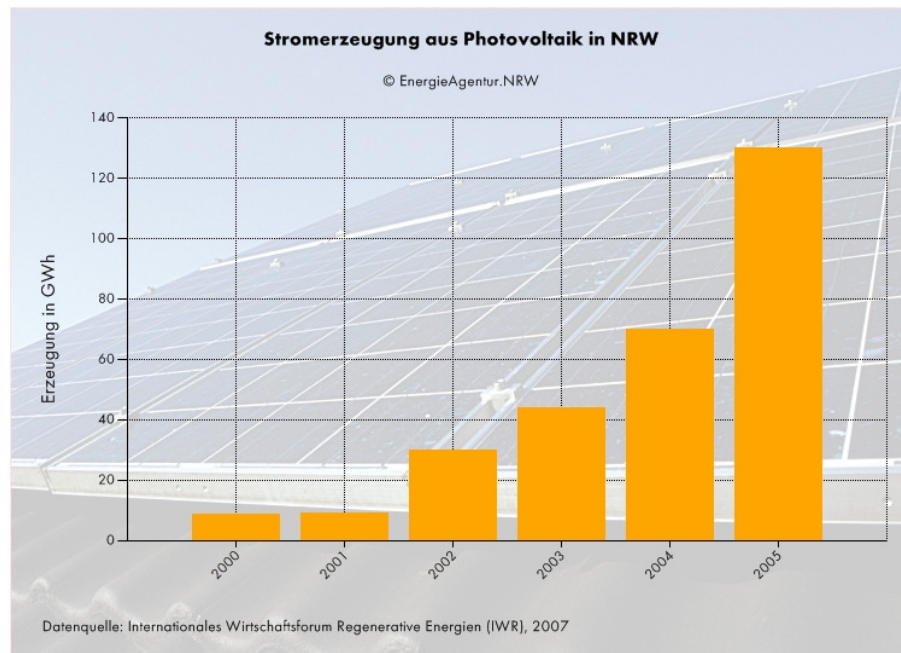


Abbildung 1.9: Stromerzeugung aus Photovoltaik in NRW [ENERGIEAGENTUR NRW, Photovoltaik, online]

Photovoltaik hat im Jahr 2006 mit 2,8 % zur regenerativen Stromerzeugung in NRW beigetragen und lieferte rund 210 Mio. kWh an Strom. Gegenüber dem Jahr 2005 bedeutete dies eine Steigerung um 61,5 % [IWR, 2006].

### 1.1.3.4 Biomasse

Aktuell (2007) sind rund 27 % der Gesamtfläche Nordrhein-Westfalens mit Wald bedeckt, wovon mehr als 95 % forstwirtschaftlich genutzt werden. Die Landwirtschaftsfläche macht ungefähr 52 % aus, wobei hier in den vergangenen Jahren ein deutlicher Rückgang zu verzeichnen ist. Dies ist hauptsächlich auf die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche zurückzuführen. Der Waldanteil bleibt jedoch weitgehend konstant [MUNLV, 2006], wie auch in Abbildung 1.11 ersichtlich ist.

#### 1.1.3.4.1 Allgemeine Daten zur Biomasse in NRW

In NRW gibt es seit den 80er Jahren enorme Rückgänge von Wiesenflächen, was sich insbesondere durch die Umwandlung in Ackerfläche beziehungsweise durch die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche begründen lässt. Ackerbau wird auf rund einem Drittel der Landesfläche betrieben [MUNLV, online, 5.11.2007].

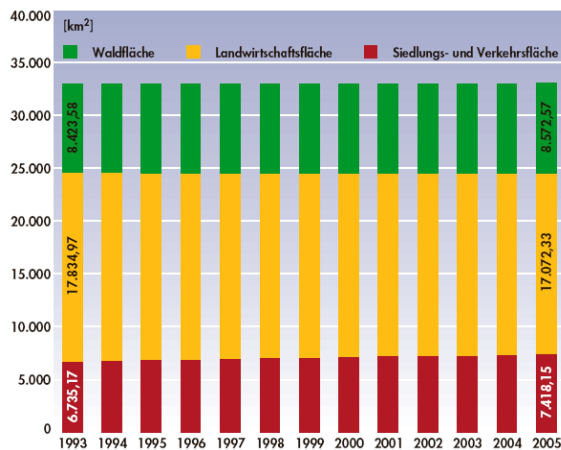


Abbildung 1.11: Entwicklung der Anteile von Wald-, Landwirtschafts- sowie Siedlungs- und Verkehrsfläche in NRW [MUNLV, 2007a]

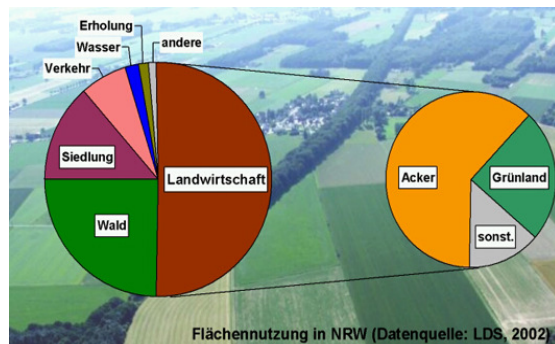


Abbildung 1.10: Flächennutzung in NRW [MUNLV Online]

Hinsichtlich der Verteilung der Waldgebiete in NRW zeigen sich deutliche regionale Unterschiede. Kompakte Waldgebiete befinden sich insbesondere im Sauerland, im Weserbergland sowie in der Eifel, während sich die Waldverteilung im Flachland von NRW eher zergliedert darstellt. Abbildung 1.12 zeigt die Waldverteilung differenziert nach Höhenstufen. Auffällig dabei ist, dass sich circa ein Viertel des Waldes in Höhenlagen unter 100 m, der Großteil sich jedoch oberhalb von 300 m befindet.

Der Großteil des Waldes in NRW befindet sich in Privatbesitz (64,8 %) – im deutschlandweiten Vergleich ist dieser Anteil am Höchsten. Der Staatswald hat in NRW einen Anteil von 35,2 %, wobei der Anteil des Landeswaldes in NRW mit 13,0 % im Landesvergleich am geringsten ist (siehe dazu Abb. 1.13) [MUNLV, 2007a].

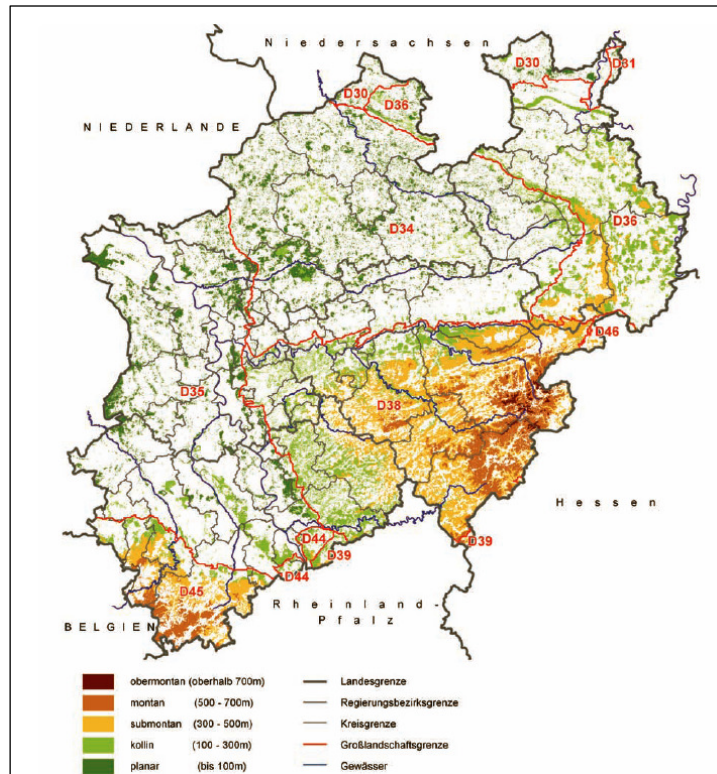


Abbildung 1.12: Waldverbreitung gegliedert nach Höhenstufen [MUNLV, 2007a]

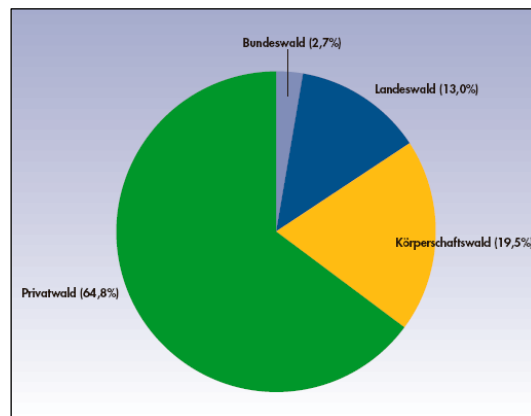


Abbildung 1.13: Waldeigentum in NRW [MUNLV, 2007a]

Der Wald in Nordrhein-Westfalen besteht zu mehr als der Hälfte aus Laubbäumen, und der Laubbaumanteil nimmt weiter zu. Der Holzvorrat im NRW Wald beträgt circa 208 Mio. Erntefestmeter ohne Rinde (Efm o. R.), was einem durchschnittlichen Vorrat pro Hektar von rund 243 Efm o. R. entspricht. Der Hektarvorrat hat gemäß Bundeswaldinventur von 1987 bis 2002 um rund 58 Efm o. R. zugenommen [MUNLV, 2007a].

Die nachhaltige Holzmenge, die aus dem Wald entnommen werden kann, liegt bei 6,3 Efm o. R. pro Hektar und Jahr. Insgesamt ergibt sich daraus bei einer Waldfläche von 878.400 ha ein jährliches Biomassepotenzial aus der Forstwirtschaft von 5,5 Mio. Efm o. R.

Gemäß dem Landeswaldbericht aus dem Jahr 1996 wird eine durchschnittliche jährliche Nutzung von circa 3,3 Mio. Efm o. R. angegeben, allerdings zeichnete sich bereits damals eine Zunahme der Nutzung ab. Der Holzzuwachs beträgt jährlich ungefähr 7,6 Mio. Efm o. R.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass der Zuwachs im Wald in NRW die eingeschlagene Holzmenge übersteigt. Trotzdem ist Nordrhein-Westfalen ein Holz-Importland, da die Holzindustrie mehr Holz verarbeitet als aus den Wäldern in NRW entnommen wird [MUNLV, 2007a].



#### 1.1.3.4.2 Energetische Biomassenutzung in NRW

Insgesamt belief sich die Stromerzeugung aus Biomasse im Jahr 2005 auf 2.580 GWh, die Wärmeproduktion auf 4.120 GWh. Zur Strom- und Wärmeproduktion aus Biomasse sind vor allem folgende Bereiche heranzuziehen:

- Biomasseheiz(kraft)werke
- Biogasanlagen
- Biogener Müll
- Klärgasanlagen
- Deponiegasanlagen
- Holzheizungen

Im Jahr 2005 waren 12 Biomasseheizkraftwerke in Betrieb, welche über eine Gesamtleistung von rund 100 MW<sub>el</sub> verfügten. Die installierte elektrische Leistung lag bei den Anlagen zwischen 0,3 und 20 MW<sub>el</sub>. Die gesamte Stromproduktion belief sich im Jahr 2005 auf 740 GWh [IWR, 2006].

Im Bereich Wärmeproduktion wurden im Jahr 2005 rund 1.820 GWh in Nordrhein-Westfalen aus fester Biomasse produziert. Ende 2005 gab es in NRW 29 Biomasseheizwerke mit einer thermischen Leistung von circa 42 MW<sub>th</sub>. Zusätzlich verfügten die bereits oben beschriebenen 12 Heizkraftwerke über eine Leistung von rund 325 MW<sub>th</sub>. Hinsichtlich der regionalen Verteilung der Anlagen liegt Arnsberg an der Spitze, gefolgt von Detmold.

Aus Holzheizungen (Hackschnitzel, Pellets) wurden im Jahr 2005 rund 530 GWh Wärme gewonnen [IWR, 2006 und IWR, 2007]. In Ein- und Mehrfamilienhäusern nahm die Installation von Pelletsheizungen zu. Bis Ende 2006 wurden rund 6.500 Anlagen mit einer Nennwärmeleistung von 267 MW installiert [MUNLV, 2007b].

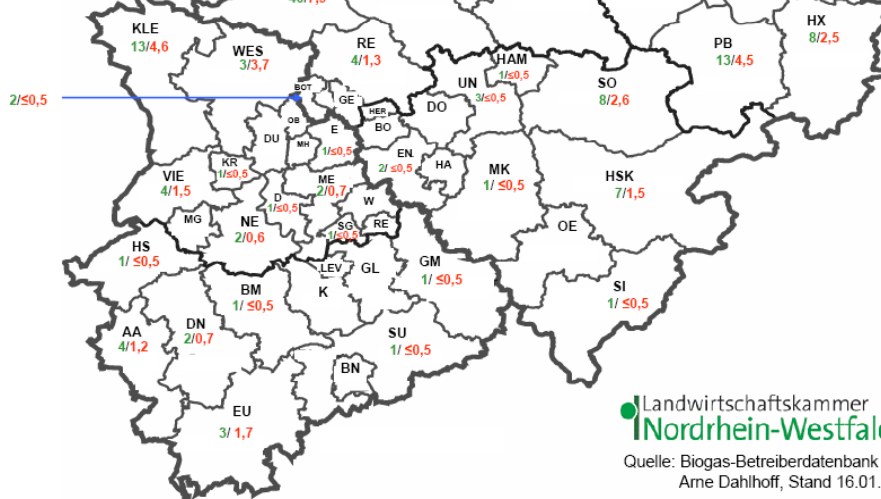
2005 gab es in NRW rund 170 Biogasanlagen mit einer installierten Leistung von insgesamt 43 MW<sub>el</sub>. Im Jahr 2006 waren etwa 80 weitere Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von rund 29 MW<sub>el</sub> in NRW im Bau befindliche beziehungsweise in Planung. Die Stromproduktion aus den im Jahr 2005 bestehenden Anlagen belief sich auf 280 GWh. Den größten Anteil an Biogasanlagen hat Münster, gefolgt von Detmold. Der Anteil von Biogas an der Wärmeproduktion ist nicht bekannt.

## Biogasanlagen in NRW

Legende:

8/2,6: 8 Biogasanlagen in Betrieb

2,6 MW<sub>el</sub> Gesamtleistung installiert



Landwirtschaftskammer  
**Nordrhein-Westfalen**  
 Quelle: Biogas-Betreiberdatenbank NRW  
 Arne Dahlhoff, Stand 16.01.2007

Abbildung 1.14: Übersicht der Biogasanlagen in NRW (Stand 01/2007)  
 [LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW, online, 14.11.2007]

Aus biogenem Müll (Grünschnitt, etc.) wurden im Jahr 2005 1.100 GWh Strom und 2.300 GWh Wärme erzeugt. Klärgas trug mit 210 GWh und Deponiegas mit 250 GWh zur regenerativen Stromerzeugung bei, die Werte dieser Energieträger in Bezug auf die Wärmeproduktion sind nicht bekannt [IWR, 2006 und IWR, 2007].

### 1.1.3.5 Geothermie

Um Erdwärme zu nutzen, sind die nötigen Voraussetzungen in NRW gegeben. Für eine oberflächennahe geothermische Nutzung können laut Geologischem Dienst NRW rund 70 % der Landesfläche genutzt werden [Umsetzungsbericht zur Klimastrategie NRW, 2005].

Der Geologische Dienst NRW hat die oberflächennahe geothermische Ergiebigkeit für Nordrhein-Westfalen ermittelt und grafisch dargestellt, wie in Abbildung 1.15 gezeigt wird.

Aus der Abbildung geht hervor, dass die geothermische Ergiebigkeit im Großteil von NRW zwischen 90 und 150 kWh pro Meter Erdsondenlänge und Jahr liegt (bezogen auf 2.400 Betriebsstunden und Erdsondenlängen von 40 m).

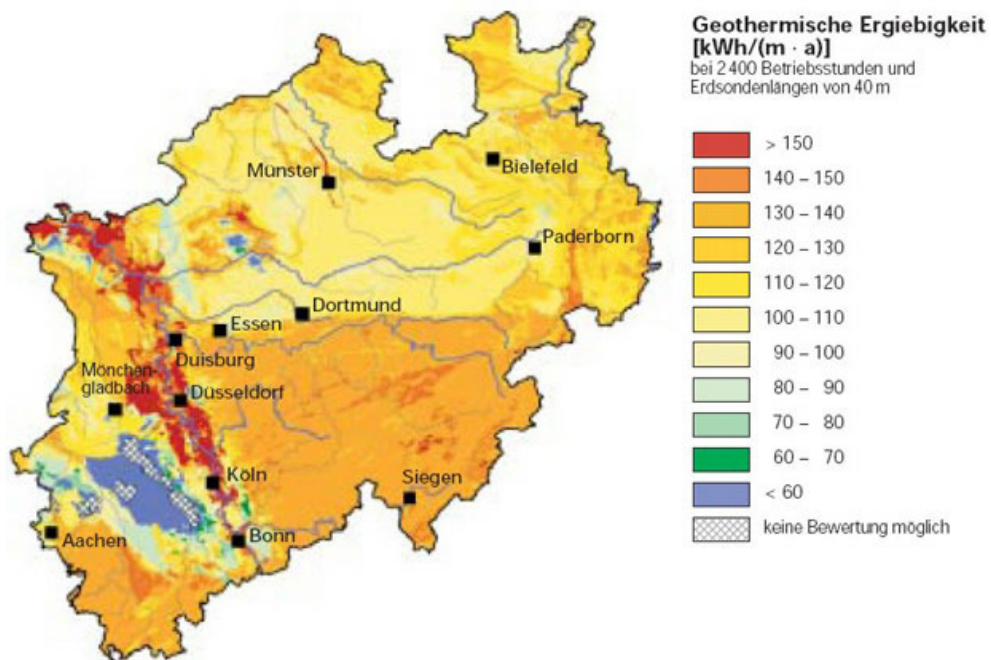


Abbildung 1.15 Geothermische Ergiebigkeit NRW  
[GEOLOGISCHER DIENST NRW, 2005]

Rund 3.270 Wärmepumpen wurden im Jahr 2004 in Nordrhein-Westfalen installiert. Bei 2.700 Stück handelte es sich um Heizungswärmepumpen, der restliche Teil waren Warmwasserpumpen [MUNLV, 2006]. Insgesamt gibt es einen Heizungswärmepumpenbestand von rund 14.700 Stück, sie erzeugten im Jahr 2004 rund 330 Mio. kWh Wärme. Der Gesamtbestand an Warmwasserpumpen ist derzeit nicht bekannt [IWR, 2007].

## 1.2 Rhein-Sieg-Kreis / Bonn

Der Rhein-Sieg-Kreis verfügt mit einer Gesamtfläche von 1.153 km<sup>2</sup> über einen Anteil an der Fläche des Landes Nordrhein-Westfalen von 3,4 %. Der Rhein-Sieg-Kreis hat mit Stand 30.06.2007 598.958 Einwohner. Bonn verfügt über eine Fläche von rund 141 km<sup>2</sup> und hat 314.301 Einwohner (Stand 30.06.2007).

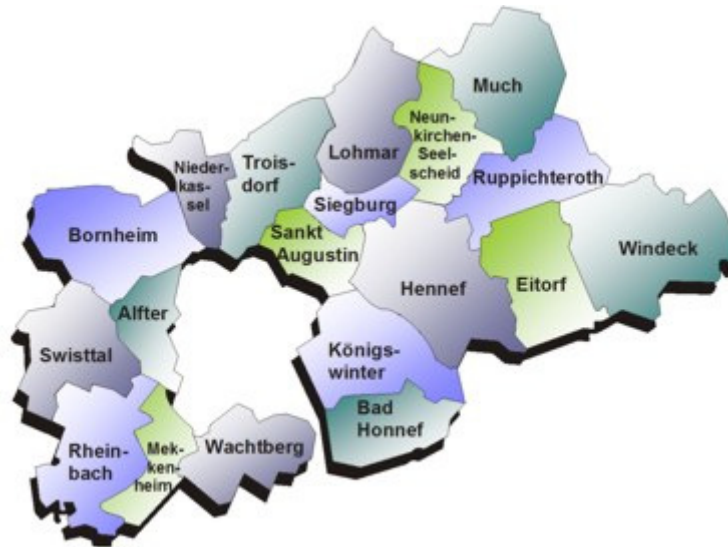


Abbildung 1.16: Städte und Gemeinden im Rhein-Sieg-Kreis  
[RHEIN-SIEG-KREIS, online]

Die landwirtschaftliche Fläche betrug im Jahr 2006 im Rhein-Sieg-Kreis 52.519 ha (rund 46 % der Gesamtfläche), davon waren 28.365 ha Ackerland und 20.285 ha Grünland. Auch im Rhein-Sieg-Kreis weisen die landwirtschaftlichen Flächen, wie in ganz Nordrhein-Westfalen zu bemerken, eine rückläufige Tendenz auf. Rund 33.722 ha, das sind 29 % der Gesamtfläche des Rhein-Sieg-Kreises, sind mit Wald bedeckt [RHEIN-SIEG-KREIS, 2007].

Im Rhein-Sieg-Kreis kann von einem etwa gleich großen Anteil von Laub- und Nadelwald ausgegangen werden.

In den beiden Kreisen Rhein-Sieg und Rhein-Erft (Landeswaldbericht NRW, MUNLV, 2007b) wurden zwischen 1999 und 2006 zusammen insgesamt 287 Hackschnitzel- und Pelletsanlagen durch die Holzabsatzförderrichtlinie NRW gefördert – davon 27 Hackschnitzelanlagen und 260 Pelletsanlagen.

Derzeit existiert im Rhein-Sieg-Kreis ein Biomasseheizwerk mit einer installierten Leistung von 700 kW<sub>th</sub>. Das Heizwerk in Königswinter wird mit Hackschnitzeln betrieben und erzielt eine Jahresarbeit von rund 1.400 MWh [IFAS, 2004, online].

Auch eine Biogasanlage ist im Rhein-Sieg-Kreis bereits installiert; sie hat eine Leistung von weniger als 0,5 MW<sub>el</sub> [LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN, 2007].

Auch in Bonn wurde im Bereich der energetischen Nutzung von Biomasse bereits eine Vielzahl an Projekten durchgeführt. Beispielsweise wird in Bonn seit dem Jahr 2000 ein Blockheizkraftwerk (BHKW) mit Rapsöl betrieben. Dieses lieferte 2003 rund 1.544.880 kWh Strom sowie 1.802.000 kWh Wärme und versorgte rund 2.000 Haushalte. Zwei Blockheizkraftwerke werden mit Klärgas betrieben und versorgen die zugehörigen Kläranlagen mit Strom und Wärme [BONN – Die Stadt, 2004]. Seit September 2006 versorgt eine Hackschnitzelheizanlage ein Schulzentrum mit erneuerbarer Energie.

Die jahresmittlere Globalstrahlungssumme, welche im Rahmen des „Solaratlas für Nordrhein-Westfalen“, ermittelt und kartographisch ausgewiesen wurde (siehe Abbildung 1.7) beträgt im Rhein-Sieg-Kreis beziehungsweise auch in Bonn zwischen 980 und 990 kWh/m<sup>2</sup>a. Im Rhein-Sieg-Kreis und in Bonn wurden innerhalb des Projektes „50 Solarsiedlungen in Nordrhein-Westfalen“ je eine Solarsiedlung geplant. Die Solarsiedlung in Troisdorf ist bereits im Bau befindlich, während sich jene in Bonn-Vilich noch in Planung befindet [ENERGIEAGENTUR NRW, online].

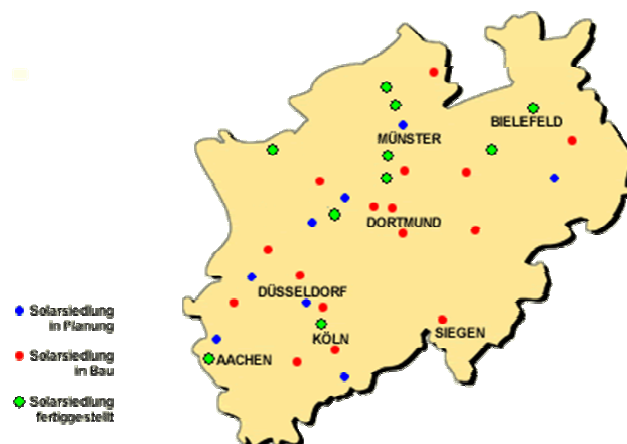


Abbildung 1.17: Übersicht über Solarsiedlungs-Standorte aus dem Projekt "50 Solarsiedlungen für Nordrhein-Westfalen" [ENERGIEAGENTUR NRW, online]

Bezogen auf den Rhein-Sieg-Kreis sind hinsichtlich der derzeitig installierten Leistung von solarthermischen- und Photovoltaikanlagen keine genauen Zahlen vorhanden.

In Bonn waren am 31. Dezember 2006 721 Solaranlagen mit einer Kollektorfläche von rund 5.120 m<sup>2</sup> installiert. Die kumulierte installierte Fläche hat in Bonn in den

vergangenen Jahren deutlich zugenommen, wie aus Abbildung 1.18 ersichtlich ist, allerdings war die Zahl der Neuinstallationen ab 2004 rückläufig. Durch die Einführung eines kommunalen Förderprogramms für Solarthermie konnte diesem Trend entgegengesteuert werden. Im Jahr 2007 wurde eine Kollektorfläche von 1.126,37m<sup>2</sup> (Stichtag 19.12.2007) installiert [STADT BONN, persönliche Auskunft].

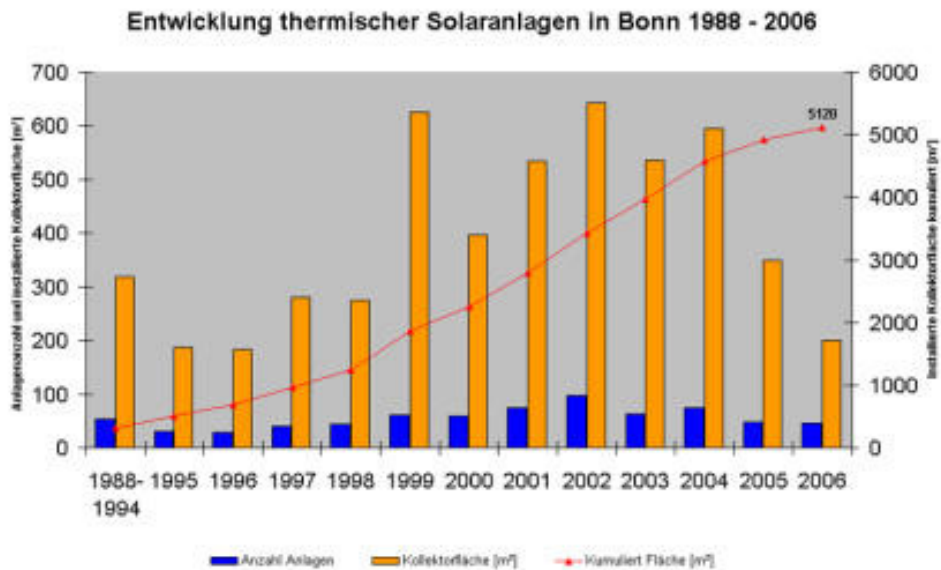


Abbildung 1.18: Solarthermische Anlagen in Bonn [BONN, Solarthermie, online]

Am 31. Dezember 2006 waren in Bonn insgesamt über 307 Photovoltaikanlagen mit einer installierten Leistung von 2.363 kW<sub>p</sub> [BONN, PV, online] installiert.

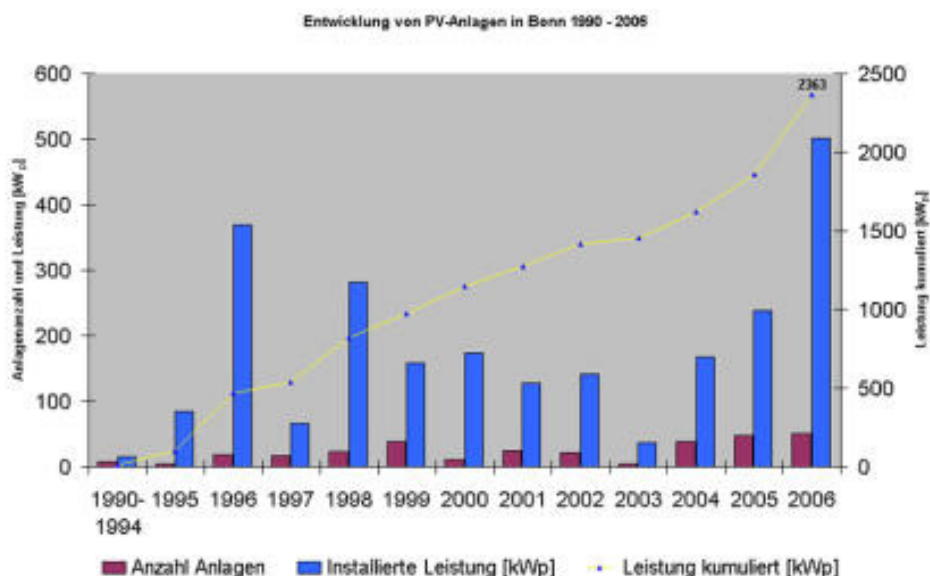


Abbildung 1.19: Photovoltaikanlagen und installierte Leistung in Bonn [BONN, PV, online]

Zur Nutzung von Geothermie in Nordrhein-Westfalen wurde bereits eine Untersuchung des Geologischen Dienstes NRW durchgeführt. In Bezug auf eine oberflächennahe geothermische Energienutzung erweisen sich auch der Rhein-Sieg-Kreis und Bonn als geeignet [GEOLOGISCHER DIENST, 2005].

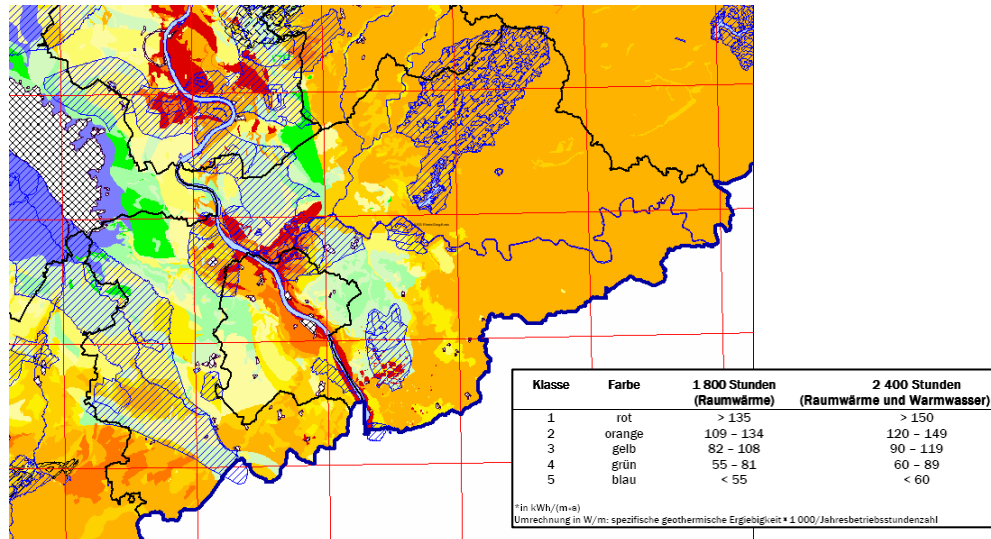


Abbildung 1.20: Geothermische Ergiebigkeit in einer Tiefe von 40 m bei 2.400 Betriebsstunden

Im Zusammenhang mit einer Anpassung des Energiesystems hin zu einer verstärkten Nutzung erneuerbarer Energiequellen muss insbesondere die räumliche Verteilung der vorhandenen Energieträger sowie auch die Siedlungsstruktur und damit die vorhandene Nachfrage betrachtet werden.

## 2 Zielsetzungen der Studie

Internationale Bestrebungen wie das Kyoto-Protokoll oder das Grünbuch „Energie“ der Europäischen Kommission haben dazu geführt, dass erneuerbaren Energien (EE) eine wachsende energiepolitische und wirtschaftliche Bedeutung zukommt.

Die Errichtung beziehungsweise der Betrieb von Erzeugungsanlagen stellt jedoch einen beachtlichen Eingriff in die Landschaftsökologie und -morphologie dar, weshalb es besonders wichtig ist, lokale Gegebenheiten in die Planung von neuen Kraftwerken einzubeziehen.

Die Gegenüberstellung der räumlich verfügbaren Energieressourcen und des entsprechenden Energiebedarfs bildet die Grundlage für die Modellierung von Regionen, die unter Ausnützung der ermittelten Energiepotenziale energetisch autark sein könnten.

Spätestens bei der technisch, wirtschaftlich und sozial sinnvollen Umsetzung von entsprechenden Projekten ist die Geographie beziehungsweise die Frage nach dem WO von Bedeutung:

- ***WO ist welcher Bedarf an elektrischer und thermischer Energie vorhanden?***
- ***WO ist welches Erzeugungspotenzial aus erneuerbaren Energieträgern verfügbar?***
- ***WO sind Regionen, die unter Ausnützung der verfügbaren Potenziale energetisch autark sein könnten?***

Antworten auf diese Fragestellungen dienen energiepolitischen Planungen und Strategien mit dem Ziel, den regionalen Bedarf an Wärme- und Stromversorgung soweit wie möglich durch lokal verfügbare Energieträger zu decken.

Mit diesem Projekt sollen, unter Berücksichtigung von räumlichen Faktoren, der Wert und die strukturellen Optionen einer regional organisierten Energieversorgung unter besonderer Berücksichtigung erneuerbarer Energieträger illustriert werden, um mit der ergänzenden geographischen Perspektive ein unterstützendes Instrument zur Entscheidungsfindung zu bieten.

Ziel der Studie ist ein Brückenschlag zwischen der Beantwortung rein individueller Standort bezogener Fragestellungen einzelner Anlagenbauer und Investoren über regionale Fragestellungen bis hin zu überregionalen Fragestellungen aus Politik



und Wirtschaft. Dies wird durch die Wahl eines räumlich disaggregierten Ansatzes in der Betrachtung der Fragestellungen möglich gemacht.

Dennoch liefert die Studie keinen Ersatz für eine dezidierte Einzelstandortanalyse im Sinne einer individuellen Investitionsentscheidung. Die Studie fokussiert auch nicht auf die Definition einzelner Szenarien bezüglich der Fortschreibung des regionalen und überregionalen Energiesystems.

Schwerpunkt der Studie ist hingegen das Aufzeigen eines Lösungsraums für die Fortschreibung oder Adaption des regionalen Energiesystems im Sinne einer für alle regionalen Interessen optimalen Lösung. In diesem Sinne ist der Anspruch der Studie im Wesentlichen auf eine Sensibilisierung und Versachlichung einer zum Teil sehr emotional geführten Diskussion in Bezug auf die regionale Inwertsetzung erneuerbarer Energieträger ausgerichtet.

Diese Studie kann auch als Grundlage für eine Vielzahl weitergehender Überlegungen herangezogen werden.

Mögliche weitere Fragestellungen können sein, wie zukünftige Bauvorhaben im Wohnbau energetisch versorgt werden, wie regionale Energiekonzepte optimiert werden können, welche Möglichkeiten sich für Kommunen oder Unternehmen hinsichtlich einer Stromeinspeisung aus erneuerbaren Energieträgern im Rahmen des EEG (Erneuerbare Energien Gesetz) ergeben könnten oder in welchen Regionen welche Energieträger bevorzugt werden sollten, um eine optimierte Energieversorgung zu gewährleisten.

Unterstützt wird durch die vorliegende Studie im Wesentlichen ein Meinungsbildungs- und Entscheidungsfindungsprozess im Sinne einer nachhaltigen und regionalen Energiepolitik.

### 3 Erfassung der Potenziale an erneuerbaren Energien in räumlich hoher Auflösung

Unter Berücksichtigung von topographischen, klimatologischen und naturräumlichen Faktoren werden die energetischen Potenziale der erneuerbaren Energieträger Biomasse, Windkraft, Solarkraft und Geothermie abgeschätzt.

Der zur Ermittlung der Potenziale verfolgte Ansatz folgt einer Top-Down Strategie (Abb. 3.1). Es wird dabei ein mögliches theoretisches Potenzial durch naturräumliche Faktoren auf ein technisch realisierbares Potenzial eingeschränkt. In einem weiteren Schritt wird dieses Potenzial auf ein unter bestimmten Voraussetzungen realisierbares Potenzial weiter reduziert.

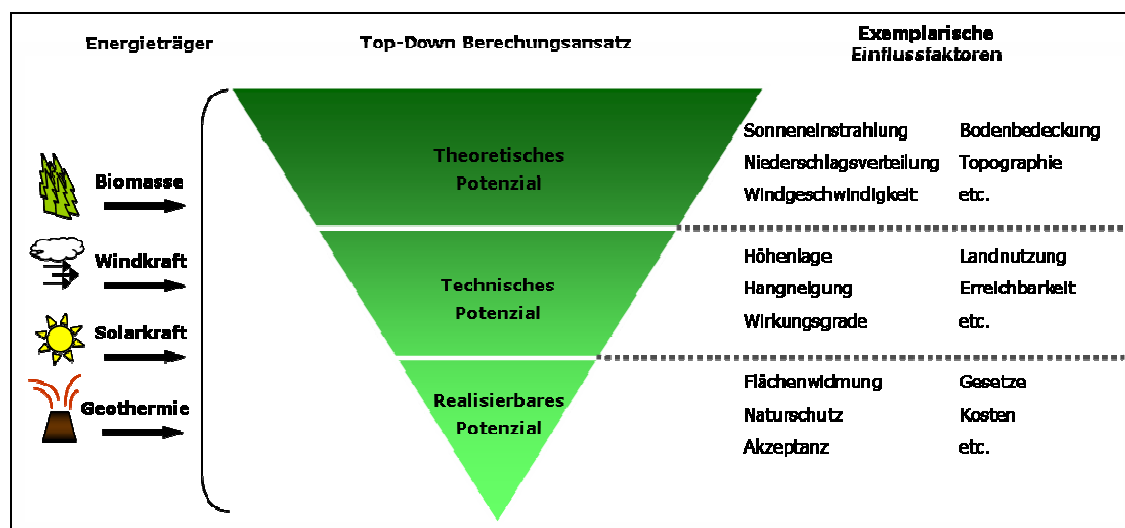


Abbildung 3.1: Top-Down Berechnungsansatz zur Ermittlung der erneuerbaren energetischen Potenziale

Im Folgenden werden die Modellierung sowie die zugrunde liegenden Annahmen und Einschränkungen zur Abschätzung des verfügbaren erneuerbaren Energiepotenzials für die jeweiligen Energieträger erläutert.

### **3.1 Modellierung des Solarpotenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn**

Basis für die räumliche Modellierung des Solarenergiepotenzials sind ein 25 m-Geländemodell für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn, die Globalstrahlung in der Region – welche anhand von Globalstrahlungsmessungen ausgewählter Klimastationen berechnet wurde - sowie Gebäude- und Wohnungsstatistiken.

Das theoretisch verfügbare Energiepotenzial der Sonne zur Abdeckung unseres Energieverbrauchs ist enorm. Allerdings erreicht nur ein Teil der gesamten eingestrahlten Solarstrahlung die Erdoberfläche in Form von diffuser (indirekter / gestreuter) und direkter Strahlung, da die Sonnenstrahlung bei der Durchdringung der Erdatmosphäre verschiedenen Streu- und Absorptionsvorgängen unterliegt. Die Summe aus direkter und indirekter Sonneneinstrahlung, bezogen auf eine horizontale Geländefläche, wird als Globalstrahlung bezeichnet. Die verfügbare Globalstrahlung unterliegt erheblichen räumlichen und zeitlichen Schwankungen, welche sich auf klimaspezifische Faktoren sowie die geographische Lage zurückführen lassen [ENERGIEAGENTUR NRW,1997].

Um eine räumlich hoch aufgelöste Modellierung des Solarkraftpotenzials durchzuführen, muss die Verteilung der Globalstrahlung bekannt sein. Die Modellierung stützt sich dabei auf die räumlich und zeitlich aufgelöste Betrachtung der direkten und indirekten Sonneneinstrahlung auf Basis der Tages- und Jahreszeiten sowie der Geländeform im Rhein-Sieg-Kreis und in Bonn.

Den Ausgangspunkt der Modellierung des nutzbaren Solarenergiepotenzials bildet somit die Berechnung der täglich verfügbaren Strahlungsmenge der Sonne (Globalstrahlung), gegliedert nach direkter Sonnenstrahlung (ca. 31 %, SCHAUMBERGER, 2007) und diffuser Himmelsstrahlung.

Die zur Verfügung stehende solare Strahlungsmenge wird dabei in erster Linie von der Tages- und Jahreszeit, der geographischen Breite, dem mittleren monatlichen Bewölkungsgrad und den durch die Geländeform vorgegebenen Abschattungseffekten definiert (SCHAUMBERGER, 2007).



Abbildung 3.2: Theoretische Globalstrahlung im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn

Die ermittelten theoretischen Werte der Strahlungsmenge im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn wurden in einem zweiten Schritt durch die Einbeziehung von Globalstrahlungsmessreihen ausgewählter Klimastationen kalibriert.

Mit ‚Solar Radiation‘ Strahlungsmodellen lassen sich unter Berücksichtigung der zeit- und ortsabhängigen Position die theoretischen Strahlungswerte für jede horizontale Geländeoberfläche, unter Berücksichtigung der Horizontalabschattung und atmosphärischen Trübungseffekten für gemittelte Bewölkungsgrade, berechnen. Mit der Einbeziehung langjähriger Globalstrahlungsmessreihen ausgewählter Klimastationen und der monatlichen Modellierung der Strahlungsberechnung an geeigneten Oberflächen kann so die tatsächlich zur Verfügung stehende Strahlungsmenge angenähert werden (Kollektorflächenausrichtung: Süd (180°), Neigung ca. 39°, Breitengrad 50.75°).

Für die Abschätzung des tatsächlich verfügbaren Solarpotenzials im Rhein-Sieg-Kreis und in Bonn wurde als Ausgangslage definiert, dass theoretisch alle Gebäudedachflächen als Kollektornutzflächen zur Verfügung stehen können. Um technisch realisierbare Energie-Potenziale zu ermitteln, muss zusätzlich der erzielbare Wirkungsgrad von thermischen Solarkollektoren und Photovoltaikanlagen als Datenbasis festgelegt werden.

Thermische Solarkollektoren wandeln die Solarstrahlung teilweise in Wärmestrahlung um. Mittels eines Wärmeträgermediums kann ein Teil der Wärme entweder direkt genutzt oder in einen Speicher überführt werden. Solarthermische Kollektoren verfügen heute über einen typischen Kollektorwirkungsgrad von bis zu 50 %.

Photovoltaikanlagen wandeln die auf den Kollektor auftreffende solare Strahlungsenergie teilweise in elektrische Energie um. Laut DENA (2007) haben dabei kristalline Silizium Photovoltaik-Zellen einen Wirkungsgrad von 13 – 18 %. Bei Dünnschichtsolarmodulen ist dieser Wert deutlich geringer, er liegt bei 5 – 8 %. Zur Modellierung des kombinierten Solarkraftpotenzials wird daher ein mittlerer technischer Solarmodulwirkungsgrad von 20 % (Mischnutzung aus Solarthermie und Photovoltaik) für die Inwertsetzung von Solarkraft zugrunde gelegt.

Die folgende Abbildung zeigt die Vorgehensweise zur Ermittlung des Solarenergiepotenzials.

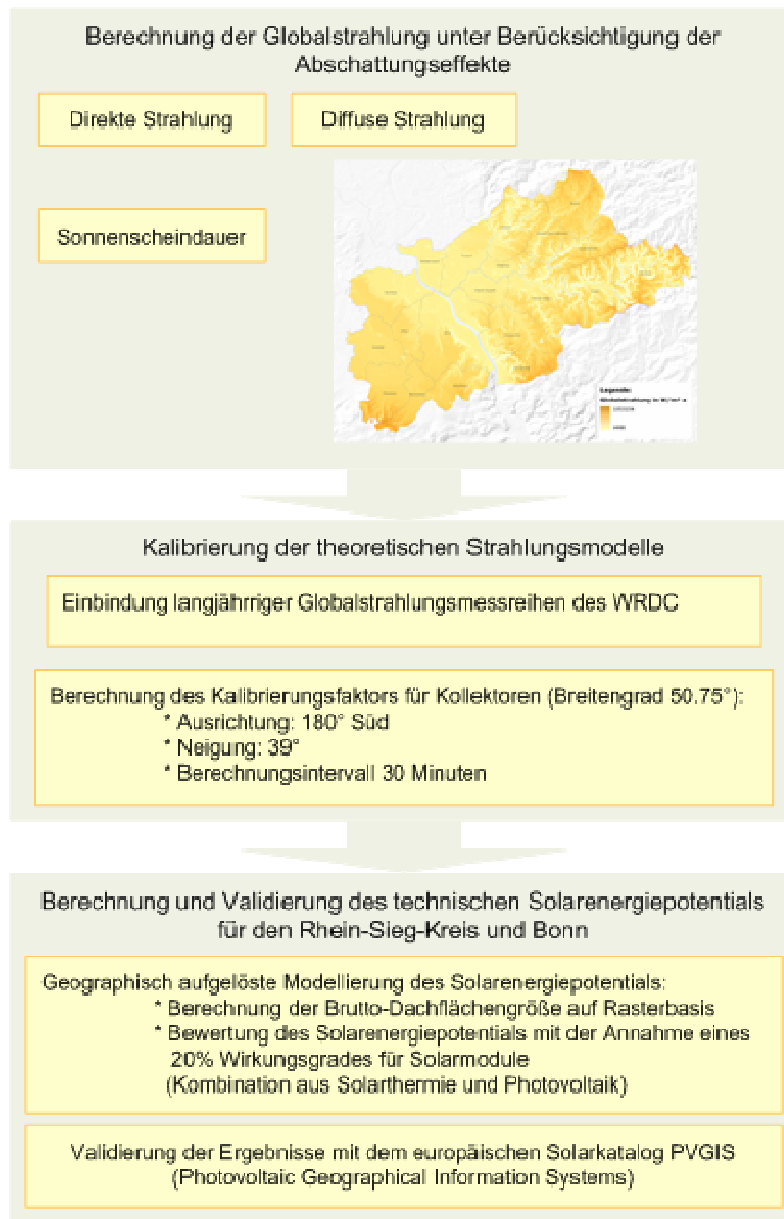


Abbildung 3.3: Modellierung des Solarkraftpotenzials

Das Ergebnis spiegelt das im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn auf Gemeindeebene verfügbare Solarenergiepotenzial wider. Dieses Potenzial markiert dabei die physikalische Obergrenze der Nutzbarmachung der Sonnenenergie für Wärme und Strom. Das Potenzial ergibt sich durch die bereits angeführten Annahmen zur Modellierung:

- Kalibrierung des theoretischen Solareinstrahlungsmodells mittels eines Kalibrierungsfaktors für Kollektoren mit:
  - einer Ausrichtung von 180° Süd
  - einer Kollektor-Neigung von 39°

- einem Berechnungsintervall von 30 Minuten
- Für die mögliche Installation von Solar-Kollektorflächen werden ausschließlich Brutto-Geschoßflächen von Gebäuden berücksichtigt.
- Zur Modellierung wird ein mittlerer technischer Solarmodulwirkungsgrad von 20 % (Mischnutzung aus Solarthermie und Photovoltaik) für die Inwertsetzung von Solarkraft zugrunde gelegt.

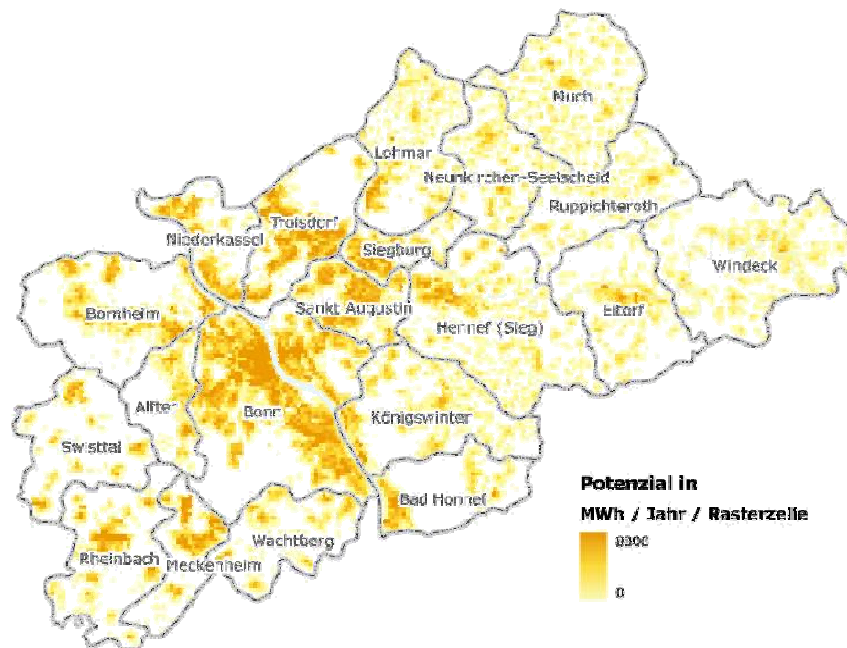


Abbildung 3.4: Solarpotenzial im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn, bezogen auf die Brutto-Geschoßflächen und einen Solarmodulwirkungsgrad von 20 %

Mit der Hypothese, dass alle Dachflächen im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn für die Solarenergie genutzt werden, ergibt sich mit dieser Modellierung ein nutzbares Sonnenenergiepotenzial von rund 8,5 TWh. Dieses technische Potenzial markiert dabei die physikalische Obergrenze der Nutzarmachung und entspricht einem Flächenbedarf von maximal 46 km<sup>2</sup> Kollektorfläche.

Zusätzlich zur Ausweisung des Potenzials auf 250 m Rasterbasis wird das potenzielle Solarpotenzial auch für einzelne Dachflächen ausgewiesen. Es handelt sich dabei jedoch nur um eine Abschätzung basierend auf der Bruttogebäudefläche, in der vorgegebene Dachneigungen und Ausrichtungen keine Berücksichtigung finden. Die so ausgewiesenen Zahlen ersetzen keinesfalls eine Einzelstandortanalyse zur Ermittlung des tatsächlich nutzbaren Potenzials!

### **3.2 Modellierung des Geothermischen Potenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn**

Zur Ermittlung des geothermischen Potenzials wird die oberflächennahe Geothermie betrachtet. Dies bezieht sich auf Tiefen bis maximal 400 m. Der hauptsächlich klimatisch bedingte Temperatureinfluss des Erdreiches reicht bis ca. 5 m Tiefe, im Bereich von 10 - 20 m liegen die Temperaturen ganzjährig bei  $\sim 10^{\circ}\text{C}$  -  $12^{\circ}\text{C}$  und nehmen danach um  $\sim 3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  zu [GEOLOGISCHER DIENST NRW, 2005]. Direkt sind heißes Wasser oder heißer Dampf nur dort verfügbar, wo geothermische Anomalien vorliegen, d.h. wo Störungszonen ein ungewöhnlich hohes Temperaturniveau bedingen. Um das geothermische Potenzial im Rhein-Sieg-Kreis möglichst effizient zu nutzen, wird in der Modellierung von Anlagen mit einer Auslastung von 2.400 Betriebsstunden/Jahr ausgegangen.

Die oberflächennahe Geothermie kann zusammenfassend über folgende Technologien genutzt werden:

#### 1. Grundwasserwärmepumpen

Diese Systeme zählen zu den offenen Systemen, das heißt sie verfügen über ein offenes Rohrsystem. Man nutzt hier die relativ konstante Temperatur des Grundwassers von  $8-12^{\circ}\text{C}$ , das über einen Brunnen an die Oberfläche gepumpt und anschließend über Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wird. In einem ausreichend entfernten Brunnen wird das abgekühlte Wasser wieder in den Untergrund eingebracht (Schluckbrunnen).

#### 2. Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren können vertikal oder horizontal verlegt sein. Horizontal werden sie in einem Abstand von 0,5 – 1 m in einer Tiefe von etwa 1 - 1,5 m verlegt.

##### *a) Erdberührte Betonbauteile, Energiepfähle*

Häufig werden Pfähle zur statischen Unterstützung in den Untergrund eingebracht, wobei ohne großen Aufwand Wärmetauscher-Rohre an den Pfählen angebracht werden können. Sind die Pfähle von vornherein nicht vorhanden, werden Rammpfähle mit Rohren und integrierten Wärmetauschern verkleidet und in den Untergrund eingerammt [HASLAUER, 2005].



### b) Erdwärmesonden

Erdwärmesonden nutzen die oberflächennahe Geothermie mit Temperaturen von etwa 10 -25°C. Bei Erdwärmesonden handelt es sich um ein geschlossenes Rohrsystem, das in Tiefen von 40 – 400 m eingebracht werden kann und in welchem eine Trägerflüssigkeit, meist ein Wasser-Sole-Gemisch, zirkuliert [GEOLOGISCHER DIENST NRW, 2005]. Während der Zirkulation, getrieben durch eine Wärmepumpe, erwärmt sich die Flüssigkeit und fördert so die im Untergrund enthaltene Wärme nach oben.

Die in der Regel elektrisch eingebrachte Antriebsenergie für Wärmepumpen entspricht in etwa 25 % der nutzbaren Wärmeenergie. Somit werden etwa 3/4 der nutzbaren Endenergie aus dem Untergrund geliefert. Verwendet werden bei Erdwärmesonden im Allgemeinen U-Sonden, Doppel-U-Sonden oder Koaxialrohre. Doppel-U-Sonden, bei denen das Wärmeträgermedium in einer Sonde nach unten (Vorlauf) und in einer anderen wieder nach oben (Rücklauf) strömt [HASLAUER, 2005], repräsentieren dabei die primäre Fördertechnologie.

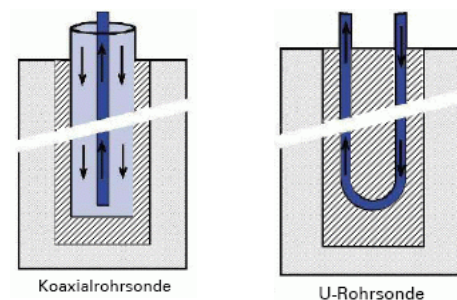


Abbildung 3.5: Koaxialrohrsonde und U-Rohrsonde [GEOMAIN, 2007, online]

Geht man von einer Verwendung von Doppel-U-Sonden mit einem Durchmesser von 25 oder 32 mm aus, so ergeben sich folgende Entzugsleistungen in Abhängigkeit vom Untergrund:

- Bei einem Untergrund mit wassergesättigtem Sediment beträgt die Entzugsleistung bei 2400 Betriebsstunden/a  $\sim 20$  W/m ( $\rightarrow 48$  [kWh/ma])
- Bei Festgesteinsuntergrund und wasserfestem Sediment beträgt die Entzugsleistung bei 2400 Betriebsstunden /a  $\sim 50$  W/m ( $\rightarrow 120$  [kWh/ma])
- Bei Festgestein mit hoher Wärmeleitfähigkeit beträgt die Entzugsleistung bei 2400 Betriebsstunden/a  $\sim 70$  W/m ( $\rightarrow 168$  [kWh/ma]) [VDI 4640, Blatt 2, Thermische Nutzung des Untergrundes ]

Die Nutzung von oberflächennaher Geothermie erstreckt sich über folgende Bereiche:

- Heizung und Kühlung mit Wärmepumpen
- Hydrothermale Anlagen nutzen warme, wasserführende Schichten, sogenannte Aquifere, zu Heizzwecken
- Ab einer Wassertemperatur von 100°C lassen sich Aquifere auch zur Stromerzeugung nutzen
- Mit Heißdampf können Turbinen betrieben und Strom erzeugt werden [UNIVERSITÄT HANNOVER, 2005 und GEOLOGISCHER DIENST NRW, 2005]

Um die für Erdwärmesonden erforderliche Tiefe zu ermitteln, ist folgende Formel als Berechnungsgrundlage anwendbar (hier: ein Einfamilienhaus mit einer 12 kW Wärmepumpe):

$$\text{Sondenlänge [m]} = \frac{\text{Heizleistung [W]}}{\text{Wärme-Entzugsleistung [W/m]}} = \frac{12.000 \text{ W}}{60 \text{ W/m}} = 200 \text{ m};$$

*Formel 1: Ermittlung der Bohrtiefe  
[WASSERWIRTSCHAFTSAMT DEGGENDORF, online]*

Der Sondenabstand wird in der Richtlinie VDI 4640, Blatt 2 erläutert:

- kleinster Abstand zwischen zwei Erdwärmesonden:
  - a. mindestens 5 m bei Erdwärmesondenlängen von 40 – 50 m,
  - b. mindestens 6 m bei Erdwärmesondenlängen > 50 – 100 m.

Beim Einsatz einer Erdwärmesonden-Anlage sind neben dem Energiebedarf des zu versorgenden Gebäudes außerdem folgende von den Untergrundverhältnissen abhängige Faktoren zu überprüfen:

- Spezifische Wärme-Entzugsleistung [kWh/m\*a]
- Hydrogeologische Gegebenheiten im Untergrund: stauende Schichten können die Genehmigungsfähigkeit der Bohrtiefe beeinflussen
- Geologische Untergrundgegebenheiten: verkarstungsfähige Gesteine oder mögliche Methangasaustritte müssen bei der Planung der Bohrung berücksichtigt werden
- Prüfung der Lage der Erdwärmesonde (Wasserschutzgebiete, Wasserrechte Dritter) [GEOMAIN, online]

Die Modellierung des geothermischen Potenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn stützt sich auf Daten des Geologischen Dienstes. Diese Daten unterscheiden 4 Klassen:

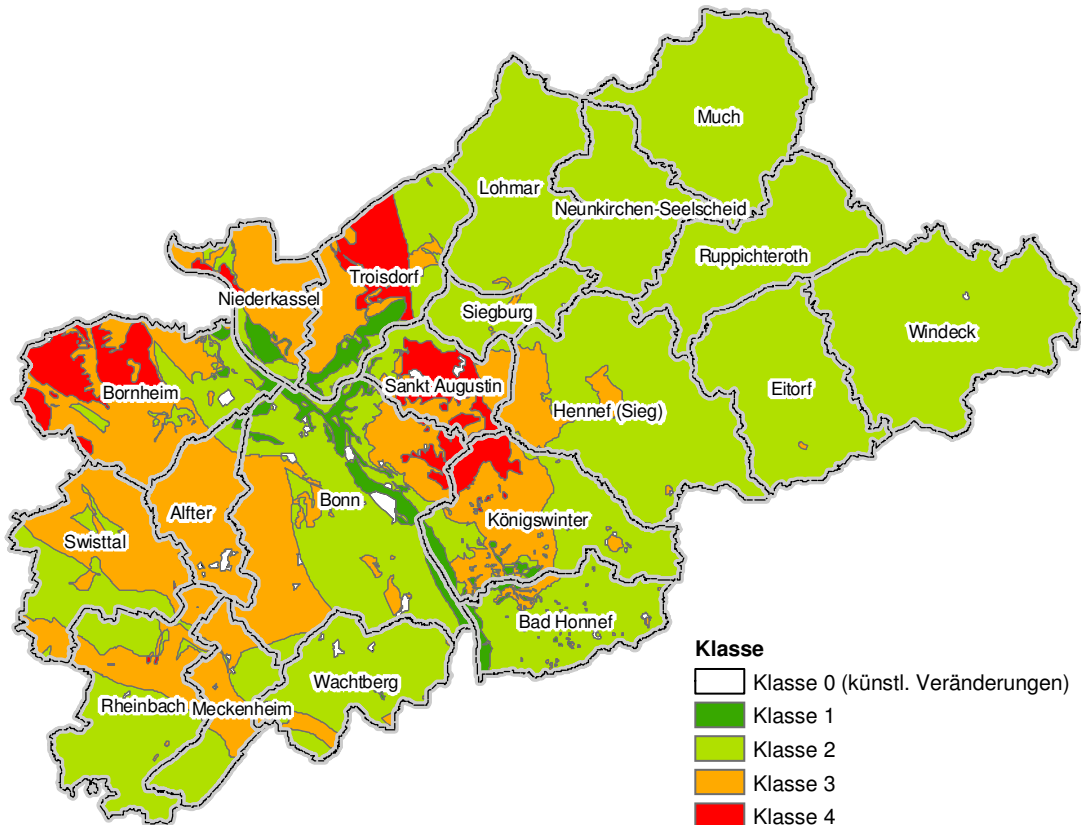


Abbildung 3.6: Kartographische Darstellung der Klassen unterschiedlicher gemittelter Wärme-Entzugsleistungen.

[kWh/ma]	Mittelwert	W/m
Klasse 1: >150	165	68.75
Klasse 2: 120-149	135	56.25
Klasse 3: 90-119	105	43.75
Klasse 4: 60-89	75	31.25

Tabelle 3.1: Klassen unterschiedlicher gemittelter Entzugsleistungen.

Die einzelnen Klassen spiegeln dabei eine maximierte spezifische Entzugsleistung für jeweils optimierte Bohrtiefen wider. Die Abbildung liefert keine Aussage über die jeweils optimale Bohrtiefe!

Es handelt sich dabei um eine Überlagerung von spezifischen Entzugsleistungen aus 40, 60, 80 und 100m Bohrtiefe. Um daraus pro Landfläche eine nutzbare Entzugsleistung abzuleiten, wird folgende Annahme gemacht:

**Pro vier Bohrungen werden in Summe 150 Meter Sondenlänge angenommen. Diesen 150 Metern Sondenlänge werden die jeweils lokal vorliegenden optimalen spezifischen Wärme-Entzugsleistungen in W/m zugeordnet. Dies kann im Einzelfall durch vier relativ flache Bohrungen oder aber durch 1 oder 2 tiefe Bohrungen realisiert werden.**

Im Allgemeinen wird diese Annahme zugrunde gelegt, um eine Abschätzung für das standortspezifisch maximal nutzbare geothermische Potenzial zu erhalten.

In Anlehnung an die VDI Richtlinie zu mittleren Sondenabständen von mindestens 6m bei 50 – 100m Sondentiefe wird für eine flächendeckende Nutzung unter Berücksichtigung aller im Rahmen dieser Betrachtung berücksichtigten Sondentiefen ein Abstand von 10m angenommen. Dies führt bei einer Oberflächen Rasterzelle von 250m x 250m zu einer potenziellen Anzahl von 625 Einzelsonden. Diese Zahl terminiert ein Maximum für installierbare Erdsonden pro Flächeneinheit.

Darüber hinaus wird eine weitere Reduktion dieser potenziellen Sondendichte in Abhängigkeit der Nähe zu Siedlungsstrukturen, der Siedlungsdichte, sowie weiteren Landnutzungsklassifikationen durchgeführt.

Kriterien hierbei sind folgende:

- Nur Landflächen in einem 50m Umkreis um den Gebäudebestand sind für eine geothermische Nutzung berücksichtigt; optimale Sondendichte kann annähernd erreicht werden; maximal 600 Einzelsonden pro 250m Rasterzelle.
- Landfläche bedeckt durch Gebäudebestand steht nicht für die Installation von Erdsonden zur Verfügung.

Diese Kriterien basieren auf der Grundlage, dass nur oberflächennahe Geothermie berücksichtigt wird. Dieses geothermische Potenzial wird in der Regel zur Wärmebedarfsdeckung herangezogen und ist somit in seiner wirtschaftlichen Nutzung auf verfügbare Potenziale in Nähe zum Gebäudebestand angewiesen.

Diese Annahmen lassen sich kartographisch visualisieren. Abbildung 3.7 zeigt die potentielle verfügbare Fläche für Erdsonden im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn.

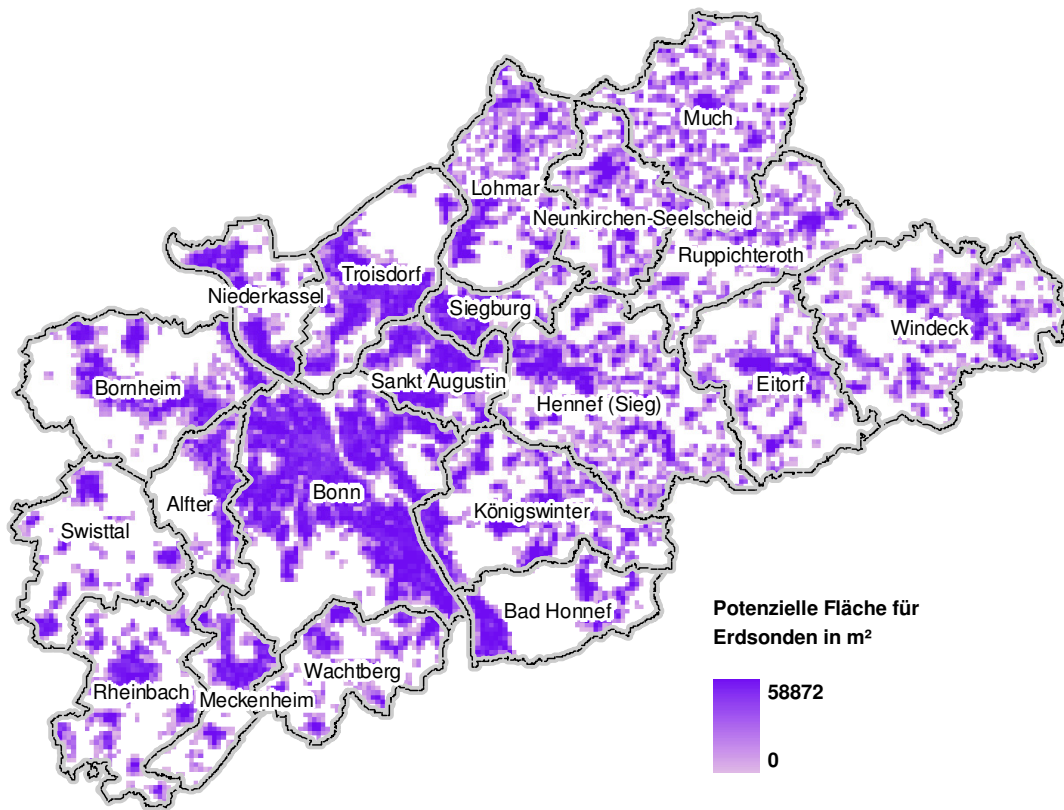


Abbildung 3.7: Mögliche Fläche für Sonden im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn

Entsprechend den Annahmen ist eine hohe potentielle Sondendichte mit der Siedlungsstruktur korreliert.

Daraus lässt sich nun durch Verknüpfung mit den klassifizierten maximierten spezifischen Entzugsleistungen pro Standort ein nutzbares geothermisches Potenzial für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn abschätzen. In seiner räumlichen Auflösung ist dies in Abbildung 3.8 dargestellt.

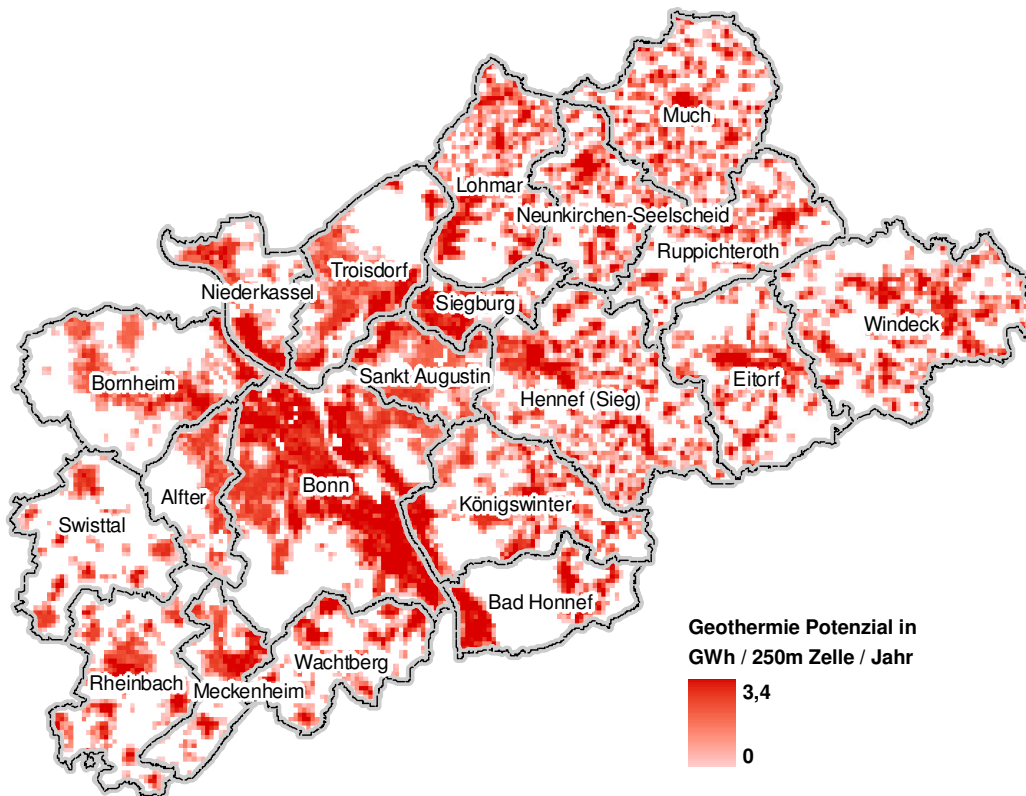


Abbildung 3.8: Geothermisches Potenzial in MWh/ Jahr/ 250m Zelle für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn

Daraus lässt sich nun durch Verknüpfung mit der klassifizierten maximierten spezifischen Entzugsleistung pro Standort ein nutzbares geothermisches Potenzial für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn abschätzen. In Summe kumuliert dieses Potential für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn auf den theoretischen Wert von 12,8 TWh/Jahr an potenziell geothermisch nutzbarer Energie.

### **3.3 Modellierung des Biomassepotenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn**

Als Biomasse wird grundsätzlich die gesamte durch Pflanzen oder Tiere erzeugte organische Substanz bezeichnet. Innerhalb der energetischen Nutzung werden üblicherweise zwei Kategorien unterschieden:

- ⇒ Nachwachsende Rohstoffe
- ⇒ organischer Abfall

Als Datengrundlage dienen in dem vorliegenden GIS (Geoinformationssystem) – basierten Ansatz vorrangig Landnutzungsdaten.

Die Bewertung der energetisch nutzbaren Biomassepotenziale ergibt sich durch die Kombination vieler Einflussfaktoren wie Waldbewirtschaftung, Holzverarbeitung, die landwirtschaftliche Biomasseproduktion oder die Tierhaltung. In der Praxis ist nur ein Bruchteil des theoretischen Zuwachses auf Grund von Konkurrenznutzungen oder topographischen Einschränkungen nutzbar. Meist sind die Nahrungs- und Futtermittelproduktion beziehungsweise die stoffliche Nutzung von Holz als Primärnutzungsschiene der Biomasse gegeben. Diese einschränkenden Faktoren hinsichtlich Verfügbarkeit der Rohstoffe für eine energetische Nutzung werden oft als „Constraints“ bezeichnet. Schlussendlich bestimmen aber der Marktpreis sowie ergänzende Förderungen über die Nutzung der vorhandenen Potenziale.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die in der Modellierung berücksichtigten Biomasse-Ressourcen sowie die zugrunde gelegten Annahmen.

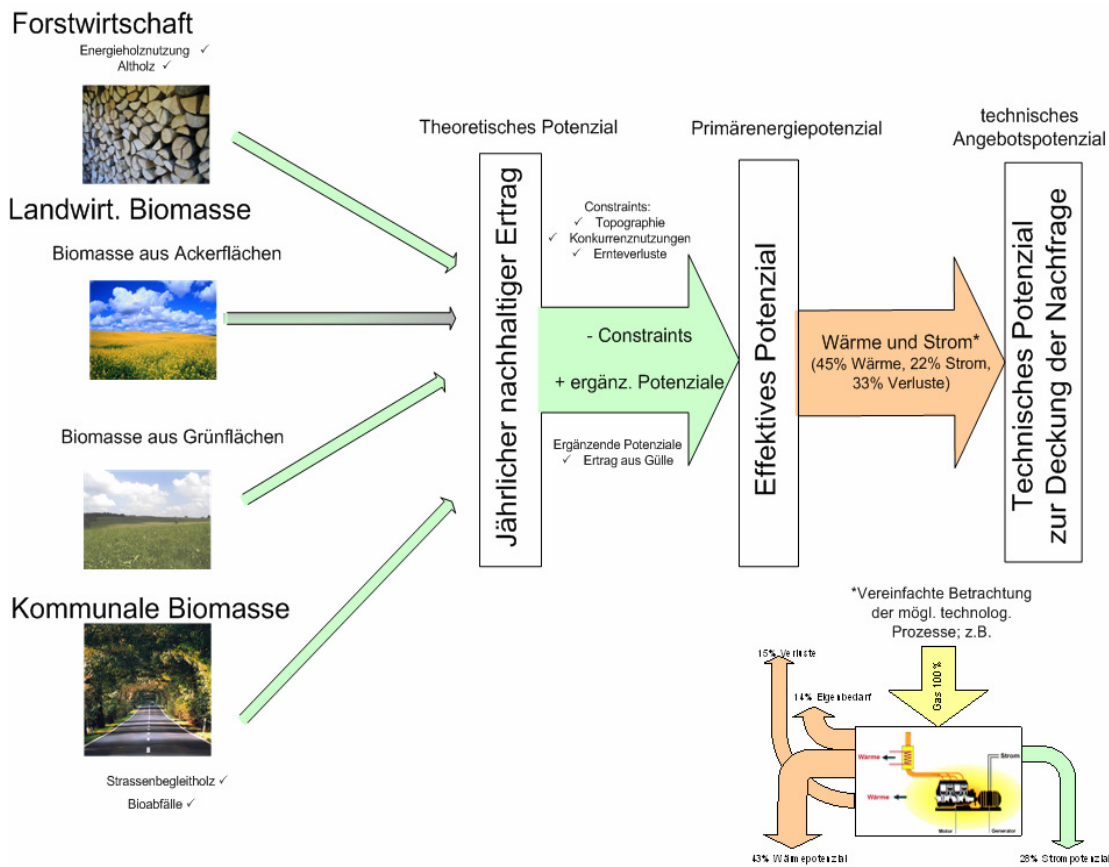


Abbildung 3.9: Berücksichtigte Ressourcen für die energetische Potenzialermittlung

Im Modell wird ausgehend von den theoretischen Potenzialen, mittels des bereits am Beginn des Kapitels dargestellten Top-Down-Ansatzes (siehe auch Abbildung 3.1), über effektive Potenziale das nutzbare Endenergiepotenzial (in diesem Sinne ein technisches Potenzial zur Deckung der Wärme- und Strombedarf) ermittelt.

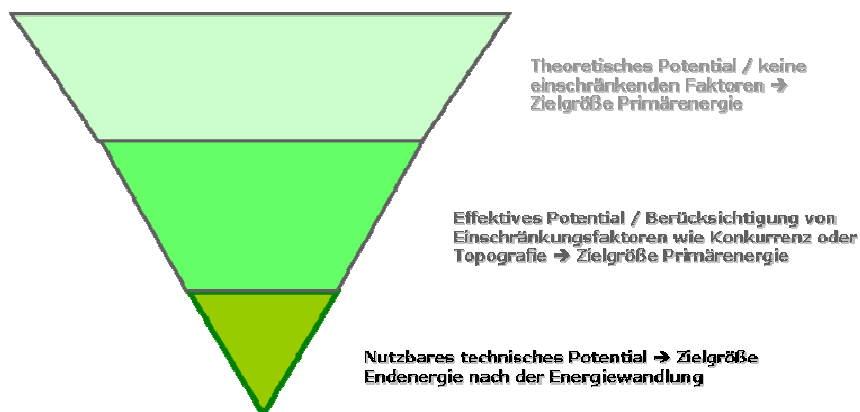


Abbildung 3.10: Top Down Ansatz zur Ermittlung des Biomassepotenzials



Um eine nachhaltige Nutzung insbesondere hinsichtlich der landwirtschaftlichen Flächen zu gewährleisten, muss auf die Gesamtenergiesituation und die gesetzlichen Rahmenbedingungen in Deutschland Rücksicht genommen werden. Es sind bereits einige Studien bezüglich der Potenziale biogener Stoffe für Deutschland publiziert worden, deren Ergebnisse aber große Unterschiede aufweisen. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen hat in einer Studie die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst:

*„Mit dem Reststoffpotenzial zusammen ergibt sich damit ein Deckungsbeitrag zum Primärenergieverbrauch durch Bioenergie von maximal 10 % bis 2030. Der angestrebte Ausbau auf bis zu 18 % Anteil am Primärenergiebedarf (s. Tz. 6) sowie die aktuelle politische Zielsetzung von 17 % Biokraftstoffanteil bis 2020 erscheint damit nicht mit Biomasse nationaler Herkunft möglich. Bereits zur Erfüllung der derzeitigen Biokraftstoffquote von 6,75 % bis zum Jahr 2010 ist beim Zugrundelegen einer derzeitigen Nutzung von Biokraftstoffen der 1. Generation das gesamte theoretisch zur Verfügung stehende Flächenpotenzial erforderlich.“ (SRU, 2007)*

In Deutschland wurden 2006 etwa 13 % der Ackerfläche für Energiepflanzenanbau verwendet. Realistische Schätzungen gehen davon aus, dass eine Steigerung von derzeit 1,6 Mio. ha landwirtschaftliche Fläche auf rund 3 Mio. ha bis zum Jahr 2030 möglich ist, was in etwa 25 %, also ein Viertel der Ackerfläche ausmachen würde [SRU, 2007, S. 69ff] Zusätzliche Potenziale aus dem Grünland ergeben sich durch etwaige Grünfütterüberschüsse.

Wirtschaftliche Überlegungen spielen in der Potenzialberechnung der Biomasse in der vorliegenden Studie keine Rolle. Da in der Studie der Wärme- und Strommarkt als potenzielle Energienachfrager angenommen werden, sei an dieser Stelle auf die Vernachlässigung des vor allem in Bezug auf Biomasse in Zukunft sehr wichtigen Bereiches der Biotreibstoffe hingewiesen. Allein um die erforderliche Biotreibstoff-Beimischungsquote von 6,57 % bis 2010 zu erreichen, sind in Deutschland rund 3 Mio. ha Ackerland, also die gesamte potenziell energetisch nutzbare Fläche, erforderlich.

Es gibt kaum erneuerbare Energieträger, deren Potenziale so schwierig zu berechnen sind, wie jenes der Biomasse. Es gibt keinen eindeutig festgelegten Entwicklungspfad bis hin zu etwaigen Energiedienstleistungen, auch kleinräumige Ressourcenbilanzen und Pläne zur Ressourcenverwendung liegen kaum vor. Deshalb wird das effektive und technisch nutzbare Biomassepotenzial im Sinne der Nachhaltigkeit in ein maximal mögliches sowie in ein minimales Biomassepotenzial unterteilt. Die Unterscheidung dieser Potenziale ist vor allem durch die noch

weitgehend undefinierte Verwendung des Ackerlandes bedingt, im Bereich des Grünlands ist die Konkurrenznutzung durch die Viehwirtschaft bereits gut vorgegeben.

Die beiden betrachteten Szenarien und deren zugrundeliegenden Annahmen sollen im Folgenden kurz dargestellt werden:

### ❖ **Maximale technische/effektive Biomassepotenziale**

- Energetische Verwertung der Gülle
- Verminderung der theoretischen Werte durch Konkurrenznutzung nur bei vorhandenen Daten und eindeutig definierter Ressourcenverwendung (Grünfütterbedarf, stoffliche Verwertung von Holz). Für das Ackerland wird in diesem ambitionierten Szenario ein möglicher Flächenanteil von 25 % herangezogen, mögliche Nutzungspfade zur Biotreibstoffherstellung werden ausgeblendet. Bei der Nutzung von 25 % der Ackerfläche wird angenommen, dass eine energetische Nutzung von Stroh bereits inkludiert ist.
- Kommunale Bioabfälle/Grünschnitt

### ❖ Minimale technische/effektive Biomassepotenziale

- Keine energetische Verwertung der Gülle
- Konkurrenznutzungen werden vereinfacht zur Gänze berücksichtigt, das heißt beim Ackerland werden nur die vorhandenen Stilllegungsflächen berücksichtigt.
- Keine Berücksichtigung von Reststoffen

Diese Abgrenzung soll verdeutlichen, dass eine allgemein gültige Definition der Potenziale auch hinsichtlich der Endenergienutzung nicht möglich ist!

#### 3.3.1 Forstliche Biomasse

Mit dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und der Biomasseverordnung wurden in Deutschland wichtige Rahmenbedingungen zur energetischen Verwertung von Holz geschaffen. Als Energieholzpotenziale stehen neben Waldholz unter anderem Hölzer aus der Landschaftspflege, Restholz aus der Holzverarbeitenden Industrie und Gebrauchthölzer (Altholz) als Ausgangsmaterial zur Verfügung. Importiertes Holz oder Nebenprodukte aus importiertem Holz finden in dieser Studie keine Betrachtung. Für die Modellierung werden folgende Ressourcen verwendet:

- ⇒ Wald(rest)holz (✓ berücksichtigt)
- ⇒ Industrierestholz (✓ über statistischen Anteil berücksichtigt)
- ⇒ Altholz (✓ über statistischen Anteil teilweise berücksichtigt)
- ⇒ Straßenbegleitholz (✓ über speziellen Kennwert berücksichtigt)
- ⇒ Energieholzplantagen (× unberücksichtigt)

Für die forstliche Biomasse erfolgt keine weitere Abgrenzung in ein maximal oder minimal mögliches Potenzial, da Holz einer genau definierten und gut dokumentierten Konkurrenznutzung ausgesetzt ist.

Zur Ableitung der technischen / wirtschaftlichen Potenziale aus den theoretischen Potenzialen benötigt man Kenntnis über die Konkurrenzsituation. Holz als stofflich sehr wertvoller Rohstoff wird in vielfältiger Weise in den Stofffluss eingebracht. Verlässliche Daten über diese Stoffströme liefert die Clusterstudie Forst & Holz NRW [SCHULTE et al., 2003]. Daraus wird jener Holz-Anteil an der Gesamtholzmenge errechnet, der zur Energieerzeugung in Nordrhein-Westfalen herangezogen wird, wie im Folgenden noch näher ausgeführt wird.

<b>Kultur</b>	<b>Unter- gliederung</b>	<b>Nachhaltig erntbare Menge in Energieeinheiten</b>	<b>Abgrenzung: theoretisches - technisches Potenzial</b>
Wald	Laubwald	17 MWh/ha.a	eindeutig, durch Holzfluß
	Mischwald	16,5 MWh/ha.a	eindeutig, durch Holzfluß
	Nadelwald	16 MWh/ha.a	eindeutig, durch Holzfluß
Straßenbegleitholz		1,86 fm/km.a	eindeutig, durch Holzfluß

*Tabelle 3.2: Angenommene Primärenergieerträge aus der Forstwirtschaft [in Anlehnung an MITTLBÖCK (2006) und BIOLOGIO (2007), Tabelle 12 S. 29 ]<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Für die unterschiedlichen Waldklassen erfolgte die Berechnung der Kennwerte aus der österreichischen Waldinventur, deren Mittelwerte auch für Deutschland anwendbar sind. MITTLBÖCK (2006) gibt 16 MWh als Durchschnittsertrag für die GIS-Modellierung an.

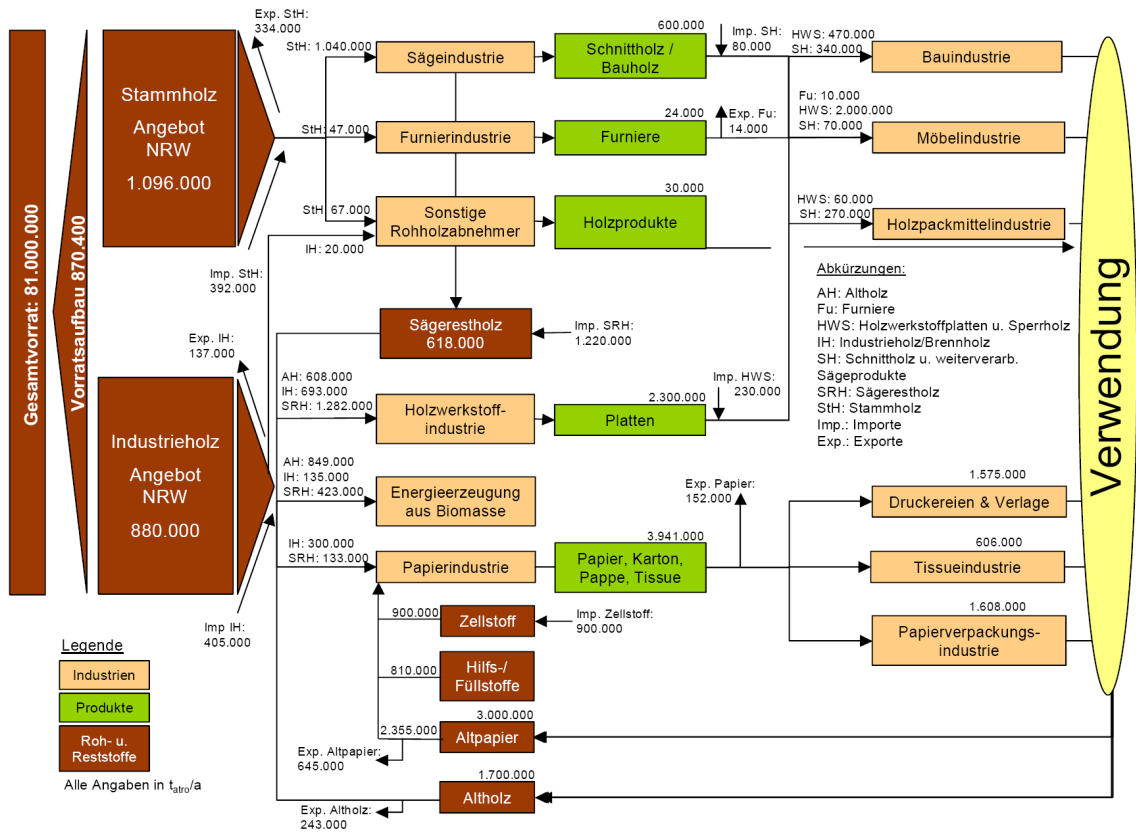


Abbildung 3.11: Holzfluss in Nordrhein-Westfalen [SCHULTE et al., 2003]

Der Unsicherheitsfaktor hinsichtlich der Menge an energetisch genutztem Holz ist dabei innerhalb des Sortiments Industrieholz (Industrie- und Brennholz werden in einer Gruppe ausgewiesen) besonders groß, da der Eigenbedarf des Waldbesitzers, insbesondere im Privatwald, und die Direktvermarktung an Kleinabnehmer mengenmäßig selten erfasst werden und auch ein Teil der in der Einschlagsstatistik als Stammholz beziehungsweise Industrieholz aufgeführten Mengen vom Endverbraucher später als Brennholz genutzt wird. Ohne Ausgrenzung der Importe (auf Grund der Komplexität des Holzflusses nicht möglich) ergibt sich ein Anteil von 32 % Energieholz an der Gesamtmenge der in NRW verfügbaren Holzmenge. Zum Teil sind Altholz beziehungsweise Sägerestholz in dieser Kennzahl enthalten, deren Mengen werden auf Grund fehlender Detaildaten auch für den Rhein-Sieg-Kreis übernommen. Somit wird also angenommen, dass 32 % des Holzangebotes in NRW für energetische Zwecke zur Verfügung stehen.

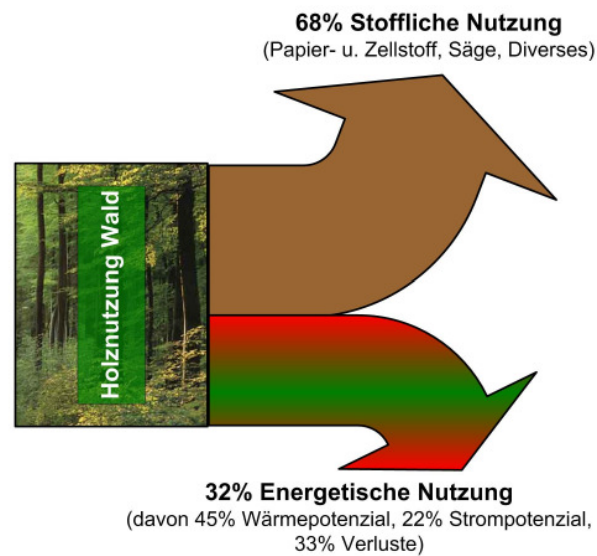


Abbildung 3.12: Aufteilung der Holznutzung

Die Verknüpfung von Informationen über die Bodenbedeckung und den Energieertrag in einem geographischen Informationssystem (GIS) ermöglicht eine räumlich aufgelöste Abschätzung des im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn verfügbaren Biomassepotenzials aus der Forstwirtschaft.

Zusätzliche Biomassepotenziale ergeben sich durch die Bewirtschaftung von Flur- und Straßengehölzen (Straßenbegleitholz).

Zur Abschätzung des holzartigen Biomassepotenzials werden primär die Datensätze des Landesvermessungsamtes (LVA) herangezogen sowie ferner Daten des Landesbetriebes Wald und Holz NRW und des Landesbetriebes Straßen NRW. Die europäische Klassifikation der Bodenbedeckung (CLC 2000 Corine Landcover) dient nur als Kontrollinstrument, wird aber hinsichtlich der Qualität geringer eingestuft. Ein für NRW typischer Holzfluss grenzt die theoretischen Potenziale gegenüber den technischen Potenzialen ab.

Mittels GIS wurden aus den Datensätzen des LVA ausschließlich jene Vegetationsbereiche ausgewählt, die für die Energiegewinnung aus holzartiger Biomasse in Frage kommen. Dementsprechend flossen in das Modell die Klassen Laubwald, Nadelwald und Mischwald, Flächen von Gehölzen sowie Straßenbegleithölzer ein. Aus der Verknüpfung dieser relevanten Flächen mit ihrem durchschnittlichen energetischen Ertrag wurde das theoretische Potenzial ermittelt. Dieses wird durch die Berücksichtigung von einschränkenden Faktoren (Hangneigung, Konkurrenznutzung) weiter reduziert. Insbesondere werden Gebiete mit Hangneigungen von über 50° für eine Nutzung ausgeschlossen. Es wird keine Rücksicht auf Ertragsunterschiede aufgrund unterschiedlicher Standorte genommen. Um auf effektive Potenziale schließen zu können, wurde wie bereits

dargelegt unterstellt, dass nur 32 % des gesamten Forstpotenzials auch tatsächlich der energetischen Nutzung zugeführt werden.

Die effektiv im Nachhaltigkeitskontext erntbare Biomassemenge wird im Sinne von Primärenergiepotenzialen auf die effektiven Potenziale reduziert. Durch die Festlegung durchschnittlicher Wirkungsgrade<sup>2</sup> erfolgt eine Annäherung der zur Verfügung stehenden Endenergie. Die Vorgehensweise hierzu ist im Folgenden nochmals dargestellt:

<b>100 % Theoretisches Potenzial – Constraints + ergänzende Potenziale</b> = <b>Effektives Potenzial</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>100 % Effektives Potenzial →</b> <b>22 % Strompotenzial, 45 % Wärmepotenzial, 33 % Verluste</b> = <b>technische Potenziale</b>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Constraints: <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Stoffliche Verwertung des Holzes (daher nur 32% Energieholzanteil)</li> <li>✓ Topographie</li> <li>✓ Ernteverluste (15 %)</li> </ul>
Ergänzende Potenziale:	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Straßenbegleitholz</li> </ul>

Auf Grund entsprechender GIS-Verfahrensschritte lässt sich durch eine Summierung der 250 m-Rastermodellierung das Energieholzpotenzial auf Ebene der Kommunen im Rhein-Sieg-Kreis zur Wärme- und Strombedarfsdeckung disaggregieren. Zielgröße ist die Endenergie, d.h. das Ergebnis einer thermischen Verwertung der Biomasse oder der Output aus der elektrischen Stromerzeugung.

Es ist sinnvoll, die so erhaltenen Daten mit den Ergebnissen aus der Landeswaldinventur<sup>4</sup> zu vergleichen beziehungsweise den Ertrag auf die lokalen Gegebenheiten anzupassen. Des Weiteren wäre eine Abgrenzung beziehungsweise

<sup>2</sup> Als Referenz dienen gängige KWK-Anlagen mit ca. 33 % Verlustanteil und einer weiteren Aufgliederung in 2/3 Wärme- und 1/3 Strompotenzial.

<sup>3</sup> ✓.....berücksichtigt; ×.....unberücksichtigt

<sup>4</sup> Die Landeswaldinventur ist eine repräsentative Erfassung des Waldzustandes in Nordrhein-Westfalen. Sie gibt einen umfassenden Überblick über die Waldverhältnisse und die Produktionsmöglichkeiten. Die Aufnahme der Waldverhältnisse erfolgt in NRW an 9.158 Stichproben, die jeweils 100 ha Waldfläche (1x1 km-Raster) repräsentieren.

Validierung der Ergebnisse mit der Clusterstudie Forst & Holz NRW [SCHULTE et al, 2003] – sofern Daten für den Rhein Sieg Kreis verfügbar sind – anzustreben.

### 3.3.2 Landwirtschaftliche Biomasse

Potenziale aus Acker- und Grünflächen werden nur dann in den Überlegungen hinsichtlich technischer Potenziale berücksichtigt, sofern es sich im Sinne der Bewirtschaftung um mögliche Flächen zur Energiebedarfsdeckung handeln kann. Flächen mit einer Hangneigung von über 50° werden für eine Nutzung ausgeschlossen. Konkurrenznutzungen hinsichtlich des Ackerlandes sowie eine energetische Verwertung von Gülle finden durch eine differenzierte Szenarienbildung Eingang in die Potenzialberechnung.

Zur Eigenbedarfsdeckung dienende Flächen aus Grünland (Futterbedarf) werden immer als Konkurrenznutzung mitberücksichtigt. Da eine Abgrenzung des Eigenbedarfes bei Ackerland noch schwieriger ist, wird diese Landnutzungs-kategorie anhand von zwei Szenarien berechnet. Auch bei Gülle und den daraus resultierenden Biogaspotenzialen erfolgt eine Aufgliederung in zwei Szenarien.

Als modellierbare landwirtschaftliche Biomasseressourcen werden festgelegt:

- ⇒ Ackerland (✓ in 2 Szenarien unterschiedlich berücksichtigt)
- ⇒ Grünland (✓ abzüglich Futterbedarf berücksichtigt)
- ⇒ Biogas aus Gülle (✓ in 2 Szenarien unterschiedlich berücksichtigt)

#### **Szenario ambitioniert (maximal mögliche Potenziale):**

- Energetische Verwertung der Gülle
- Für das Ackerland wird in diesem ambitionierten Szenario ein möglicher Flächenanteil von 25 % herangezogen, mögliche Nutzungspfade zur Biotreibstoffherstellung werden ausgeblendet. In dem ermittelten Biomassepotenzial für Ackerfläche ist in diesem Szenario eine teilweise energetische Nutzung von Stroh inkludiert.

#### **Szenario moderat (minimal mögliche Potenziale):**

- Keine energetische Verwertung der Gülle
- Konkurrenznutzungen werden stark berücksichtigt, das heißt beim Ackerland werden nur die vorhandenen Stilllegungsflächen berücksichtigt.

Die Ermittlung der technischen Potenziale erfolgt aus den effektiven Potenzialen durch Anwendung durchschnittlicher Konversionswirkungsgrade in thermische und elektrische Energie, wobei von einem Verhältnis 2/3 zu 1/3 (überschlägig für moderne KWK-Anlagen) mit einem globalen Verlust- beziehungsweise



Eigenbedarfsanteil von 33 % ausgegangen wird, da sich nicht abschätzen lässt, welcher Anteil des Potenzials mit welcher Technologie verarbeitet wird. Weil auch Querströme beziehungsweise Vermischungen von landwirtschaftlichen Rohstoffen (z.B. bei der Kofermentation in der Biogasherstellung) möglich sind, werden diese Wirkungsgrade global – auch für die Forstwirtschaft<sup>5</sup> – verwendet.

Da im Zuge der EU Treibstoffrichtlinie die Biotreibstoffherstellung forciert wird, kann davon ausgegangen werden, dass zukünftig ein beträchtlicher Anteil der Ackerflächen zum Anbau von Biomasse zur Treibstoffherstellung verwendet werden wird. Zudem wurde von der EU im September 2007 die verpflichtende Festlegung der Stilllegungsflächen, welche oft zur Energiepflanzenproduktion herangezogen wurden, ausgesetzt. Diese Flächen können allerdings weiterhin als Indikator zur Bestimmung möglicher Ackerflächenressourcen zum Energiepflanzenanbau herangezogen werden. Rinder-, Schweine- und Hühnergülle wird im Modell miterfasst. Rindergülle wird dabei den Grünflächen zugeordnet, Schweine- und Hühnergülle wird der Ackerfläche zugerechnet. Zusammenfassend werden für den Rhein-Sieg Kreis folgende energetische Koeffizienten und Constraint-Bedingungen festgesetzt:

<b>Kultur</b>	<b>Nachhaltig erntbare Menge in Energieeinheiten</b>	<b>Abgrenzung theoretisches - technisches Potenzial</b>
Acker	40 MWh/ha.a	2 Szenarien nötig (Nahrungsmittelindustrie)
Grünland	35 MWh/ha.a	2 Szenarien nötig (Biogaspotenziale)

*Tabelle 3.3: Energetische Bewertung der Biomasse<sup>6</sup>*

Zur Abschätzung des landwirtschaftlichen Biomassepotenzials werden primär die Datensätze des Landesvermessungsamtes herangezogen. Weiterführende Informationen lieferten Daten der Landwirtschaftskammer NRW [LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW, 2004]. Ergänzende Informationen hinsichtlich vorhandener Viehbestände flossen in die Betrachtung mit ein und können ebenfalls bei der Landwirtschaftskammer NRW bezogen werden.

Die europäische Klassifikation der Bodenbedeckung (CLC 2000 Corine Landcover) dient wiederum als Kontrollinstrument.

<sup>5</sup> Auch bei der energetischen Holzverarbeitung in modernen KWK-Anlagen (z.B. ORC Prozess) ist ein Gesamtwirkungsgrad von 67 % problemlos möglich. Dies erfordert aber eine strikte Verwertung der Abwärme.

<sup>6</sup> Daten nach MITTLBÖCK (2006), S. 25

Die Verknüpfung von Informationen betreffend Bodenbedeckung, Viehbestand und die aktuellen beziehungsweise angestrebten Bodennutzungsformen ermöglicht über Kennzahlen eine räumlich aufgelöste Abschätzung des im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn verfügbaren Energiepotenzials aus der Landwirtschaft in zwei Szenarien. Als Konkurrenznutzung der Flächen zur energetischen Nutzung wird die Viehwirtschaft in beiden Szenarien, die Nahrungsmittelproduktion auf Grund der fehlenden Daten nur im „Szenario moderat“ durch die alleinige Berücksichtigung der Stilllegungsflächen herangezogen.

Durch die Kombination der entsprechenden Flächen mit ihrem durchschnittlichen energetischen Ertrag wird das Biomasse-Potenzial aus dem landwirtschaftlichen Anbau ermittelt. Der Grünfütterbedarf wird wie folgt festgesetzt:

Tierart	GVE approximiert	Ø Anteil an Gesamtbestand	Berücksichtigter Futterbedarf oTM
			Grünflächen
Schlachtkälber	0,15	13%	600kg
Jungvieh bis 1 Jahr	0,3	11%	1.200kg
Jungvieh 1 Jahr bis 2 Jahre	0,6	20%	2.400kg
Rinder > 2 Jahre	1	56%	4.000kg
Schweine	0,23	-	-
Hühner	0,003	-	-
GVE Bedarf 4 t Trockenmasse aus Grünflächen.			

*Tabelle 3.4: Rinderstatistik, gültig für den Rhein-Sieg-Kreis [Landwirtschaftskammer NRW, 2004]*

Der Futterbedarf für Rinder wird je Gemeinde aus dem aktuellen Viehbestand ermittelt. Der Energiegehalt von 1 t biogener Trockenmasse wird in der Literatur mit etwa 4.800 kWh angegeben. Somit kann der Energiegehalt der Futtermittel aus Grünflächen vom theoretischen Potenzial aus Grünflächen in Abzug gebracht werden, wobei ein Ernteverlust von 20 % angenommen wird. Hinsichtlich des Futterbedarfes bezogen auf Ackerflächen wird davon ausgegangen, dass dieser zum Teil aus Importen abgedeckt wird. Die Datenlage hinsichtlich einer Nutzung von Ackerflächen zur Deckung des heimischen Futterbedarfes lässt keine Ableitung eines Minderungsfaktors zu.

Durch die Vergärung von Gülle kann ein weiteres Biomassepotenzial in Form von Biogas erzielt werden. Dieser Biogasertrag aus Gülle wurde über den Viehbestand sowie durchschnittliche Ertragswerte für Rinder, Schweine und Hühner berechnet:

<b>Tierart</b>	<b>Gasertrag aus Gülle</b>
Rinder	2,3 MWh/Rind (gemittelt über die Altersklassen)
Schweine	0,4 MWh/Schwein
Hühner	0,02 MWh/Huhn

*Tabelle 3.5: Gaserträge aus Gülle von verschiedenen Tierarten [in Anlehnung an EMDE, 2005]*

Hinsichtlich der Verwertung der Gülle für die Erzeugung von Biogas wird angenommen, dass 50 % der Rindergülle, 90 % der Schweinegülle und 70 % der Hühnergülle für energetische Zwecke herangezogen werden können (EMDE, 2005).

Die theoretisch im Nachhaltigkeitskontext erntbare Biomassemenge aus der Landwirtschaft wird im Anschluss auf die effektiven Potenziale reduziert. Die technischen Potenziale werden anhand der erzielbaren Endenergie über angenäherte Wirkungsgrade typischer KWK Anlagen ermittelt.

Die Vorgehensweise ist im Folgenden nochmals dargestellt:

<b>100 % Theoretisches Potenzial – Constraints + ergänzende Potenziale</b> = <b>Effektives Potenzial</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>100 % Effektives Potenzial →</b> <b>22 % Strompotenzial, 45 % Wärmepotenzial</b> = <b>technische Potenziale</b>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Constraints:<sup>7</sup>

- ✓ Grünfutterbedarf
- ✓ Nahrungsmittelindustrie (alte EU-Stilllegungsflächen als Energieflächen)
- ✓ Topographie

Ergänzende Potenziale: ✓ Biogaserträge aus Gülle

Das Ergebnis spiegelt auf Gemeindeebene das im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn verfügbare Energiepotenzial aus landwirtschaftlichen Flächen und Gülle im Sinne der Modellannahmen zur Wärme- und Strombedarfsdeckung wider. Ausgehend

<sup>7</sup> ✓.....berücksichtigt; ×.....unberücksichtigt

von Primärenergiepotenzialen ist die Zielgröße bei den technischen Potenzialen die Endenergie, d.h. zum Beispiel der Energieoutput nach dem Blockheizkraftwerk.

### 3.3.3 Bioabfälle

Neben der forstlichen und der landwirtschaftlichen Biomasse werden auch potenzielle Energieerträge aus der Verwertung von kommunalen Bioabfällen berücksichtigt. Dazu zählen getrennt erfasste biologisch abbaubare Küchen- und Kantinenabfälle sowie Grünabfälle, Garten-, Park- und Friedhofsabfälle. Es wird angenommen, dass das gesamte Bioabfallaufkommen theoretisch zur Biogaserzeugung herangezogen werden kann.

Zur Ermittlung des energetischen Potenzials wird von den in der Statistik ausgewiesenen Mengen an Bioabfall für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn ausgegangen [MUNLV NRW, 2007c]. Daraus wird ein typisches Pro-Kopf-Aufkommen an Biomüll ermittelt und anschließend den einzelnen Kommunen auf Einwohnerbasis zugewiesen. In der Berechnung wird von einem Biogasertrag von 100 m<sup>3</sup> pro t Bioabfall ausgegangen. Der Heizwert von Biogas wird mit 6 kWh/m<sup>3</sup> angenommen [NEUBARTH / KALTSCHMITT, 2000].

Das theoretische Biomassepotenzial ergibt sich demnach aus dem Bioabfallaufkommen pro Gemeinde und dem daraus erzielbaren Biogasertrag. Das effektive Potenzial entspricht in diesem Fall dem theoretischen Potenzial. Das technische Potenzial ergibt sich aus der Endenergie, die sich bei einem Einsatz von Biogas in einer typischen KWK-Anlage erzielen lässt.

### 3.3.4 Gesamtergebnis Biomassemodellierung

Die den Nachhaltigkeitskriterien entsprechenden theoretischen Potenziale errechnen sich aus den vorhandenen Flächen mit den jeweiligen energetischen Jahreserträgen, ohne Berücksichtigung von Konkurrenznutzungen und topographischer Beeinflussung.

Gemeinde	Theoret. Potenzial gesamt	Theoret. Potenzial Energieholz	Theoret. Potenzial Ackerland	Theoret. Potenzial Grünland	Theoret. Potenzial Bioabfälle
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Alfter	64.647	23.500	23.100	16.600	1.925
Bad Honnef	80.152	47.100	6.004	25.500	2.059
Bornheim	192.658	26.500	150.010	13.200	3.921
Eitorf	135.850	60.500	11.600	62.500	1.662
Hennef (Sieg)	250.934	43.200	75.291	129.600	3.781
Königswinter	158.673	36.200	57.493	62.400	3.432
Lohmar	142.931	35.600	28.300	77.100	2.568
Meckenheim	46.445	11.000	24.814	9.100	2.037
Much	201.998	29.400	19.373	152.300	1.230
Neunkirchen- Seelscheid	114.611	23.900	17.425	72.000	1.711
Niederkassel	79.488	1.400	70.200	5.600	3.043
Rheinbach	166.574	32.100	98.058	34.800	2.149
Ruppichteroth	136.301	50.200	7.030	78.400	893
Sankt Augustin	52.084	6.900	22.800	18.900	4.634
Siegburg	31.700	11.100	6.900	11.200	3.325
Swisttal	180.868	17.500	154.336	7.900	1.506
Troisdorf	86.265	31.300	35.616	14.700	6.183
Wachtberg	113.056	14.400	73.426	24.000	1.636
Windeck	214.661	89.700	16.610	107.100	1.663
Bonn	155.450	69.900	47.800	26.400	15.095
<b>GESAMT</b>	<b>2.605.346</b>	<b>661.400</b>	<b>946.186</b>	<b>949.300</b>	<b>64.452</b>

Tabelle 3.6: Theoretisches Biomassepotenzial auf Gemeindeebene

Berücksichtigt man einschränkende und ergänzende Potenzialfaktoren, wie bereits in Kapitel 3.3.2 dargestellt, reduziert sich das theoretische Potenzial auf ein effektives Potenzial. In Tabelle 3.7 werden die Ergebnisse für Ackerland und Grünland dargestellt. Bei der Gemeinde Swisttal ist zu berücksichtigen, dass die in der Tabelle ausgewiesenen negativen Werte für das maximale sowie minimale effektive Grünlandpotenzial für die weitere Berechnung des Biomassepotenzials gleich Null gesetzt wurden.

Gemeinde	Effektives Maximal- Potenzial	Effektives Minimal- Potenzial	Effektives Potenzial Energie- Holz	Effektives Maximal- Potenzial Acker	Effektives Minimal- Potenzial. Acker	Effektives Maximal- Potenzial Grünland	Effektives Minimal- Potenzial Grünland	Effektives Potenzial Bioabfälle
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh
Alfter	23,2	19,0	8,2	4,8	1,1	8,3	7,8	1,9
Bad Honnef	34,1	32,8	13,6	1,3	0,3	17,2	16,9	2,6
Bornheim	81,5	52,3	8,5	31,2	6,9	9,3	9,2	3,9
Eitorf	22,0	26,2	17,0	2,5	0,5	29,0	27,0	1,7
Hennef (Sieg)	65,5	48,3	13,3	15,7	3,5	40,4	34,4	3,8
Königswinter	69,7	54,6	10,7	12,5	2,6	24,4	22,0	3,4
Lohmar	43,7	37,9	10,4	6,0	1,3	16,8	12,6	2,6
Meckenheim	34,5	26,4	3,3	5,2	1,1	7,6	7,6	2,0
Much	16,3	13,3	16,4	4,1	0,9	26,0	17,1	1,2
Neunkirchen- Seelscheid	48,1	36,0	7,1	4,0	0,8	8,4	3,9	1,7
Niederkassel	33,2	14,8	1,1	14,6	3,2	4,7	4,7	3,0
Rheinbach	29,0	11,1	9,4	21,1	4,5	8,9	7,1	2,1
Ruppichterath	20,6	21,8	14,0	1,5	0,3	25,8	22,4	0,9
Sankt Augustin	49,3	41,3	2,5	4,7	1,0	6,9	6,1	4,6
Siegburg	14,1	13,0	3,5	1,4	0,3	9,3	9,3	3,3
Swisttal	46,4	14,6	5,0	32,1	7,1	-0,7	-1,3	1,5
Troisdorf	17,9	17,0	9,4	7,4	1,6	11,0	10,9	6,2
Wachtberg	37,3	23,6	4,4	15,3	3,4	3,3	1,8	1,6
Windeck	12,8	11,2	27,6	3,5	0,8	47,0	43,2	1,7
Bonn	99,6	86,6	26,5	9,9	2,2	19,9	19,7	15,1
<b>GESAMT</b>	<b>798,8</b>	<b>601,8</b>	<b>211,9</b>	<b>198,8</b>	<b>43,4</b>	<b>323,5</b>	<b>282,4</b>	<b>64,8</b>

Tabelle 3.7: Effektives Biomassepotenzial auf Gemeindeebene

Somit ergeben sich die technischen Potenziale zur Deckung des Strom- und Wärmebedarfes unter Zuhilfenahme durchschnittlicher Umwandlungsverluste. Die ermittelten technischen Potenziale sind in der folgenden Tabelle dargestellt. Das maximale technische Biomassepotenzial wird in weiterer Folge zur Berechnung der maximal möglichen potenziellen energetischen Autarkie herangezogen.

Gemeinde	Techn. Potenzial maximal	Techn. Potenzial minimal	Techn. Potenzial Energie-holz	Techn. Maximal-Potenzial Acker	Techn. Minimal-Potenzial Acker	Techn. Maximal-Potenzial Grünland	Techn. Minimal-Potenzial Grünland	Techn. Potenzial Bioabfälle
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh
Alfter	15,7	12,9	5,5	3,2	0,7	5,6	5,3	1,4
Bad Honnef	23,0	22,1	9,1	0,8	0,2	11,5	11,3	1,5
Bornheim	35,8	19,4	5,7	20,9	4,6	6,2	6,1	2,9
Eitorf	33,8	31,1	11,4	1,7	0,3	19,4	18,1	1,3
Hennef (Sieg)	49,4	37,1	8,9	10,5	2,3	27,0	23,0	2,8
Königswinter	34,5	26,2	7,2	8,4	1,7	16,3	14,7	2,6
Lohmar	24,2	18,3	7,0	4,0	0,9	11,3	8,5	1,9
Meckenheim	12,3	9,6	2,2	3,5	0,8	5,1	5,1	1,5
Much	32,1	24,0	11,0	2,8	0,6	17,4	11,4	0,9
Neunkirchen-Seelscheid	14,4	9,1	4,7	2,7	0,5	5,6	2,6	1,3
Niederkassel	15,9	8,3	0,7	9,8	2,2	3,1	3,1	2,3
Rheinbach	28,0	15,6	6,3	14,2	3,0	6,0	4,8	1,6
Ruppichterot	28,4	25,3	9,4	1,0	0,2	17,3	15,0	0,7
Sankt Augustin	12,9	9,9	1,6	3,2	0,7	4,6	4,1	3,5
Siegburg	12,0	11,3	2,4	1,0	0,2	6,2	6,2	2,5
Swisttal	26,0	9,2	3,3	21,5	4,7	0	0	1,1
Troisdorf	23,3	19,3	6,3	5,0	1,1	7,4	7,3	4,6
Wachtberg	16,6	7,6	3,0	10,2	2,3	2,2	1,2	1,2
Windeck	53,5	49,2	18,5	2,3	0,5	31,5	29	1,3
Bonn	49,1	43,8	17,8	6,7	1,5	13,3	13,2	11,4
<b>GESAMT</b>	<b>540,9</b>	<b>409,3</b>	<b>142,0</b>	<b>133,4</b>	<b>29,0</b>	<b>217,0</b>	<b>190,0</b>	<b>48,3</b>

Tabelle 3.8: Technisches Biomassepotenzial auf Gemeindeebene

Tabelle 3.9 zeigt die maximal möglichen Biomasse-Potenziale (inkl. Gülleanfall für Biogas, inkl. Ausschöpfung der Ackerflächen zu 25% für energetische Nutzung) aufgegliedert nach der Herkunft der Biomasse sowie nach der energetischen Verwertung.

Gemeinde maximal	Energieholz		Ackerland		Grünland		Bioabfälle	
	Strom (GWh)	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Wärme (GWh)
Alfter	1,8	3,7	1,1	2,2	1,8	3,7	0,5	1,0
Bad Honnef	3,0	6,1	0,3	0,6	3,8	7,7	0,5	1,0
Bornheim	1,9	3,8	6,9	14,0	2,1	4,2	1,0	2,0
Eitorf	3,6	7,6	0,6	1,1	6,4	13,0	0,4	0,8
Hennef (Sieg)	2,9	6,0	3,5	7,1	8,9	18,1	0,9	2,0
Königswinter	2,4	4,8	2,8	5,6	5,4	11,0	0,9	1,7
Lohmar	2,3	4,7	1,3	2,7	3,7	7,6	0,6	1,3
Meckenheim	0,7	1,5	1,1	2,3	1,7	3,4	0,5	1,0
Much	3,6	7,4	1,0	1,8	5,7	11,7	0,3	0,6
Neunkirchen-Seelscheid	1,6	3,2	0,9	1,8	1,9	3,8	0,4	0,9
Niederkassel	0,2	0,5	3,2	6,6	1,0	2,1	0,8	1,5
Rheinbach	2,1	4,2	4,7	9,5	2,0	4,0	0,5	1,1
Ruppichteroth	3,1	6,3	0,3	0,7	5,7	11,6	0,2	0,5
Sankt Augustin	0,5	1,1	1,1	2,1	1,5	3,1	1,2	2,3
Siegburg	0,8	1,6	0,3	0,6	2,1	4,2	0,8	1,7
Swisttal	1,1	2,2	7,1	14,4	0	0	0,4	0,8
Troisdorf	2,1	4,2	1,6	3,3	2,4	5,0	1,5	3,1
Wachtberg	1,0	2,0	3,4	6,9	0,7	1,5	0,4	0,8
Windeck	6,1	12,4	0,8	1,6	10,4	21,1	0,4	0,8
Bonn	5,9	11,9	2,2	4,5	4,4	9,0	3,7	7,6
<b>GESAMT</b>	<b>46,7</b>	<b>95,2</b>	<b>44,2</b>	<b>89,4</b>	<b>71,6</b>	<b>145,8</b>	<b>16,1</b>	<b>32,5</b>

Tabelle 3.9: Maximal mögliches Biomassepotenzial auf Gemeindeebene



Die minimal möglichen Biomasse-Potenziale (exkl. Gülleanfall für Biogas, bei Ackerland nur Berücksichtigung der Stilllegungsflächen) sind in Tabelle 3.10 dargestellt.

Gemeinde minimal	Energieholz		Ackerland		Grünland		Bioabfälle	
	Strom (GWh)	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Wärme (GWh)	Strom (GWh)	Wärme (GWh)
Alfter	1,8	3,7	0,2	0,5	1,7	3,5	0,5	1,0
Bad Honnef	3,0	6,1	0,1	0,1	3,7	7,6	0,5	1,0
Bornheim	1,9	3,8	1,5	3,0	2,0	4,1	1,0	2,0
Eitorf	3,8	7,6	0,1	0,2	6,0	12,1	0,4	0,8
Hennef (Sieg)	3,0	6,0	0,8	1,5	7,6	15,4	1,0	1,9
Königswinter	2,4	4,8	0,6	1,2	4,9	9,9	0,9	1,7
Lohmar	2,3	4,7	0,3	0,6	2,8	5,7	0,6	1,3
Meckenheim	0,7	1,5	0,3	0,5	1,7	3,4	0,5	1,0
Much	3,6	7,4	0,2	0,4	3,8	7,7	0,3	0,6
Neunkirchen- Seelscheid	1,6	3,2	0,2	0,3	0,9	1,7	0,4	0,9
Niederkassel	0,2	0,5	0,7	1,4	1,0	2,1	0,8	1,5
Rheinbach	2,1	4,2	1,0	2,0	1,6	3,2	0,5	1,1
Ruppichteroth	3,1	6,3	0,1	0,1	5,0	10,0	0,2	0,5
Sankt Augustin	0,5	1,1	0,2	0,5	1,3	2,7	1,2	2,3
Siegburg	0,8	1,6	0,1	0,1	2,0	4,2	0,8	1,7
Swisttal	1,1	2,2	1,6	3,2	0	0	0,4	0,8
Troisdorf	2,1	4,2	0,4	0,7	2,4	4,9	1,5	3,1
Wachtberg	1,0	2,0	0,7	1,5	0,4	0,8	0,4	0,8
Windeck	6,1	12,4	0,2	0,3	9,6	19,4	0,4	0,8
Bonn	5,9	11,9	0,5	1,0	4,4	8,8	3,7	7,6
<b>GESAMT</b>	<b>47,0</b>	<b>95,2</b>	<b>9,8</b>	<b>19,3</b>	<b>62,8</b>	<b>127,2</b>	<b>16,0</b>	<b>32,4</b>

Tabelle 3.10: Minimal mögliches Biomassepotenzial auf Gemeindeebene

### 3.4 Modellierung des Windkraftpotenzials für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn

Für eine räumlich hoch aufgelöste Modellierung des Windkraftpotenzials ist die Kenntnis über die räumliche Verteilung von mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten essentiell. Diese können über die intelligente Verschneidung geographischer Informationen in einer ausreichend hohen Genauigkeit räumlich aufgelöst abgebildet werden.

Wesentliche Inputparameter sind hierbei die vorgegebene Topographie sowie die gemessenen mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten. Über das statistische Windfeldmodell (SWM) des Deutschen Wetterdienstes werden mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten für eine Höhe von 80 m über Grund in einer räumlichen Auflösung von 200 m für den kompletten Rhein-Sieg-Kreis und Bonn bereitgestellt.

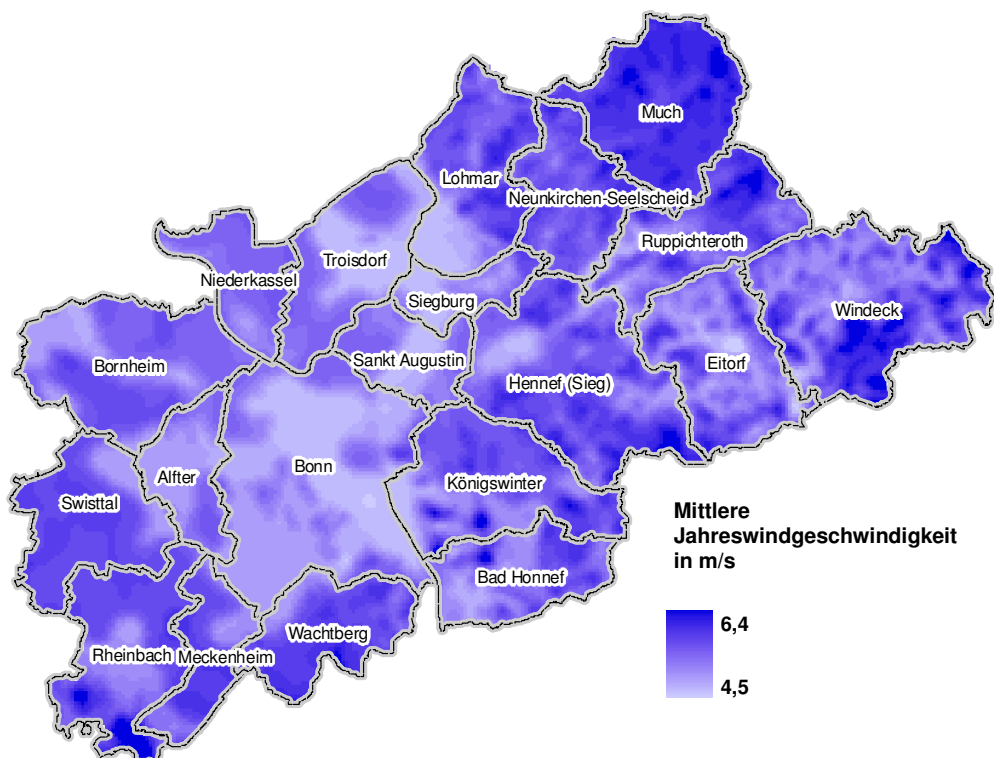


Abbildung 3.13: Mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten in 80 m über Grund in m/s

Diese mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten dienen unter der Annahme einer entsprechenden Nutzbarmachung mittels konventioneller Windturbinen als Grundlage für die Ermittlung von räumlich disaggregierten Windkraftpotenzialen.

Dazu wird die energetische Jahresausbeute einer 2,3 MW Windturbine in Abhängigkeit von der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit zugrunde gelegt [DANISH WIND ENERGY ASSOCIATION, online]. Diese Relation ist in Abbildung 3.14 dargestellt.

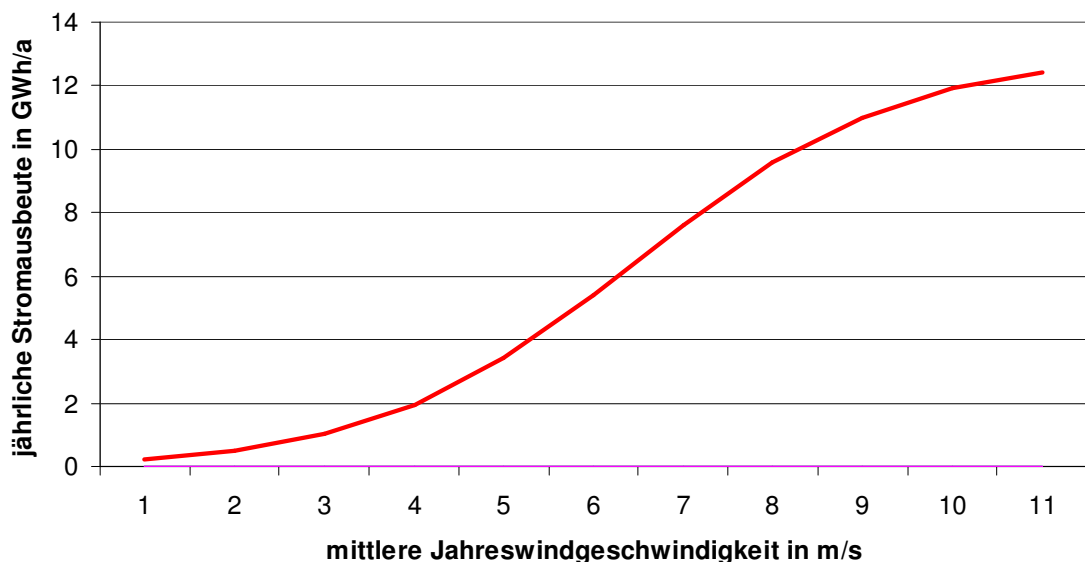


Abbildung 3.14: Energetische Jahresausbeute einer 2,3 MW Windturbine in Abhängigkeit der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit

Basierend auf dieser Relation lässt sich entsprechend der räumlichen Auflösung der bereitgestellten Windgeschwindigkeitsparameter auch die potenzielle energetische Ausbeute abbilden.

Für eine tatsächliche Abschätzung eines realisierbaren Potenzials aus Windkraft werden in einem weiteren Schritt potenzielle Flächen für eine denkbare Installation von Windturbinen eruiert. Es wird hierbei die sehr simplifizierende Annahme gemacht, dass Windturbinen potenziell auf Ackerflächen und Grünflächen installiert werden können. Alle weiteren Landbedeckungskategorien wie Wald, Siedlungen, sonstige Infrastruktur sind für eine Nutzung der Windkraft ausgeschlossen.

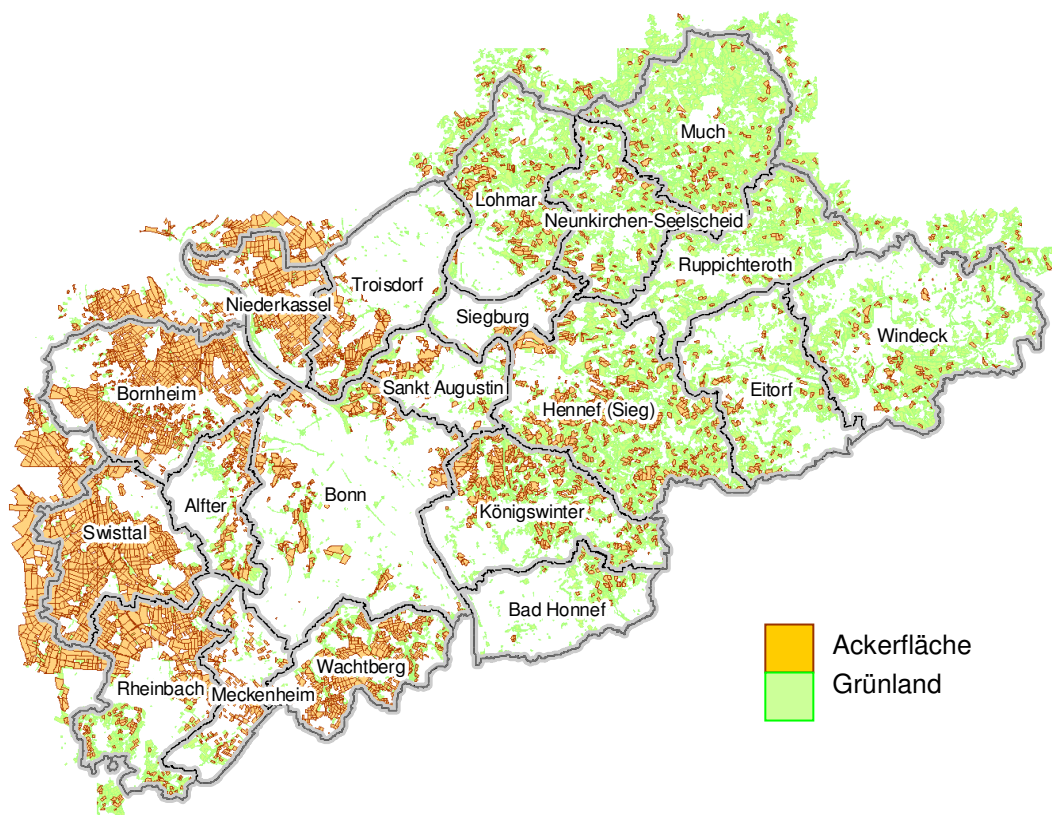


Abbildung 3.15: Ackerflächen und Grünlandflächen in Rhein-Sieg-Kreis und Bonn.

Darüber hinaus wird eine mittlere Dichte von zu installierenden Windkraftanlagen in der Größe von  $4,6 \text{ MW} / \text{km}^2$  angenommen [HOOGWIJK, 2004]. Diese Zahl stützt sich auf in der Literatur ausgewiesene Werte bezüglich einer mittleren Leistungsdichte pro  $\text{km}^2$ , was die Installation von Windkraftturbinen anbelangt. Dies berücksichtigt insbesondere die Doppelnutzung von Landflächen durch eine Basisnutzung als Grünland oder Ackerfläche. An exponierten Orten können in Windfarmen jedoch durchaus Leistungsdichten von 10 bis  $15 \text{ MW} / \text{km}^2$  erzielt werden.

Insgesamt erfolgt somit eine Abschätzung des energetisch nutzbaren Potenzials aus Windkraft in einem Top-Down Ansatz. Diesem Ansatz liegen im Wesentlichen die räumliche Verteilung von Windgeschwindigkeiten und deren mögliche Wandlung zu Endenergie zugrunde. Darauf basierend wird eine Reduktion des nutzbaren Potenzials aufgrund unterschiedlichster Annahmen vorgenommen. Diese Annahmen sind wie bereits ausgeführt folgendermaßen definiert:

- Für eine Wandlung der Windenergie in Endenergie wird vereinfachend die Charakteristik einer  $2,3 \text{ MW}$  Turbine als generalisierte Annahme für eine Modellierung von räumlichen Potenzialen zugrunde gelegt.

- Für die Installation von Windturbinen stehen ausschließlich Acker- und Grünflächen zur Verfügung. Alle Flächen, die eine anderweitige Bedeckung ausweisen (Forst, Siedlungen, Strassen, etc.), sind ausgeschlossen.
- Flächen mit einer Geländeneigung von mehr als 12 % werden als nicht nutzbar erachtet.
- Flächen mit einer mittleren Jahreswindgeschwindigkeit von unter 3,5 m/s werden ebenfalls als nicht nutzbar erachtet.
- Die Leistungsdichte für potenzielle Flächen in Bezug auf die Installation von Windturbinen liegt im Schnitt bei 4,6 MW / km<sup>2</sup>. Dieser Annahme liegt eine parallele Nutzung von Acker- oder Grünland zugrunde.

Unter diesen Annahmen ergibt sich ein räumlich differenziertes nutzbares Windkraftpotenzial wie in Abbildung 3.16 ausgewiesen.

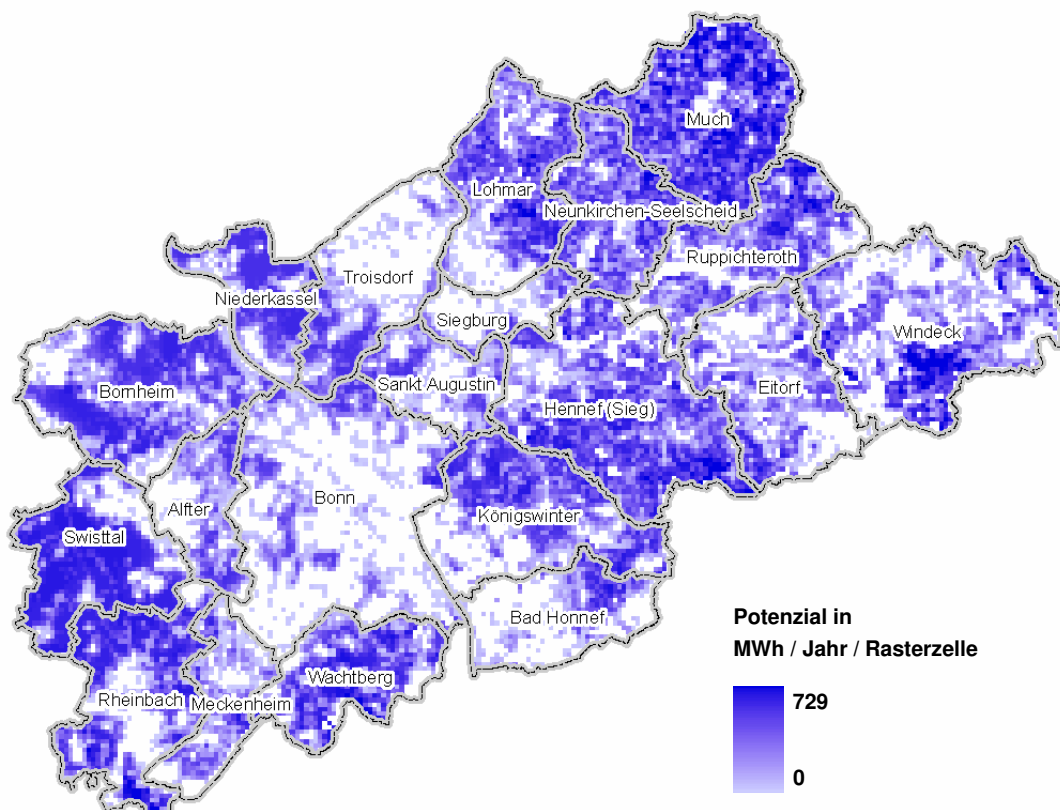


Abbildung 3.16: Räumlich differenziertes Potenzial für Windkraft

Es bleibt festzuhalten, dass es sich bei dem hier ausgewiesenen Windkraftpotenzial um ein hypothetisches Potenzial handelt, für dessen, auch nur anteilige Inwertsetzung, noch weitere Restriktionen in Erwägung zu ziehen sind.

Dennoch erschließt sich daraus eine grobe Abschätzung über potenzielle Nutzungsmöglichkeiten und deren räumliche Verteilung. Für das gesamte Gebiet des Rhein-Sieg-Kreises und Bonn ergibt sich ein kumulativer Wert von 4.234 GWh / Jahr.

Restriktionen, die dieses theoretisch ausgewiesene Potenzial weiter einschränken, sind der Ausschluss von Naturschutzgebieten sowie die rechtliche Vorgabe bezüglich der Wahrung von Mindestabständen zu Siedlungsstrukturen. Dementsprechend sind die folgenden Annahmen gemacht worden, um ein potenziell realisierbares Potenzial auszuweisen:

- Naturschutzgebiete sind für die Installation von Windturbinen nicht verfügbar;
- In Ergänzung zu Siedlungsstrukturen ist ebenfalls ein Puffer von 500 m Radius um Siedlungsstrukturen für die Installation von Windturbinen ausgeschlossen;

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien ergibt sich das folgende verfügbare Windkraftpotenzial (siehe Abbildung 3.17):

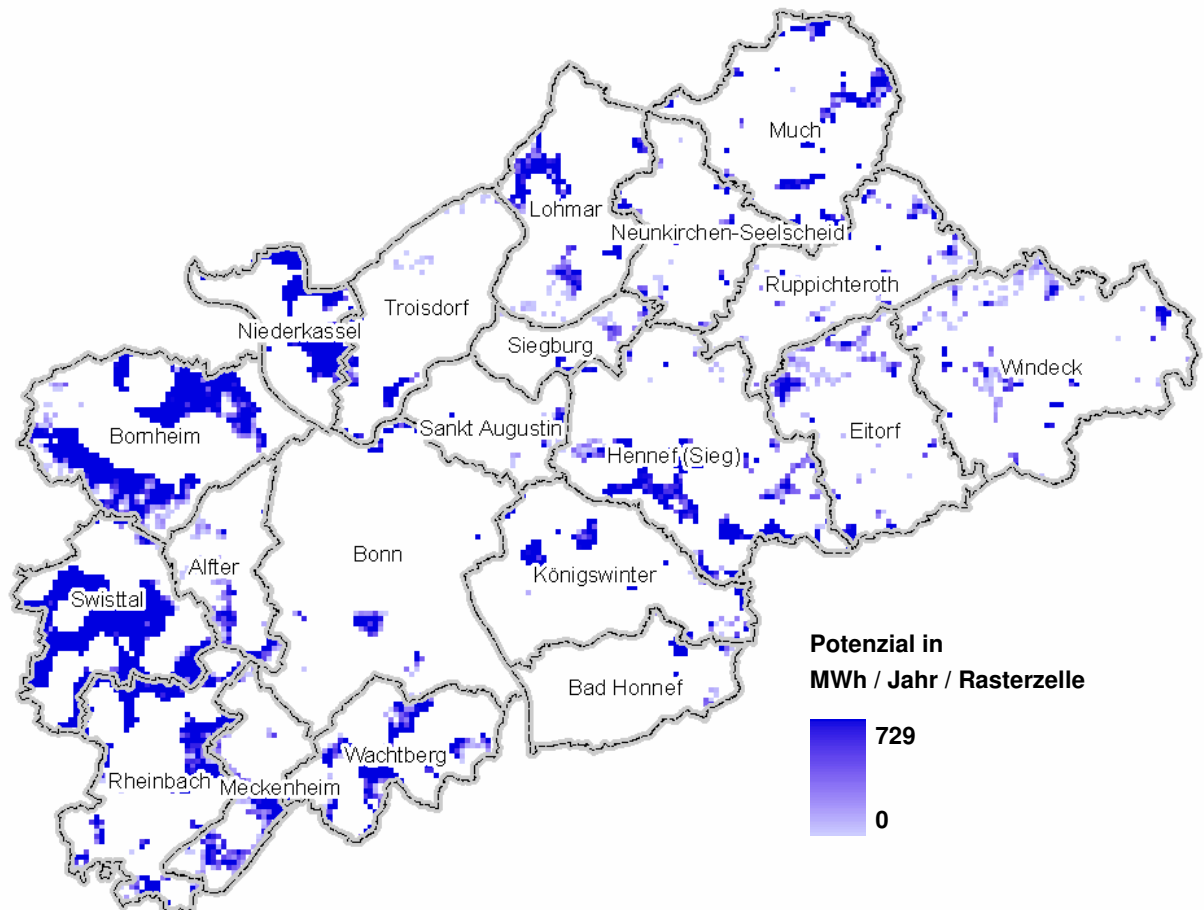


Abbildung 3.17: Räumlich differenziertes Potenzial für Windkraft mit Restriktionen

Unter diesen Restriktionen reduziert sich das potentiell realisierbare Potenzial auf ein Viertel des theoretisch nutzbaren Potenzials. Es ergibt sich für den Rhein-Sieg-Kreis mit Bonn ein kumulierter Wert von 1.005 GWh / Jahr.

## **4 Erfassung des Energiebedarfs in räumlich hoher Auflösung**

Die Modellierung des Bedarfs – basierend auf einem 250 x 250 m Raster – stellt neben den energetischen Potenzialen die zweite Grundlage zur Ermittlung des lokalen und regionalen Selbstversorgungsgrads dar. Da der Großteil der dafür benötigten Informationen jedoch nicht in diesem Detailgrad vorhanden ist, musste ein Weg gefunden werden, diese Daten aus allgemein verfügbaren Quellen zu extrahieren und auf die benötigte geographische Ebene herunter zu brechen. Die Methodik muss dabei an die spezifischen Charakteristika der unterschiedlichen Verbrauchergruppen angepasst werden.

Den Input für die Modellierung stellen dabei Erhebungen der amtlichen Statistik zu Einwohnern, Wohnungen, Beschäftigten, Erwerbstätigen sowie zum Energieverbrauch dar, welche auf Bundesland-, Kreis- oder Kommunalebene vorliegen. Zusätzlich sind Studien anderer Institutionen zum spezifischen Energiebedarf einzelner Verbrauchergruppen eine essentielle Ergänzung. Für die Zuordnung der Daten zu unterschiedlichen Raumeinheiten werden geographische Daten des zuständigen Landesamtes herangezogen. Dazu gehören neben administrativen Grenzen auch Flächennutzungsklassen, Gebäudeflächen, Straßen- und Adressdaten.

### **4.1 Haushalte**

Für die Modellierung des Energiebedarfs im Privatbereich werden Bedarfskennwerte räumlich verortet. Im Rahmen der Studie wurde eine Methodik entwickelt, um die Ergebnisse in der benötigten räumlichen Auflösung aus vorhandenen Daten herzuleiten.

#### **4.1.1 Spezifische Bedarfsberechnung aus der Literatur**

Für die Berechnung der Strombedarfszahlen der Haushalte wurde auf Werte von B. SCHLOMANN, et.al. (2004, S.24) zurückgegriffen, welche mittels Befragung einer Stichprobe von 8.758 Haushalten in den Alten Bundesländern ermittelt wurden. Diese werden nach Gebäudetypen, in denen sich die Wohnungen befinden, untergliedert und enthalten den durchschnittlichen Strombedarf je Haushalt inkl. Warmwasser, jedoch exkl. Elektrospeicherheizungen (siehe Tabelle 4.1).



Gebäudetyp	kWh je Haushalt	kWh je m <sup>2</sup>
Einfamilienhäuser	4.174	31,3
Zweifamilienhäuser	3.695	32,9
Mehrfamilienhaus 3-4 HH	2.798	32,4
Mehrfamilienhaus 5-10 HH	2.396	32,4
Mehrfamilienhaus 11+ HH	2.107	30,4
Mehrfamilienhaus gerundet	2.434	31,7
<b>Gemittelt</b>	<b>3.358</b>	<b>31,7</b>

*Tabelle 4.1: Strombedarf je Haushalt in den Alten Bundesländern  
[B. SCHLOMANN et al., 2004, S.24]*

Für die Berechnung im Untersuchungsgebiet wird der über alle Haushalte gemittelte Wert von 3.358 kWh/Haushalt abzüglich eines Anteils von 11,5 % für Warmwasser herangezogen. Daraus ergibt sich ein Wert von 2.971,83 kWh/Haushalt. Der in der Berechnung herangezogene Anteil der Warmwasserbereitstellung am Gesamtstrombedarf stammt von der ENERGIEAGENTUR NRW (2006).

Da in der Statistik keine aktuellen Daten zur Anzahl der Haushalte, jedoch zur Anzahl der Wohnungen [LDS NRW, 2006b], welche in der Regel mit Haushalten gleichzusetzen sind, existieren, wurde für die Berechnung der Gemeindebedarfswerte die Anzahl der Wohnungen in der Gemeinde mit dem durchschnittlichen Haushalts-Strombedarf von 2.971,83 kWh multipliziert. Die Gemeindewerte wurden anschließend durch die Anzahl der Einwohner [LDS NRW, 2006c] dividiert, sodass sich ein Pro-Kopf-Verbrauch für jede Gemeinde ergibt. Für den Strombedarf der privaten Haushalte exkl. Heizung und exkl. Warmwasser ergeben sich somit die in Tabelle 4.2 aufgeschlüsselten Werte.

Gemeinde	Anzahl Wohnungen in Wohn- und Nichtwohnegebäuden 2006	Strombedarf exkl. Warmwasser (WW) exkl. Heizung pro Gemeinde (berechnet mit einem Durchschnittswert von 3.358 kWh minus 11,5 % pro Haushalt) in MWh	Einwohner (EW) 2006	Strombedarf exkl. WW exkl. Heizung pro Person in kWh
Nordrhein-Westfalen	8.460.531	25.143.260	18.028.745	1.395
Bonn, krfr. Stadt	158.547	471.175	314.299	1.499
Rhein-Sieg-Kreis	253.475	753.285	598.805	1.258
Alfter	9.474	28.155	22.803	1.235
Bad Honnef, Stadt	11.560	34.354	25.141	1.366
Bornheim, Stadt	20.349	60.474	48.402	1.249
Eitorf	8.148	24.214	19.817	1.222
Hennef (Sieg), Stadt	14.899	44.277	45.480	974
Königswinter, Stadt	17.756	52.768	41.216	1.280
Lohmar, Stadt	12.960	38.515	31.247	1.233
Meckenheim, Stadt	10.483	31.154	24.902	1.251
Much	5.856	17.403	15.078	1.154
Neunkirchen-Seelscheid	8.307	24.687	20.946	1.179
Niederkassel, Stadt	15.305	45.484	36.652	1.241
Rheinbach, Stadt	11.303	33.591	26.710	1.258
Ruppichteroth	4.060	12.066	10.853	1.112
Sankt Augustin, Stadt	24.825	73.776	56.216	1.312
Siegburg, Stadt	19.128	56.845	39.192	1.450
Swisttal	7.166	21.296	18.315	1.163
Troisdorf, Stadt	34.831	103.512	74.790	1.384
Wachtberg	8.237	24.479	20.050	1.221
Windeck	8.828	26.235	20.995	1.250

*Tabelle 4.2: Pro-Kopf-Stromverbrauch exkl. Warmwasser und Heizung in den Kommunen des Rhein-Sieg-Kreises und Bonn. [Eigene Berechnungen basierend auf B. SCHLOMANN, et al. (2004, S.24); ENERGIEAGENTUR NRW (2006) und LDS NRW (2006b)]*

Bei der Ermittlung der Wärmebedarfswerte wurde ebenfalls auf Werte von B. SCHLOMANN et al. (2004) zurückgegriffen. Dort werden verschiedene Bedarfstabellen für die unterschiedlichen Heizungsarten ausgewiesen, wobei sich bei der Ermittlung von Mittelwerten aus den Bedarfswerten für Gas, Heizöl und Fernwärme die in Tabelle 4.3 dargestellten Werte ergeben.

<b>Modellierung Wärme (Mittelwerte)</b>	<b>Spez. Wärmebedarf Endenergie je Haushalt</b>	<b>Spez. Wärmebedarf Endenergie je Bezugseinheit</b>
	kWh/a	kWh/(a.m <sup>2</sup> )
Einfamilienhaus	20.128	155
Zweifamilienhaus	20.256	181
Drei- bis Vier- Familienhäuser	14.727	160
Fünf- bis Zehn- Familienhäuser	10.886	136
Elf- und Mehrfamilienhäuser	8.576	129
Mittelwert Mehrfamilienhäuser	11.396	142

*Tabelle 4.3: Wärmebedarf der Haushalte gemittelt aus den Bedarfswerten für Gas-, Öl- und Fernwärmeheizung [Eigene Berechnungen basierend auf B. SCHLOMANN, et al., 2004, S.25-30]*

Im Gegensatz zur Berechnung der Strombedarfswerte wurde an dieser Stelle nicht mit einem Mittelwert für alle Wohnungen gearbeitet, sondern auf die nach Gebäudetypen differenzierten Werte zurückgegriffen, da diese bei der Wärmemodellierung eine wesentliche Rolle spielen und deshalb nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Die Berechnung der Gemeinde- und Pro-Kopf-Werte erfolgte nahezu analog zu der Ermittlung der Strombedarfswerte, mit dem Unterschied, dass die in der Statistik ausgewiesenen Anteile an Wohnungen in den unterschiedlichen Gebäudetypen [LDS NRW, 2006b] mit den jeweils dazugehörigen Bedarfswerten multipliziert und anschließend summiert wurden. Für die Kommunen ergeben sich somit die in Tabelle 4.4 aufgezeigten Wärmebedarfswerte.

<b>Gemeinde</b>	<b>Wärmebedarf pro Gemeinde (berechnet mit einem spezifischen Wert nach Gebäudetyp pro Haushalt) in MWh</b>	<b>Einwohner (EW) 2006</b>	<b>Wärmebedarf pro Person (berechnet nach Wohnungen pro Gebäudetyp) in kWh</b>
Nordrhein-Westfalen	127.805.469	18.028.745	7.089
Bonn, krfr. Stadt	2.195.597	314.299	6.986
Rhein-Sieg-Kreis	4.303.335	598.805	7.187
Alfter	162.711	22.803	7.136
Bad Honnef, Stadt	188.391	25.141	7.493
Bornheim, Stadt	343.476	48.402	7.096
Eitorf	146.766	19.817	7.406
Hennef (Sieg), Stadt	265.724	45.480	5.843
Königswinter, Stadt	311.135	41.216	7.549
Lohmar, Stadt	231.029	31.247	7.394
Meckenheim, Stadt	180.682	24.902	7.256
Much	109.776	15.078	7.281
Neunkirchen- Seelscheid	153.699	20.946	7.338
Niederkassel, Stadt	264.342	36.652	7.212
Rheinbach, Stadt	191.403	26.710	7.166
Ruppicheroth	76.728	10.853	7.070
Sankt Augustin, Stadt	404.505	56.216	7.196
Siegburg, Stadt	290.858	39.192	7.421
Swisttal	130.603	18.315	7.131
Troisdorf, Stadt	535.747	74.790	7.163
Wachtberg	149.220	20.050	7.442
Windeck	166.541	20.995	7.932

*Tabelle 4.4: Pro-Kopf-Wärmebedarf in den Kommunen des Rhein-Sieg-Kreises und Bonn. [Eigene Berechnungen basierend auf B. SCHLOMANN, et al. (2004, S.24) und LDS NRW (2006b)]*

## **4.1.2 Geographische Modellierung**

Über die Verknüpfung der in Kapitel 4.1.1 ermittelten Bedarfswerte mit den Gemeindegrenzen können diese bereits räumlich abgebildet werden. Für eine detaillierte Betrachtung der Verteilung unterhalb dieser administrativen Grenze bedarf es jedoch kleinerer Bezugseinheiten, welche über die Anwendung von Methoden der Geoinformatik und die Festlegung von Annahmen zur Verteilung der Bezugsobjekte – im vorliegenden Fall der Einwohner – ermittelt beziehungsweise ausgewählt wurden.

### **4.1.2.1 Geocoding-Verfahren**

Um die ermittelten Bedarfswerte auch räumlich darstellen zu können, wird ein Datensatz benötigt, der die Bezugseinheiten mit einer räumlichen Koordinate versieht. Durch die „Gemeinsame Kommunale Datenzentrale“ (abgekürzt: GKD) wurde die Anzahl der Einwohner pro Adresse in den Kommunen des Rhein-Sieg-Kreises sowie durch die Stadt Bonn zur Verfügung gestellt. Basierend auf dieser Grundlage wurden Einwohner und nicht Haushalte als Bezugseinheit gewählt.

Die tatsächliche Verortung (Geocodierung) erfolgt über die Verknüpfung mit einem Adress- und Straßendatensatz des Landesvermessungsamtes NRW, welcher zusätzlich Koordinaten enthält.

Durch die unterschiedlichen Datenquellen konnte zum Teil keine eindeutige Geocodierung erfolgen.

Diese geocodierten Daten werden für die weitere Modellierung auf 250 x 250m Rasterzellen kumuliert. Durch die Verknüpfung dieser Daten mit den ermittelten spezifischen Bedarfswerten ergibt sich der Strom- und Wärmebedarf der Privathaushalte pro Rasterzelle.

## **4.2 Betriebe**

Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Verteilungsmuster der 3 Wirtschaftssektoren wurden diese getrennt modelliert. Dabei wurden unter anderem aufgrund der Datenlage teilweise unterschiedliche Ansätze und Genauigkeitsgrade verfolgt beziehungsweise erzielt.

## **4.2.1 Spezifische Bedarfsberechnung aus der Literatur**

### **4.2.1.1 Land- und Forstwirtschaft**

In der Statistik wird für den Primären Sektor auf Gemeindeebene die Anzahl der lohnsteuerpflichtigen Beschäftigten ausgewiesen [LDS NRW, 2006e]. Zahlen zu den Erwerbstätigen in diesem Sektor, welcher auch Selbständige beinhaltet, werden jedoch nicht auf Gemeindeebene zur Verfügung gestellt. Allerdings ermittelt der Arbeitskreis „Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder“ (AK ETR) Erwerbstätigenzahlen auf Kreisebene, welche vom LDS NRW (2006f) veröffentlicht werden. Demnach lag im Jahr 2005 die Zahl der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft im Rhein-Sieg-Kreis bei 5.000 und in Bonn bei 600. Für das Jahr 2006 liegen keine Erwerbstätigenzahlen vor. Geht man jedoch davon aus, dass sich das Verhältnis zwischen der Zahl der Sozialversicherungspflichtig Beschäftigten und der Gesamtzahl der Erwerbstätigen nur marginal ändert, ergeben sich für das Jahr 2006 für Bonn 559 Erwerbstätige und für den Rhein-Sieg-Kreis 5.618 Erwerbstätige in der Landwirtschaft.

Die Werte wurden anschließend für den Rhein-Sieg-Kreis noch auf Gemeindeebene ermittelt. Als Anhaltspunkt dafür dienten die auf Gemeindeebene vorhandenen Angaben zu den lohnsteuerpflichtig Beschäftigten in der Landwirtschaft aus dem Jahr 2006. Da davon ausgegangen werden kann, dass sich das Verhältnis Sozialversicherungspflichtige Beschäftigte zu Erwerbstätigen in den Kommunen des Kreises widerspiegelt, kann basierend auf den Sozialversicherungspflichtig Beschäftigten die Erwerbstätigenzahl hochgerechnet werden. Danach wird die Anzahl der Erwerbstätigen mit einem Pro-Kopf-Bedarf an Strom und Wärme multipliziert, sodass sich pro Gemeinde ein Gesamtenergiebedarf in der Landwirtschaft ergibt, welcher wiederum auf das 250 m-Raster disaggregiert werden kann.

Der Pro-Kopf-Bedarf orientiert sich an SCHLOMANN et al. (2004, S.108, S.114 und S.164-166). Hier wird der durchschnittliche Strombedarf pro Beschäftigtem in der Landwirtschaft mit 6.395 kWh, im Gartenbau mit 3.989 kWh und in der Forstwirtschaft und Fischerei mit 6.250 kWh angegeben. Der Bedarf an Brennstoffen wird mit 9.705 kWh, 16.054 kWh und 4.500 kWh pro Beschäftigtem angeführt. Entsprechend den Vorgaben des Projekts wird jener Teil des Stroms, der zur Wärmegewinnung verwendet wird, abgezogen und dem Wärmebedarf zugeordnet. Somit ergibt sich ein Strombedarf exkl. Wärmegewinnung von 5.371,8 kWh, 3.191,2 kWh und 5.743,75 kWh. Auf der Wärmebedarfsseite steht dagegen ein Bedarf von 10.728,2 kWh, 16.851,8 kWh und 5.006,25 kWh pro

Beschäftigtem. Aus diesen Werten wurde zur weiteren Berechnung ein Mittelwert gebildet.

Da keine detaillierten Angaben zum Anteil der Beschäftigten in den einzelnen Untergruppen existieren, war eine gewichtete Mittelwertbildung nur durch das Treffen von Annahmen möglich. Diese basieren auf Aussagen zur Verteilung der Betriebe in den einzelnen Untergruppen. Laut MUNLV NRW (2007, S.40, S.47 und S.50) sind 13% der 54.531 landwirtschaftlichen Betriebe in NRW Gartenbaubetriebe, weiterhin existieren 4.276 forstwirtschaftliche Betriebe. Somit ergibt sich eine Verteilung von 7,3 % forstwirtschaftlichen Betrieben, 12,1 % Gartenbaubetrieben und 80,6 % sonstigen Landwirtschaftsbetrieben. Diese Werte sind Näherungswerte, und auch eine Umlegung dieser Verteilung auf die Beschäftigtensituation kann nur eine Näherung darstellen. Durch Anwendung dieser Mittelwertbildung erhält man einen Strombedarf von 5.135 kWh und einen Wärmebedarf von 10.737 kWh pro Erwerbstätigem in der Land- und Forstwirtschaft.

Über eine Multiplikation der Bedarfswerte mit den zuvor ermittelten Erwerbstätigenzahlen erhält man den Strom- und Wärmebedarf in der Landwirtschaft für die einzelnen Kommunen. (siehe Tabelle 4.5)

<b>Gemeinde</b>	<b>Strombedarf in MWh</b>	<b>Wärmebedarf in MWh</b>
Alfter	1.217	2.545
Bad Honnef	1.032	2.157
Bornheim	4.736	9.902
Eitorf	675	1.411
Hennef (Sieg)	1.005	2.102
Königswinter	2.262	4.730
Lohmar	595	1.245
Meckenheim	1.773	3.706
Much	397	830
Neunkirchen-Seelscheid	661	1.383
Niederkassel	4.868	10.179
Rheinbach	820	1.715
Ruppichteroth	185	387
Sankt Augustin	833	1.743
Siegburg	2.553	5.338
Swisttal	1.323	2.766
Troisdorf	1.534	3.208
Wachtberg	2.143	4.481
Windeck	238	498
Bonn	2.870	6.001

*Tabelle 4.5: Strom- und Wärmebedarf in der Landwirtschaft in Bonn und den Rhein-Sieg Kommunen [Eigene Berechnungen basierend auf SCHLOMANN et al. (2004); MUNLV NRW (2007) und LDS NRW (2006e) und (2006f)]*

#### **4.2.1.2 Industrie und Großgewerbe**

Für die Ermittlung des Pro-Kopf-Bedarfs der Beschäftigten in Industrie und Gewerbe wird auf die Ergebnisse der Energiebilanz NRW [LDS NRW, 2007, S. 20-21] sowie Daten aus den Monatsberichten des Verarbeitenden Gewerbes [LDS NRW, 2006d] zurückgegriffen. Die Aufgliederung des Energiebedarfs nach verschiedenen Wirtschaftszweigen ist innerhalb dieses Sektors sehr detailliert, und auch die Beschäftigten sind aufgegliedert nach einzelnen NACE-Unterabschnitten vorhanden. So kann der Anzahl der Beschäftigten in den einzelnen Wirtschaftszweigen NRWs für das Jahr 2003 ein Gesamtenergieverbrauch gegenübergestellt und ein Pro-Kopf-Wert pro Wirtschaftszweig ermittelt werden. In der Betrachtung werden nur die Beschäftigten in Betrieben mit mehr als 20 Mitarbeitern aufgenommen. Die kleineren Betriebe werden im GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistung)-Sektor behandelt. In die Betrachtungen werden die NACE-Abschnitte Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe mit einbezogen. Die Unterabschnitte CA (Kohlebergbau, Erdöl- und Erdgasgewinnung) und DF (Kokerei



und Mineralölverarbeitung) sowie der Abschnitt E (Energie- und Wasserversorgung) werden nicht modelliert, da diese auch in der Energiestatistik nicht im Bereich Endenergieverbrauch, welcher in dieser Studie betrachtet wird, sondern im Umwandlungsbereich aufscheinen.

Der Anteil der Wärmeerzeugung am Gesamtenergieverbrauch wird von DORFINGER (2007, S.42) übernommen, welcher aus Daten für Deutschland, Österreich und die Schweiz Wärmeanteile für die einzelnen NACE-Unterabschnitte ermittelt hat.

Durch eine Befragung, welche durch die Kreiswirtschaftsförderung bei den größten Industrieunternehmen im Rhein-Sieg-Kreis durchgeführt wurde, liegen für diese Großbetriebe detaillierte Informationen zu Energieverbrauch und Beschäftigtenzahlen vor. Diese Werte wurden in den jeweiligen Wirtschaftszweigen vor der Ermittlung des Pro-Kopf-Wertes subtrahiert, um sie nicht in die Mittelwertbildung zu inkludieren. Somit ergeben sich die in Tabelle 4.6 aufgelisteten Pro-Kopf-Energie-Bedarfswerte für NRW.

NACE-Code <sup>8</sup>	Erwerbstätige in Industrie (>20 Mitarbeiter)	Gesamtbedarf NRW Statistik 2003 in TJ	Pro Kopf Bedarf Industrie in MWh	Pro Kopf Verbrauch Industrie exkl. Einzelerhebungen in MWh	Bedarf Einzelerhebungen in MWh	Mitarbeiter Einzelerhebungen	Prozentanteil Wärme nach Dorfinger (S.42)
CB	4.363	11.554	735,6	735,6			3
D	1.250.079						
DA	93.599	41.370	122,8	122,6	44.730	245	56
DB	37.542	9.136	67,6	67,6			35
DC	3.311	305	25,6	25,6			25
DD	18.844	12.503	184,3	188,0	6.955,2	405	21
DE	86.492	41.893	134,5	134,5			38,5
DG	113.289	200.487	491,6	489,2	1.359.499 269.896,8	2.235	51
DH	71.709	15.885	61,5	59,5	3	2.060	31
DI	36.671	84.952	643,5	643,5			7
DJ	284.537	378.368	369,4	369,8	200.610,1 6	900	16,5
DK	208.959	19.020	25,3	25,3	41.246,33	1.710	31
DL	144.365	13.014	25,0	25,0	13.896,92 129.802,1	310	23
DM	97.144	21.086	60,3	59,9	2	1.480	20
DN	48.794	6.622	37,7	37,7			23

Tabelle 4.6: Pro-Kopf-Verbrauch nach Wirtschaftszweigen in NRW [Eigene Berechnungen nach LDS NRW (2007, S. 20-21), LDS NRW (2006d) und DORFINGER (2007, S.24)]

Die ermittelten Pro-Kopf-Werte des Energiebedarfs können nunmehr mit den Beschäftigten der einzelnen Kommunen im Untersuchungsgebiet multipliziert werden. Aus der Summe der einzelnen Wirtschaftszweige ergibt sich der gemeindeweise Energiebedarf in Industrie und Großgewerbe (siehe Tabelle 4.7). In diesen Werten sind die Einzelerhebungen noch nicht enthalten und müssen für das Gesamtergebnis addiert werden. Da die Lage der befragten Unternehmen bekannt ist, können die Energiebedarfsdaten aus der Einzelerhebung exakt der betreffenden Gemeinde zugeordnet werden.

<sup>8</sup> CB Erzbau, Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau; D Herstellung von Waren; DA Herstellung von Nahrungs- und Genussmitteln, Tabakverarbeitung; DB Herstellung von Textilien und Bekleidung; DC Herstellung von Leder und Lederwaren; DD Herstellung von Holz sowie Holz-, Kork- und Flechtwaren (ohne Herstellung von Möbeln); DE Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus, Verlags- und Druckerzeugnissen; DG Herstellung von chemischen Erzeugnissen; DH Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren; DI Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden; DJ Metallerzeugung und -bearbeitung, Herstellung von Metallerzeugnissen; DK Maschinenbau; DL Herstellung von Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräten und -einrichtungen; Elektrotechnik, Feinmechanik und Optik; DM Fahrzeugbau; DN Herstellung von Möbeln, Schmuck, Musikinstrumenten, Sportgeräten, Spielwaren und sonstigen Erzeugnissen;

Gemeinde	Bedarf in Industrie und Großgewerbe exkl. Einzelerhebungen		
	Gesamtbedarf GWh	Wärmebedarf GWh	Strombedarf GWh
Alfter	148,4	14,7	133,6
Bad Honnef	96,7	41,8	54,9
Bornheim	77,4	26,7	50,6
Eitorf	48,5	19,1	29,4
Hennef (Sieg)	142,3	43,1	99,2
Königswinter	227,8	58,3	169,5
Lohmar	100,8	18,2	82,6
Meckenheim	373,6	137,2	236,4
Much	48,6	9,3	39,3
Neunkirchen-Seelscheid	15,6	3,3	12,3
Niederkassel	72,3	32,7	39,6
Rheinbach	55,9	6,9	49,0
Ruppichterath	26,2	10,8	15,4
Sankt Augustin	203,5	66,4	137,1
Siegburg	34,1	9,2	24,9
Swisttal	59,0	5,8	53,2
Troisdorf	546,6	237,5	309,2
Wachtberg	123,0	8,4	114,6
Windeck	85,1	8,3	76,8
Bonn	1.410,9	391,6	1.019,3

*Tabelle 4.7: Energiebedarf der Kommunen in Industrie und Gewerbe exkl. des Bedarfs der befragten Unternehmen [Eigene Berechnungen nach LDS NRW (2007), S. 20-21, LDS NRW (2006d) und DORFINGER (2007, S.24)]*

#### **4.2.1.3 GHD – Gewerbe, Handel und Dienstleistungen**

Auch bei der Ermittlung des Bedarfs pro Beschäftigtem im Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen wird auf die Ergebnisse der Energiebilanz [LDS NRW, 2007, S. 20-21] zurückgegriffen. Ferner werden die Statistik der Sozialversicherungspflichtig Beschäftigten am Arbeitsort nach Wirtschaftsabschnitten (LDS NRW, 2006e) sowie die Ergebnisse aus den Modellierungen zu Land- und Forstwirtschaft sowie Industrie und Großgewerbe benötigt. Der GHD-Sektor bildet innerhalb der Energiebilanz eine Art Restwert, welcher keinerlei Differenzierungen nach Wirtschaftszweigen aufweist. Eine ähnlich detaillierte Modellierung wie im Sektor Industrie ist somit nicht möglich. Außerdem ist hier auch der Energiebedarf der Landwirtschaft inkludiert, welcher aufgrund der räumlichen Modellierung in dieser Studie unabhängig vom restlichen

GHD-Sektor ermittelt wurde. Aus diesem Grund muss vom Gesamtenergieverbrauch im GHD-Sektor der energetische Verbrauch der Landwirtschaft abgezogen werden. Mit Hilfe der ermittelten Pro-Kopf-Werte in der Landwirtschaft (siehe Kapitel 4.2.1.1) und der Zahl der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft in ganz NRW [LDS NRW, 2006f] lässt sich der Gesamtenergieverbrauch der Landwirtschaft in NRW ermitteln. Dieser wird vom Gesamtbedarf des GHD-Sektors abgezogen.

Der verbleibende Energieverbrauch muss anschließend auf die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im GHD-Sektor aufgeteilt werden. Die Zahl der Beschäftigten wurde aus der Summe aller Sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in NRW, abzüglich der Beschäftigten der Land- und Forstwirtschaft, sowie der Anzahl der Beschäftigten in Großbetrieben des verarbeitenden Gewerbes und der nicht-berücksichtigten Wirtschaftszweige (siehe Kapitel 4.2.1.2) gebildet. In der Berechnung wird wie dargestellt auf sozialversicherungspflichtig Beschäftigte zurückgegriffen und nicht auf Erwerbstätige. Die Zahlen der Erwerbstätigen liegen auf Gemeindeebene nicht detailliert vor. Der Bedarf pro Sozialversicherungspflichtig Beschäftigtem liegt zwar durchschnittlich höher als bei einer Berücksichtigung aller Erwerbstätigen, die Vorgehensweise ist aber insofern korrekt, da sich die Berechnung auch im Anschluss auf Gemeindeebene auf Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte stützt.

Das Ergebnis der Berechnung ergibt schließlich einen Energiebedarf von 17,4 MWh pro Sozialversicherungspflichtig Beschäftigtem im GHD-Sektor. Die Anteile des Wärme- und Strombedarfs am Gesamtenergiebedarf betragen 71 % und 29 % [VDEW, 2007, S.9]. Die daraus abgeleiteten Bedarfszahlen für die einzelnen Kommunen des Untersuchungsgebietes finden sich in folgender Tabelle.

<b>Gemeinde</b>	<b>Gesamtbedarf GWh</b>	<b>Wärmebedarf GWh</b>	<b>Strombedarf GWh</b>
Alfter	32,1	22,8	9,3
Bad Honnef	91,0	64,6	26,5
Bornheim	101,6	72,1	29,5
Eitorf	48,6	34,5	14,1
Hennef (Sieg)	125,4	89,0	36,5
Königswinter	89,3	63,3	26,0
Lohmar	72,9	51,7	21,2
Meckenheim	77,8	55,2	22,6
Much	30,7	21,8	8,9
Neunkirchen-Seelscheid	41,0	29,1	11,9
Niederkassel	54,0	38,3	15,7
Rheinbach	78,3	55,5	22,7
Ruppichteroth	13,9	9,8	4,0
Sankt Augustin	189,6	134,5	55,1
Siegburg	229,0	162,4	66,6
Swisttal	30,1	21,3	8,7
Troisdorf	269,8	191,4	78,4
Wachtberg	34,4	24,4	10,0
Windeck	31,8	22,5	9,2
Bonn	2324,2	1648,6	675,7

*Tabelle 4.8: Energiebedarf des GHD-Sektors für die Kommunen des Rhein-Sieg-Kreises und Bonn [Eigene Berechnungen nach LDS NRW (2007, S. 20-21), LDS NRW (2006d), (2006e) und (2006f) und DORFINGER (2007, S.24)]*

## **4.2.2 Geographische Modellierung**

### **4.2.2.1 Land- und Forstwirtschaft**

Die ermittelten Strom- und Wärmebedarfswerte wurden nachfolgend disaggregiert, das heißt sie wurden auf die landwirtschaftlichen Flächen innerhalb der Gemeinde aufgeteilt. Im nächsten Schritt wurden die gemeindeweiten Bedarfswerte auf alle Gebäude der Nutzungskategorien „Gemischte Nutzung“, „Wald und Forst“, „Garten- und Ackerland“, „Gehölz“ oder „Naturschutzgebiet“ verteilt. Die Zuweisung der Nutzungsklassen zu den Gebäuden wurde mittels räumlicher Verschneidung mit den ATKIS Nutzungsklassen durchgeführt.

Die Verteilung erfolgt gleichmäßig über die Grundfläche der Gebäude. Anschließend werden die Gebäude innerhalb jeder Rasterzelle des 250 x 250m Rasters summiert. Die Vorgehensweise entspricht jener der Disaggregation der Einwohner.

### **4.2.2.2 Industrie und Großgewerbe**

Die auf Gemeindeebene vorliegenden Bedarfsdaten für diesen Sektor wurden disaggregiert, wobei nur jene Werte ohne Bedarfs-Einzelerhebungen herangezogen wurden. Die Einzelerhebungen werden über die Adressen der Unternehmen in einem weiteren Schritt verortet und der entsprechenden Rasterzelle hinzugerechnet.

Die Ansiedlung von Industrie- und größeren Gewerbebetrieben erfolgt im Allgemeinen in den dafür ausgewiesenen Zonen. Aus diesem Grund wird als Annahme zugrunde gelegt, dass ca. 90 % der Energie in der Nutzungsklasse „Industrie und Gewerbe“ benötigt wird. Ein Teil der Gewerbebetriebe kann jedoch auch in Wohnbaugebieten und Gebieten mit gemischter Nutzung angesiedelt sein. Aus diesem Grund wird der restliche Energiebedarf zu gleichen Teilen - also jeweils 5 % - auf diese beiden Gebiete aufgeteilt. Die Flächen werden jedoch wie bei der Modellierung der Land- und Forstwirtschaft auf die Gebäudegrundflächen innerhalb der genannten Widmungsklassen reduziert und nicht auf die gesamte Nutzungsfläche gerechnet. Nach der Aufteilung des Energiebedarfs entsprechend der genannten Verteilung erfolgt die Verteilung auf die einzelnen Gebäude wiederum nach deren Grundfläche. Abschließend werden die Gebäudewerte wieder zu einer Rasterzellensumme aufsummiert. Im Anschluss daran werden die Bedarfswerte der Einzelunternehmen zu den Werten der Rasterzellen hinzuaddiert, in denen sie zu liegen kommen.

#### **4.2.2.3 GHD – Gewerbe, Handel und Dienstleistungen**

Die Vorgehensweise zur Aufteilung des Energiebedarfs im GHD-Sektor innerhalb der Gemeindegrenzen erfolgt analog zu den angewandten Methoden in den beiden anderen Sektoren. Die Auswahl jener Flächen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit Betriebe des GHD-Sektors enthalten, gestaltet sich jedoch komplexer.

Da sich Handels- und Dienstleistungsunternehmen bevorzugt entlang von Hauptverkehrs- (Bundes-, Landes- und Kreisstraße) beziehungsweise Durchgangsverkehrsverbindungen sowie in Fußgängerzonen ansiedeln, wurden alle Gebäude, welche innerhalb einer 30 m Distanz zu diesen liegen, als bevorzugte Flächen ausgewählt. Ebenfalls als bevorzugte Flächen für den GHD-Sektor wurden Gebäude innerhalb der Nutzungsklassen „Besondere Prägung“ (z.B. Schulen, Krankenhäuser, Ämter etc.), „Campingplätze“, „Freizeitanlagen“, „Sportanlagen bzw. Sportplätze“ sowie sonstige Gebäude (dabei handelt es sich häufig um Flughäfen, Bahnhöfe etc.) ausgewiesen. Diesen Flächen wurden 75 % des Energiebedarfs zugeteilt. Die restlichen 25 % des Energiebedarfs werden auf die Gebäude, welche in „Wohnbauflächen“, „Flächen mit gemischter Nutzung“ und „Industrie und Gewerbeflächen“ fallen, und nicht in der Zone der bevorzugten Standorte liegen, gleichmäßig aufgeteilt.

Die Verteilung erfolgt wiederum über die Gebäudegrundflächen und eine anschließende Summierung auf Rasterzellen.

#### **4.2.3 Bedarfsraster**

Das endgültige Energiebedarfsraster der Betriebe erhält man, indem man die drei Sektorenergebnisse zusammenfügt. Bei diesem Ergebnis handelt es sich um eine Annäherung an die Realität. In den zugrundeliegenden Statistiken sind die Belange des Datenschutzes berücksichtigt. Auf der Ebene der Modellierung wurde in diesen Fällen von einer typischen Verteilung der Daten ausgegangen.

Das ermittelte Bedarfsraster zeigt die Bedarfsschwerpunkte innerhalb der Kommunen auf. Für die Gegenüberstellung mit den erneuerbaren Energiepotenzialen sowie die Ermittlung regionaler Energieflüsse und Autarkiebetrachtungen sind dieses Modell und die daraus resultierenden Ergebnisse in jedem Fall geeignet.

## 5 Zusammenführung von Potenzial und Bedarf in einem geographischen Bilanzraster

Das geographische Bilanzraster der zu bewertenden Region dient als Input für die Modellierung energetisch autarker Regionen. Zur Erstellung des Bilanzrasters werden zwei Rasterdatensätze mit einer Rastergröße von 250 m generiert, die zum einen die Potenziale der Solarkraft, Windkraft, Geothermie und Biomasse sowie zum anderen den in der Region vorhandene Strom- und Wärmebedarf aus Privathaushalten und Gewerbe kumuliert erfassen.

Aus der Differenz der kumulierten energetischen Potenziale und des kumulierten Strom- und Wärmebedarfs wird in der Folge ein Bilanzraster mit energetischem Überschuss oder Mangel für die Zielregion abgeleitet. Zur Ermittlung der Energiebilanz wird hinsichtlich der erneuerbaren Energiepotenziale davon ausgegangen, dass jeweils 100 % des verfügbaren Potenzials in Wert gesetzt werden. Die geographische Visualisierung des Bilanzrasters ist in folgender Abbildung dargestellt:

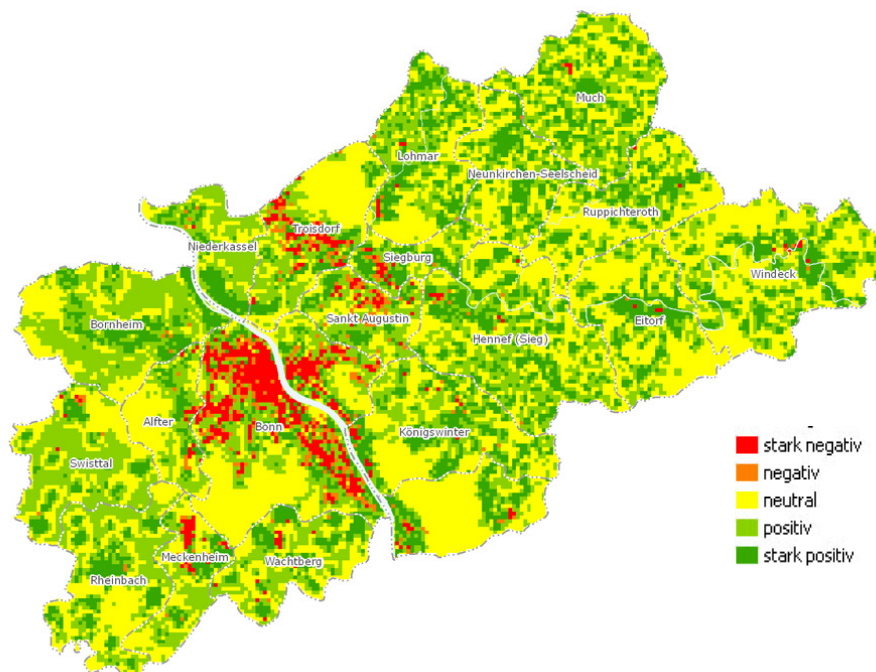


Abbildung 5.1: Geographischer Bilanzraster der Zusammenführung von energetischem Angebot und Nachfrage



Durch die Ermittlung des geographischen Bilanzrasters kann die potenziell mögliche Energieautarkie – bei 100%iger Ausnutzung des erneuerbaren Potenzials - auf Gemeindebasis abgeleitet werden.

## 6 Modellierung von energetischen Autarkieszenarien

Ausgehend von den ermittelten Potenzial- und Bedarfsverteilungen in einer Rasterauflösung von 250 m können Überlegungen hinsichtlich einer Optimierung von Energieflüssen angestellt werden.

Grundlage für diese Überlegungen muss nicht zwingend das bestehende Energiesystem sein. Dies erlaubt insbesondere auch die Diskussion visionärer Szenarien – auch wenn sie zunächst nicht als realisierbar erscheinen.

Im Rahmen dieser Studie wird eine unabhängige Betrachtung hinsichtlich des Potenzials einer möglichen energetischen Autarkie des Untersuchungsgebietes erarbeitet. Dies wird nur bilanzierend für die Jahressummen von Aufbringung und Nachfrage betrachtet und NICHT auf Basis von tatsächlichen physikalischen Energieströmen.

Diese Bilanzierung wird im Rahmen des Projektes auf zwei unterschiedliche Arten durchgeführt. Zum einen wird eine Bilanzierung auf vordefinierten Grenzziehungen – in diesem Fall Kommunalgrenzen – durchgeführt und zum anderen wird eine Bilanzierung im Sinne einer optimierten Aggregation von Flächen zur Bildung von hypothetischen energetisch autarken Clustern durchgeführt. Diese beiden Arten der Bilanzierung sind in Abbildung 6.1 schematisch dargestellt.

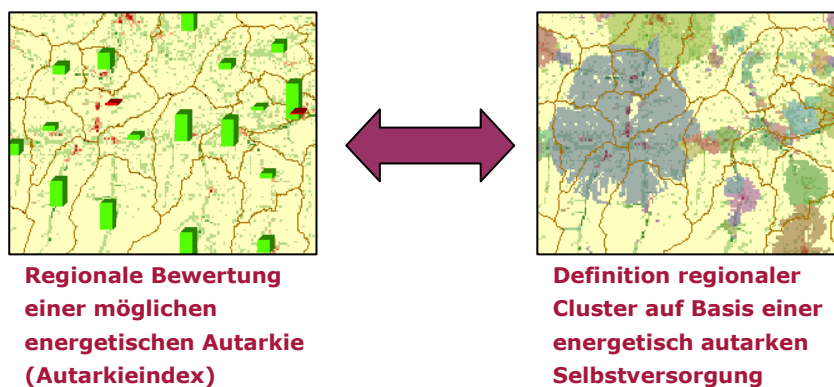


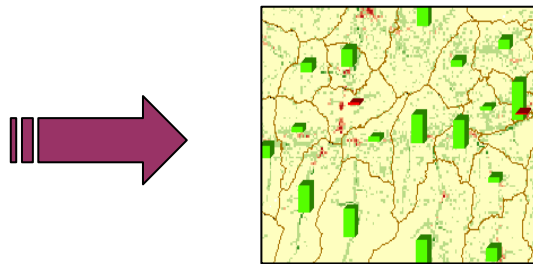
Abbildung 6.1: Bilanzierungsmethoden der Studie

Durch diese Differenzierung in der energetischen Bilanzierung soll ein möglichst breites Spektrum von Sichtweisen im Sinne einer Lösungsfindung für eine nachhaltige und regionale Energieversorgung aufgezeigt werden. Dazu ist es insbesondere notwendig neue innovative Ansätze zu diskutieren und in Relation zu bestehenden Lösungsansätzen zu bringen. Vor diesem Hintergrund versucht die vorliegende Studie Antworten zu geben und Wege aufzuzeigen, um einen

möglichen Lösungsraum für die Fortschreibung des regionalen Energiesystems des Rhein-Sieg-Kreises und Bonns im Sinne von Nachhaltigkeit und Selbstversorgung zu unterstützen.

### **6.1 Modellierung basierend auf politischen Grenzen**

Die Modellierung basierend auf politischen Grenzen hat die Evaluierung von Regionen bezüglich ihres potenziellen Selbstversorgungsgrades zur Grundlage. Dies erlaubt die unabhängige Beurteilung einzelner Kommunen bezüglich ihrer individuellen Möglichkeiten hinsichtlich einer nachhaltigen und regionalen Selbstversorgung auf einer quantitativen Basis. Darüber hinaus wird dadurch auch die relative Bewertung von einzelnen Kommunen zueinander ermöglicht. Dies kann in letzter Instanz bis hin zu einem Ranking der Kommunen bezüglich ihrer potenziellen Selbstversorgungsgrade führen.



*Abbildung 6.2: Ranking potenziell möglicher Autarkiegrade der Kommunen*

Dieses Ranking kann insbesondere als Motivation verstanden werden. Eine hohe Ranking-Listung einzelner Kommunen steht hierbei nicht nur für bevorzugte naturräumliche Randbedingungen hinsichtlich des Potenzials zu einer regionalen Selbstversorgung, sondern insbesondere auch für die Verantwortung, die aus dieser Situation erwächst.

Dieses Ranking zeigt eine hohe Sensibilität in Bezug auf die zugrunde liegenden Annahmen. Insbesondere relevant in diesem Zusammenhang ist das tatsächlich in Wert setzbare regionale Potenzial erneuerbarer Energieträger – insbesondere auf dem Hintergrund einer kompetitiven Landnutzung. Dies unterliegt nicht zuletzt dynamischen politischen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entscheidungsprozessen, deren Entwicklung nicht fixiert ist. Somit erscheint es sinnvoll, eine Autarkiebetrachtung nicht als fixiertes Szenario zu betrachten, sondern insbesondere unterschiedliche Annahmen in ihrer Auswirkung auf ein zu realisierendes Szenario zu berücksichtigen. Auf dieser Basis werden in der vorliegenden Studie unterschiedlichste Annahmen zur anteiligen Inwertsetzung

erneuerbarer Energiepotenziale gemacht und in Folge deren Auswirkung auf eine potenzielle energetische Autarkie für den gesamten Kreis betrachtet.

Beispiele für unterschiedliche Szenarien:

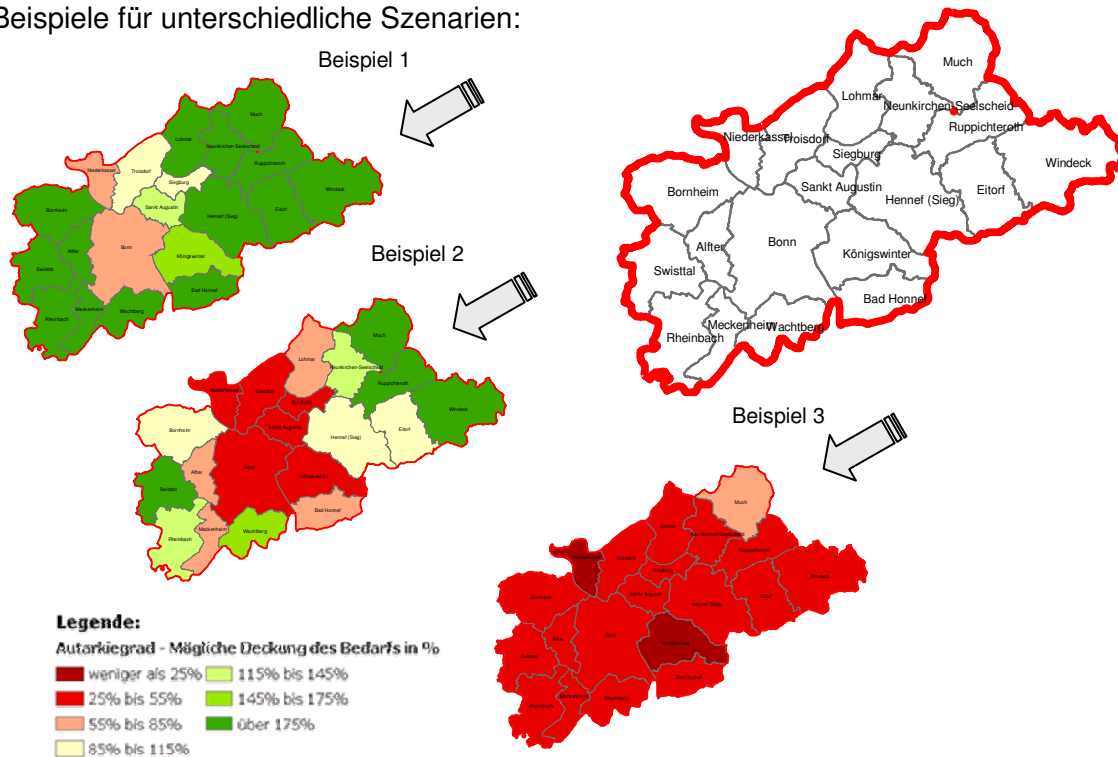


Abbildung 6.3: Visualisierung des potenziellen Autarkiegrades in Abhängigkeit des gewählten Maßnahmenpakets

Auf diese Art und Weise lassen sich unterschiedlichste politische- oder wirtschaftliche Maßnahmen, die in Folge zu einem definierten Ausbau erneuerbarer Energieträger führen, in ihrer quantitativen Auswirkung bewerten.

Dennoch erscheint es nicht immer sinnvoll, eine regionale Selbstversorgung an der Gemeindegrenze enden zu lassen. Realistische Inwertsetzungen regionaler Potenziale erfordern auch grenzüberschreitende Betrachtungen und überregionale Lösungsansätze. Um diesen Rechnung zu tragen, wird in der energetischen Bilanzierung auch noch ein weiterer Ansatz im Rahmen dieser Studie verfolgt.

## 6.2 Modellierung basierend auf einer optimalen räumlichen Clusterung

Dieser Ansatz ermöglicht, im Gegensatz zur rein auf Kommunen betrachteten entkoppelten Autarkiebetrachtung des ersten Ansatzes, die Definition von Regionen mit einer hypothetisch positiven Energiebilanz.

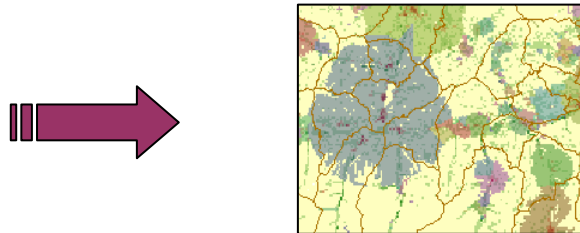


Abbildung 6.4: Modellierung basierend auf optimaler räumlicher Clusterung

Dieser Ansatz stützt sich auf Methoden der räumlichen Optimierung, die insbesondere naturräumliche wie infrastrukturelle Begebenheiten mit einbeziehen. Dies ermöglicht die Abgrenzung von homogenen Regionen, die nicht an kommunale Grenzen gebunden sind. Eine solche Art der Regionalisierung erlaubt wiederum die Definition von Maßnahmen im Sinne einer optimalen Adaption des Energiesystems. Diese Art der Modellierung kann insbesondere auf Fragestellungen hinsichtlich einer Inwertsetzung durch Entscheidungsträger zur Planung konkreter Strategien und Maßnahmen adaptiert werden.

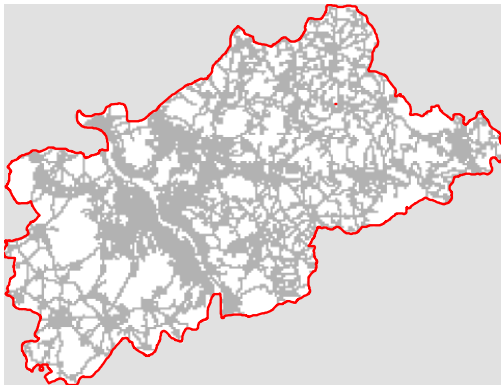
Entscheidend bei diesem Ansatz zur Definition potenzieller energetisch autarker Regionen sind insbesondere auch die Rahmenbedingungen zur Definition dieser Regionen. Bedingt durch die im Allgemeinen auftretende Differenz zwischen dem räumlich disaggregierten Angebot von energetischen Potenzialen sowie der räumlich disaggregierten Bedarfsstruktur ergibt sich die Notwendigkeit von energetischen Ausgleichsflüssen. Diese erfolgen im optimalen Fall auf den kürzesten beziehungsweise kostenoptimierten Distanzen. Faktisch ist in dieser Energiefluss-Modellierung die vollständige Prozesskette mit sämtlichen Wandlungsschritten zu beachten. Dies würde auch eine Differenzierung hinsichtlich der in Wert gesetzten Potenziale sowie deren tatsächliche Nutzung als Endenergie erfordern. Neben einer ganzen Reihe technologisch bedingter Faktoren fließen hier auch wirtschaftspolitische Faktoren ein, die eine modelltechnische Erfassung sehr komplex machen.

In einer stark simplifizierten Betrachtung reduzieren sich diese Rahmenbedingungen auf die Betrachtung des Aufwands, mit der Energie – in welcher Form auch immer – von einer räumlichen Einheit in die nächste räumliche Einheit überführt werden kann (in der vorliegenden Studie sind dies 250 m Rasterzellen). Diese Überführung hängt im Allgemeinen von verschiedensten Faktoren ab, die in Form von negativen oder positiven „Kosten“ interpretiert werden können. Für eine sinnvolle Modellierung ist somit zuerst die Identifizierung dieser Faktoren erforderlich sowie ihre Umsetzung in „Kosten“ zur Überführung von Energie in die nächste räumliche Einheit. Diese „Kosten“ gilt es nun in ihrer räumlichen Auflösung abzubilden. Hierfür wird ein Kostenraster generiert, das als Grundlage für die Definition von energetisch autarken Regionen dient.

### **6.2.1 Kostenraster für Energiefluss-Modellierungen**

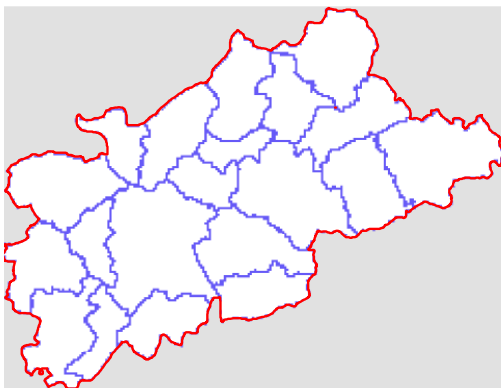
Dieses Kostenraster hat im günstigsten Fall alle räumlich relevanten wie auch überregionalen Faktoren zu beinhalten, die eine Bedeutung für den Transport von Energie im Allgemeinen haben. A priori wird angenommen, dass Energie innerhalb des Untersuchungsgebietes mit einem konstanten Kostenfaktor von einer räumlichen Einheit in eine benachbarte räumliche Einheit überführt werden kann. Ein Transport in oder aus dem Untersuchungsgebiet ist im Rahmen der Betrachtungen nicht vorgesehen. Diesem konstanten Kostenraster werden alle räumlich relevanten Faktoren innerhalb des Untersuchungsgebietes überlagert.

Da eine modelltechnische Erfassung der Realität nur näherungsweise realisiert werden kann, beschränkt sich die Definition des Kostenrasters in dieser Studie auf eine in Tabelle 6.1 dargestellte reduzierte Anzahl an Faktoren, die Einfluss auf den Transport von Energie haben.



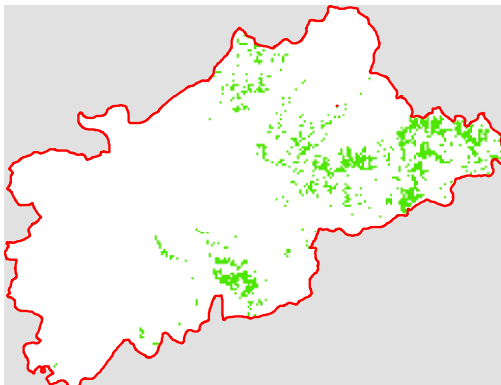
Das Straßennetz in seiner räumlichen Ausdehnung begünstigt auch den Transport von Energie und hat somit Einfluss auf die räumliche Kostenstruktur. Es wird angenommen, dass räumliche Einheiten, die über eine Strasse verbunden sind, für den Austausch von Energie begünstigt sind.

→ **Energiefluss wird begünstigt**



Politische Grenzen definieren in der Regel abgeschlossene räumliche Einheiten mit autonomen Entscheidungsprozessen. Es wird angenommen, dass räumliche Einheiten die durch politische Grenzen getrennt sind, für den Austausch von Energie im Allgemeinen benachteiligt sind.

→ **Energiefluss wird erschwert**



Naturräumliche Gegebenheiten beeinflussen den Transport von Energie zwischen räumlichen Einheiten ebenso. Dies bezieht sich zum Beispiel auf Geländeneigung oder natürliche Barrieren (wie Flüsse, etc.).

→ **Energiefluss wird erschwert**

*Tabelle 6.1: Faktoren, welche den Energie Transport monetär beeinflussen*

Unter den in Tabelle 6.1 skizzierten Annahmen definiert sich das angenommene Kostenraster folgendermaßen:

$$X = A - B + C + D;$$

X : Finales Kostenraster;

A : Norm Kostenraster;

B : Kostenreduktion durch Straßennetz;

C : Kostenaddition durch politische Grenzen;

D : Kostenaddition durch naturräumliche Gegebenheiten;

In Summe führt diese Gleichung zu einem in Abbildung 6.5 skizzierten finalen Kostenraster.

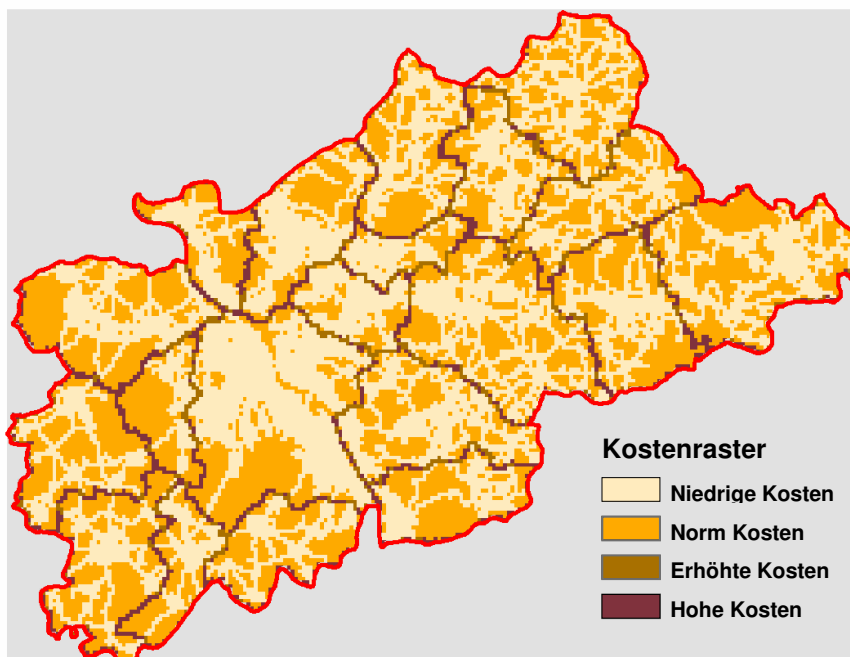


Abbildung 6.5: Kostenraster im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn

Dieses Kostenraster versteht sich NICHT als Versuch einer fixierten Abbildung der Wirklichkeit, sondern kann Gegenstand einer dynamischen Betrachtung sein. Eine tiefer gehende Erläuterung dazu erfolgt im nächsten Kapitel.



### 6.2.2 Räumliche Clusterung basierend auf optimierten Energieflüssen

Dieses Kostenraster wird nun in Wert gesetzt, um energetische Flüsse zwischen benachbarten räumlichen Einheiten zu bewerten. Diese Bewertungsmetrik ist Grundlage eines Optimierungsprozesses, in dem Energieflüsse gesucht werden, die für jede räumliche Einheit – im Falle der vorliegenden Studie für jede 250 m Rasterzelle – eine positive Energiebilanz gewährleisten. Dies bedeutet, potenzielle energetische Nachfrageüberhänge in einzelnen Zellen werden durch Energieflüsse aus Nachbarzellen ausgeglichen. Dieser Ausgleich kann auf unterschiedlichste Art und Weise erfolgen. Die Bewertungsmetrik basierend auf dem bereits diskutierten Kostenraster erlaubt hier aber eine Evaluierung einzelner Lösungen im Sinne einer kostengünstigsten Lösung.

Die so gefundenen Ausgleichsflüsse erlauben im Anschluss die Identifikation von räumlich autarken Subregionen hinsichtlich einer ausgeglichenen Energiebilanz. In Abbildung 6.6 ist eine solche Regionalisierung visualisiert.

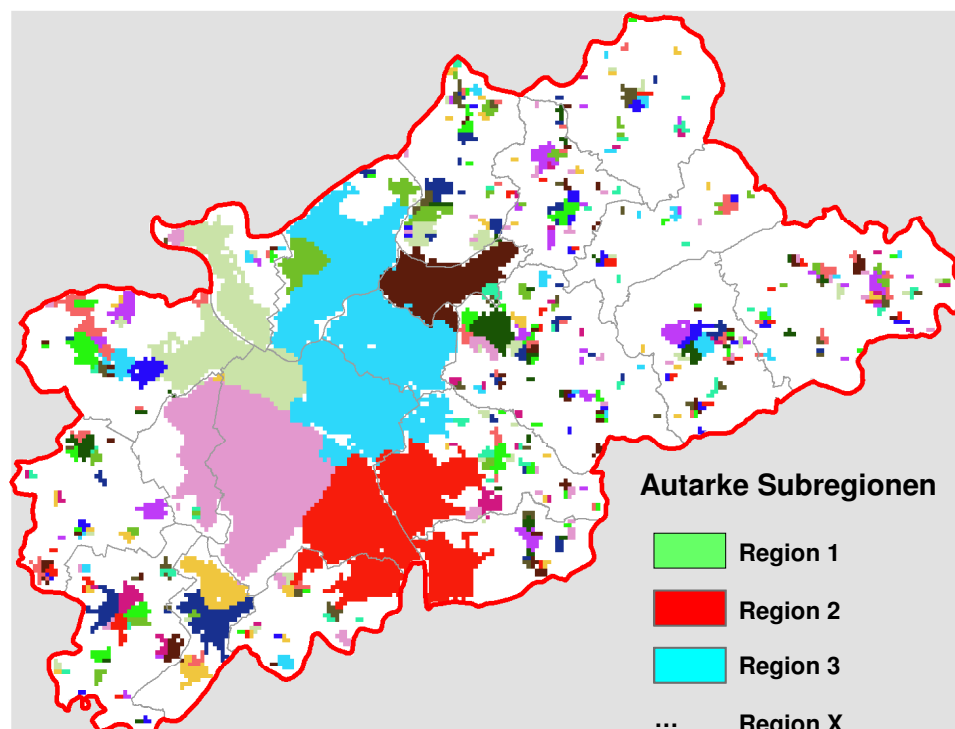


Abbildung 6.6: Regionalisierung hinsichtlich einer ausgeglichenen Energiebilanz

In dieser Abbildung werden potenzielle energetisch autarke Subregionen im Sinne einer für das komplette Untersuchungsgebiet optimalen Lösung durch unterschiedliche Farbgebungen ausgewiesen.

Es bleibt zu erwähnen, dass diese Clusterung – ebenso wie in der Betrachtung von Autarkiegraden auf Kommunalebene – in einem sehr sensiblen Abhängigkeitsverhältnis zu den gemachten Annahmen insbesondere bezüglich des zugrundeliegenden Kostenrasters steht. So erlaubt eine dynamische Bewertung von Kostenabhängigkeiten und daraus resultierenden individuellen Kostenrastern eine dynamische Betrachtung von individuell resultierenden Regionalisierungsszenarien.

Diese Dynamik bezieht sich auch auf die Annahmen zur Inwertsetzung regional verfügbarer erneuerbarer Energiepotenziale.

Dieser Ansatz der Modellierung erlaubt eine umfassende Analyse der Kausalität in Energiesystemen und dient in der vorliegenden Studie insbesondere für die quantitative Bewertung der Auswirkung von Entscheidungen und Maßnahmen im Sinne einer regionalen Inwertsetzung erneuerbarer Energieträger.

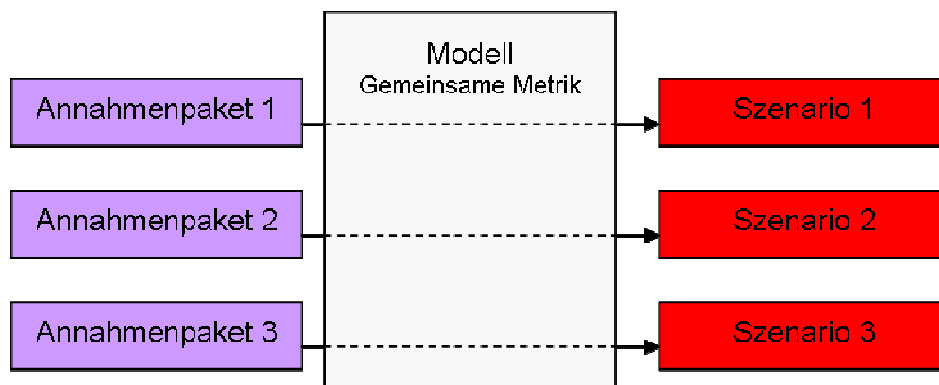


Abbildung 6.7: Szenariengenerierung anhand variierender Annahmepakete

Im Rahmen dieser Studie werden unterschiedlichste Annahmen zur Inwertsetzung des Potenzials erneuerbarer Energieträger in individuellen Szenarien betrachtet. In jeweils unterschiedlichen Szenarien werden diese Annahmen mit ihren Auswirkungen auf das Setup eines möglichen Energiesystems diskutiert. Dies bezieht sich insbesondere auf eine mögliche regionale Realisierung einer energetischen Autarkie.

Anhand der unterschiedlichen Annahmepakete und den daraus resultierenden Szenarien kann ein Lösungsraum hinsichtlich der Auswirkungen von Entscheidungen zur Inwertsetzung von erneuerbaren Energieträgern und einer potenziellen regionalen energetischen Autarkie aufgezeigt werden. Durch die Darstellung der unterschiedlichen Szenarien in einem geographischen Kontext kann ein unterstützendes Instrument zur Entscheidungsfindung gewonnen werden.

## **7 Ergebnisse für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie ausgewiesen, visualisiert und diskutiert. Insbesondere zu erwähnen ist hierbei die hoch sensible Abhängigkeit der ausgewiesenen energetischen Potenziale von den zugrundeliegenden Annahmen. Diese Annahmen sind jedoch Gegenstand einer wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Diskussion und können somit keinesfalls als fixiert erachtet werden. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache wurde in der vorliegenden Studie eine sehr optimistische Abschätzung der verfügbaren energetischen Potenziale angestrebt. Hintergrund ist die Definition eines möglichen Lösungsraums für eine potenzielle Energieversorgung, der Möglichkeiten aufzeigt, aber nicht auf eine einzelne Lösung fokussiert.

Zum einen werden die Ergebnisse in Form von Ergebnisdatenblättern für die einzelnen Kommunen aufbereitet und zum anderen erfolgt auch eine digitale Bereitstellung der Ergebnisse als interaktive Datenbasis mittels einer Web-Applikation.

### **7.1 Rankingliste der Kommunen**

Die Resultate, die in der GIS-Modellierung generiert wurden, sollen nun einerseits für den gesamten Rhein-Sieg-Kreis und Bonn, sowie auch für die einzelnen Kommunen dargestellt werden. Dazu wird eine Gegenüberstellung der ausgewiesenen energetischen Potenziale und des modellierten Bedarfs an Strom und Wärme durchgeführt. Aus dieser Gegenüberstellung von Angebot und Nachfrage kann zusätzlich ein potenziell möglicher energetischer Selbstversorgungsgrad ausgewiesen werden.

Der in der vorliegenden Studie ermittelte potenzielle energetische Selbstversorgungsgrad liegt für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn bei 123 %. Dieser Wert ergibt sich aus der Annahme, dass der Strom- und Wärmebedarf der Region zur Gänze durch die regional verfügbaren energetischen Potenziale aus Solarkraft, Geothermie, Biomasse sowie Windkraft gedeckt werden. Bei der Biomasse wird in der Berechnung vom maximal technisch nutzbaren Potenzial ausgegangen (siehe Kapitel 3.3.4).

Mit den getroffenen Annahmen ergibt sich für den gesamten Rhein-Sieg-Kreis und Bonn ein potenziell möglicher Autarkiegrad von ...

**123%**

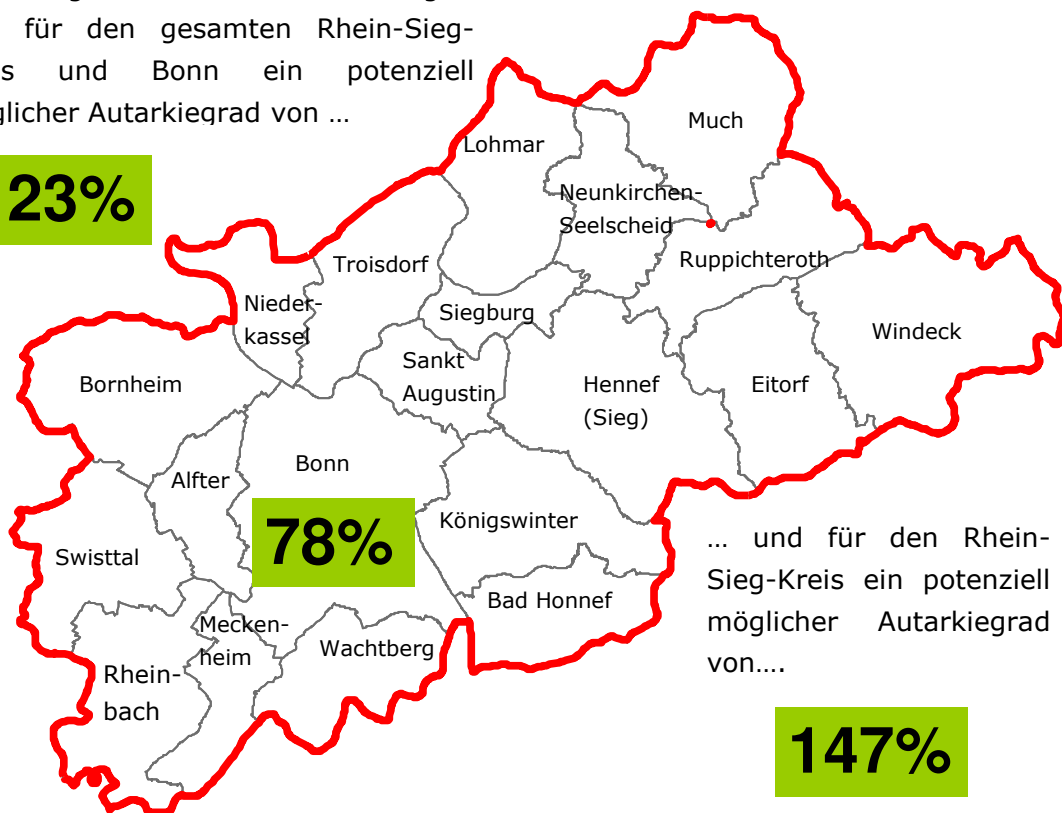


Abbildung 7.1: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad im Rhein-Sieg Kreis, in Bonn sowie der kumulierte Wert

Mit den in der vorliegenden Studie getroffenen Annahmen weisen der Rhein-Sieg Kreis und Bonn ein kumuliertes Potenzial an erneuerbaren Energieträgern auf, welches in der Lage wäre, den Strom- und Wärmebedarf zu 123 % zu decken. Innerhalb der erneuerbaren Energieträger weist in der Region die Geothermie mit einem Potenzial von rund 12.773 GWh/a den höchsten Wert aus. Auch das Solarkraftpotenzial liegt mit 8.484 GWh/a in einem hohen Bereich. Im Vergleich zu den beiden vorher genannten Energieträgern weisen die Windkraft mit 1.004 GWh/a und die Biomasse mit 541 GWh/a ein geringeres Potenzial zur Deckung des energetischen Bedarfs in der Region auf.



Abbildung 7.2: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn

Für den Rhein-Sieg-Kreis allein ergibt sich ein potenziell möglicher Selbstversorgungsgrad von 147 %. Dieser mögliche Autarkiegrad wird ebenso hauptsächlich durch die beiden erneuerbaren Energieträger Geothermie und Solarkraft gestützt. Das Geothermiepotezial beträgt 10.232 GWh/a, das Solarkraftpotenzial 6.082 GWh/a. Sowohl die Windkraft als auch die Biomasse sind diesen beiden Energieträgern mit einem Potenzial von 990 GWh/a und 492 GWh/a deutlich unterlegen.



Abbildung 7.3: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für den Rhein-Sieg-Kreis.

Basierend auf den ermittelten regionalen energetischen Potenzial- und Bedarfswerten sowie den ermittelten potenziellen Selbstversorgungsgraden lässt sich eine Rankingliste bezüglich einer möglichen energetischen Autarkie für die Kommunen im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn ableiten.

Ranking	Stadt/ Gemeinde	Potenzial in GWh / Jahr					Bedarf in GWh / Jahr			Möglicher Selbstversorgungsgrad in Prozent
		Anteil in %				Potenzial gesamt	Anteil in %		Gesamtbedarf Strom und Wärme	
		Solar	Geothermie	Biomasse	Wind		Wärme- bedarf	Strombedarf		
1	Much	21.7%	69.7%	3.3%	5.2%	975	67.5%	32.5%	209	467%
2	Ruppichteroth	21.5%	71.5%	4.7%	2.3%	606	72.2%	27.8%	137	442%
3	Windeck	20.1%	73.1%	4.6%	2.2%	1.160	63.2%	36.8%	305	380%
4	Neunkirchen- Seelscheid	26.5%	70.1%	1.8%	1.5%	776	78.6%	21.4%	237	327%
5	Swisttal	26.7%	39.3%	3.7%	30.2%	694	65.4%	34.6%	244	285%
6	Eitorf	25.6%	67.6%	4.1%	2.8%	829	67.3%	32.7%	321	259%
7	Rheinbach	35.0%	49.7%	3.1%	12.2%	900	70.3%	29.7%	360	250%
8	Hennef (Sieg)	28.7%	62.7%	3.2%	5.4%	1.561	67.8%	32.2%	629	248%
9	Lohmar	29.1%	64.9%	2.3%	3.8%	1.065	67.3%	32.7%	451	236%
10	Bornheim	37.9%	46.3%	2.7%	13.0%	1.319	75.7%	24.3%	589	224%
11	Wachtberg	30.2%	58.4%	2.4%	9.0%	688	55.0%	45.0%	334	206%
12	Bad Honnef	33.1%	62.4%	3.4%	1.1%	672	70.0%	30.0%	426	158%
13	Alfter	39.9%	53.9%	3.1%	3.0%	503	53.9%	46.1%	389	129%
14	Siegburg	44.6%	53.2%	1.5%	0.7%	823	72.8%	27.2%	700	118%
15	Sankt Augustin	51.8%	46.3%	1.3%	0.6%	1.013	69.3%	30.7%	873	116%
16	Meckenheim	46.1%	47.1%	1.9%	5.0%	657	56.1%	43.9%	669	98%
17	Troisdorf	52.7%	44.7%	1.5%	1.1%	1.524	55.5%	44.5%	1.948	78%
18	Königswinter	31.0%	63.8%	2.8%	2.4%	1.238	38.6%	61.4%	1.604	77%
19	Niederkassel	40.0%	48.8%	2.0%	9.2%	794	57.7%	42.3%	1.715	46%
	<b>Rhein-Sieg-Kreis</b>	34.2%	57.5%	2.8%	5.6%	17.796	60.1%	39.9%	12.140	147%
	Bonn	48.0%	50.7%	1.0%	0.3%	5.006	66.2%	33.8%	6.410	78%
	<b>GESAMT</b>	37.2%	56.0%	2.4%	4.4%	22.802	62.2%	37.8%	18.550	123%

*Tabelle 7.1: Rankingliste einer potenziell möglichen energetischen Autarkie der Kommunen im Rhein-Sieg-Kreis, der Autarkiegrad für Bonn sowie die Gesamtwerte für den Rhein-Sieg-Kreis und Bonn*

Die Liste weist die kumulierten regionalen Potenziale, den kumulierten regionalen Energiebedarf sowie deren prozentuale Aufteilung auf die spezifischen Potenziale und Bedarfsstrukturen aus. Es werden die Potenziale von Biomasse, Solarkraft, Windkraft und Geothermie unterschieden. Deren angenommene Inwertsetzung zur Deckung des regionalen Strom- und Wärmebedarfs stellt die Grundlage des Rankings dar.

Als Ergebnis daraus weist die Liste den möglichen Selbstversorgungsgrad und die daraus resultierende Ranking-Position aus. Dieser Selbstversorgungsgrad wird in Prozent der energetischen Nachfrage angegeben. 100 % entspricht somit einer möglichen vollständigen Autarkie.

Die folgenden Datenblätter diskutieren für jede Kommune individuell die ermittelten Ergebnisse.

## **7.2 Datenblätter der Kommunen**

Im Folgenden werden die jeweiligen energetischen Potenziale, der Strom- und Wärmebedarf sowie der potenziell mögliche Selbstversorgungsgrad durch erneuerbare Energien für die jeweiligen Städte und Gemeinden im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn dargestellt.

7.2.1 Alfter

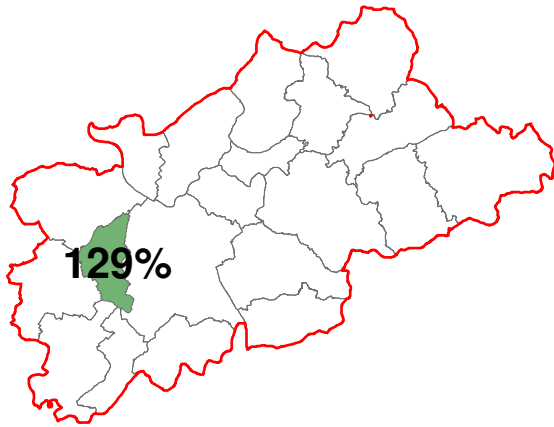


Abbildung 7.4: Potenziell möglicher Autarkiegrad in Alfter

Die potenziell mögliche energetische Selbstversorgung liegt in der Gemeinde Alfter bei 129 %. Dieses Ergebnis stützt sich im überwiegenden Maße auf die Potenziale aus Solarkraft und Geothermie. Das Solarkraftpotenzial wurde ausgehend von der vorhandenen Globalstrahlung, der Annahme einer solaren Nutzung der Bruttogeschoßflächen sowie einem Solarmodulwirkungsgrad von 20 % ermittelt und beträgt damit 201 GWh/a.

Aus den in der Modellierung eingesetzten Parametern ergibt sich das Potenzial der Geothermie, welches bei rund 271 GWh/a liegt. Die geothermische Ergiebigkeit für das gesamte Gebiet Alfter liegt pro Jahr bei durchschnittlichen Werten. Im äußersten Norden des Gemeindegebietes findet man vereinzelt hohe geothermische Werte.

Biomasse könnte mit 16 GWh/a zur Energieversorgung beitragen. Innerhalb des Biomassepotenzials hat die landwirtschaftliche Biomasse einen Anteil von rund 65 %. Die Windkraft zeigt ein mögliches Potenzial zur Deckung des energetischen Bedarfs von rund 15 GWh/a.

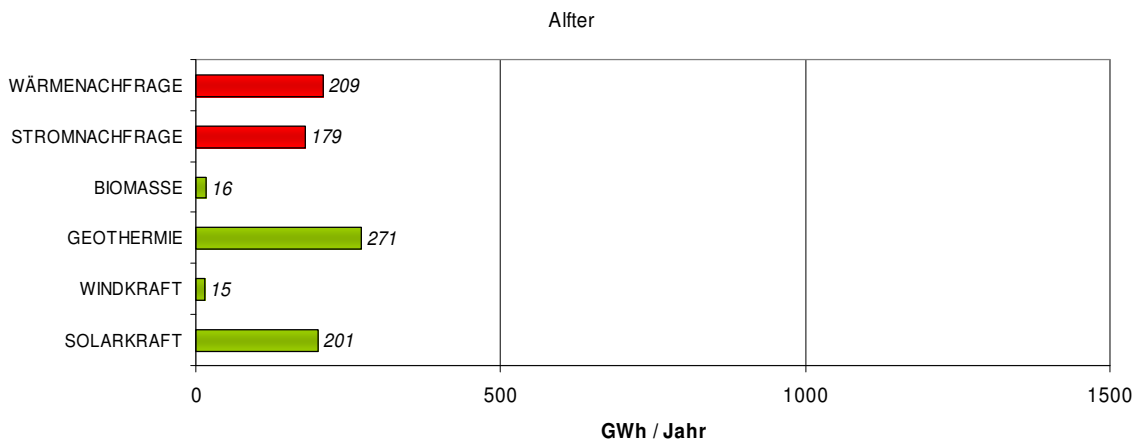


Abbildung 7.5: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Alfter



### 7.2.2 Bad Honnef

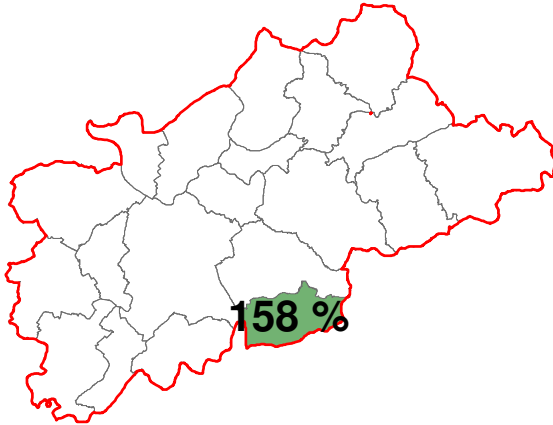


Abbildung 7.6: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Bad Honnef

Für Bad Honnef ergibt sich aus der GIS-Modellierung und der darauffolgenden Gegenüberstellung des Angebotes an erneuerbaren Energieträgern und des energetischen Bedarfs ein potenziell möglicher Selbstversorgungsgrad von 158%. Das vorherrschende erneuerbare Energie-Potenzial stellt mit 419 GWh/a das geothermische Potenzial dar.

In Bad Honnef zeigt die Ergiebigkeit des geothermischen Potenzials entlang des Rheins sehr hohe Werte. Auch insgesamt ist die Verteilung des geothermischen Potenzials in dieser Region sehr homogen.

Auch die Solarkraft kann einiges zur Deckung des energetischen Bedarfs beitragen, weist sie doch ein Potenzial in Höhe von 222 GWh/a auf. Das Biomassepotenzial beträgt 23 GWh/a. Das Biomassepotenzial stützt sich dabei zu 40 % auf forstliche Biomasse, womit Bad Honnef im Vergleich zu anderen Städten und Gemeinden eines der höchsten Holzpotenziale aufweist. Die Windkraft liegt bei einem Potenzial von 7 GWh/a.

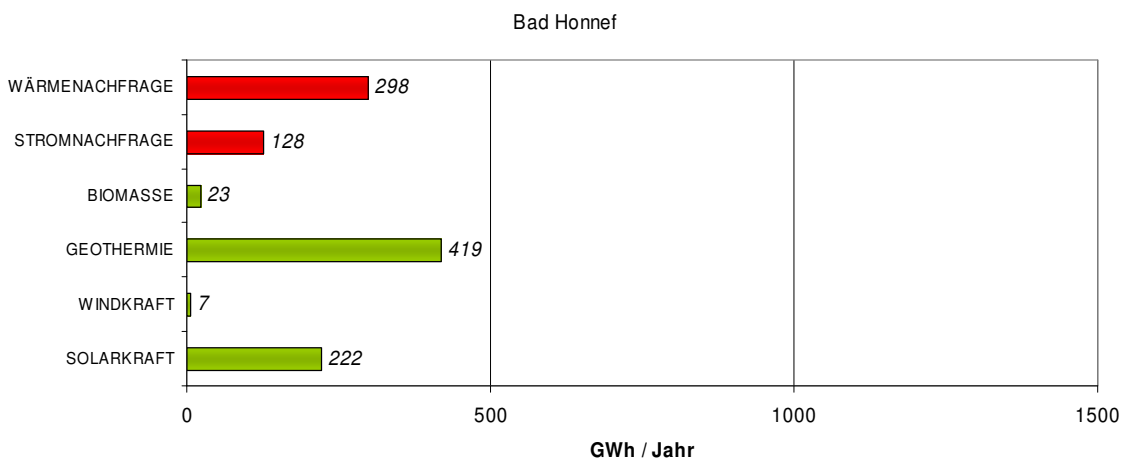


Abbildung 7.7: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Bad Honnef

### 7.2.3 Bornheim

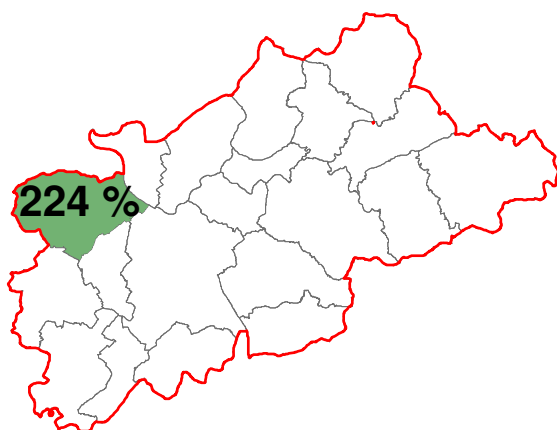


Abbildung 7.8: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Bornheim

In Bornheim zeigt sich aus den Ergebnissen der GIS-Modellierung der Energiepotenziale und der energetischen Nachfrage, dass ein potenziell möglicher energetischer Selbstversorgungsgrad von 224 % erreicht werden kann. Diese mögliche energetische Autarkie stützt sich zu beinahe gleichen Teilen auf die Geothermie und die Solarkraft.

Das Solarkraftpotenzial wurde in der vorliegenden Studie in der Höhe von 500 GWh/a errechnet, die Geothermie weist ein Potenzial von 611 GWh/a auf. Im Norden Bornheims ist die Ergiebigkeit der Geothermie sehr niedrig. Weiter im Osten, Richtung Rhein, findet man die höchsten geothermischen Ergiebigkeiten in der Region von Bornheim. Im südwestlichen Gebiet finden sich Ergiebigkeiten im mittleren Bereich.

Das Windkraftpotenzial ist mit 172 GWh/a in Bornheim ebenfalls in einer nennenswerten Höhe vorhanden. Das Biomassepotenzial beträgt 36 GWh/a. Innerhalb des Biomassepotenzials lassen sich rund 21 GWh/a auf Erträge aus Ackerland zurückführen.

Das Solarkraftpotenzial wurde in der vorliegenden Studie in der Höhe von 500 GWh/a errechnet, die Geothermie weist ein Potenzial von 611 GWh/a auf.

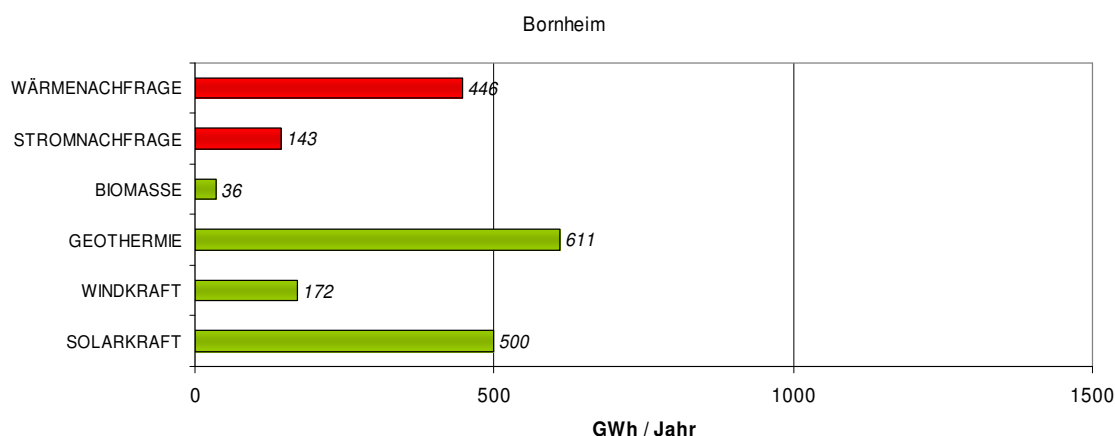


Abbildung 7.9: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Bornheim

### 7.2.4 Eitorf

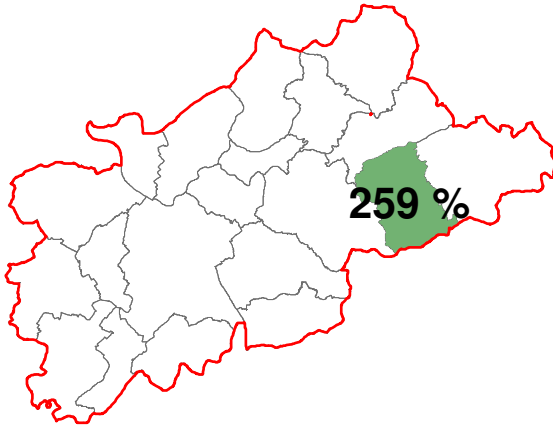


Abbildung 7.10: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Eitorf

In der Gemeinde Eitorf wurde aus den Ergebnissen der GIS-Modellierung der erneuerbaren Energieträger und des energetischen Bedarfs ein potenziell möglicher Energie-Autarkiegrad errechnet, welcher sich auf 259 % beläuft. Dieser Wert ist insbesondere durch das hohe Geothermiepotenzial von 560 GWh/a bedingt.

In der Gemeinde Eitorf stellt sich die geothermische Verteilung der Ergiebigkeit sehr gleichmäßig dar und liegt gesamt auf einem hohen Niveau.

Die Solarkraft kann mit rund 212 GWh/a zur Deckung des energetischen Bedarfs in Eitorf beitragen. Der Anteil der Biomasse liegt bei rund 34 GWh/a. Das ermittelte Biomassepotenzial stützt sich zu etwa 35 % auf das forstliche Biomassepotenzial und zu 58 % auf das Potenzial aus Grünland. Der Anteil von Ackerland ist in diesem Fall mit 5 % nur marginal. Der mögliche Anteil der Windkraft liegt bei 23 GWh/a.

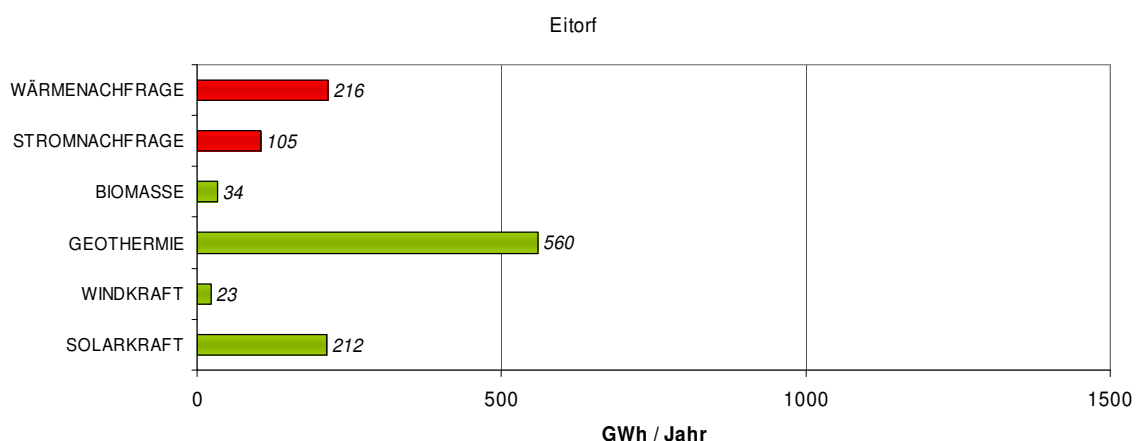
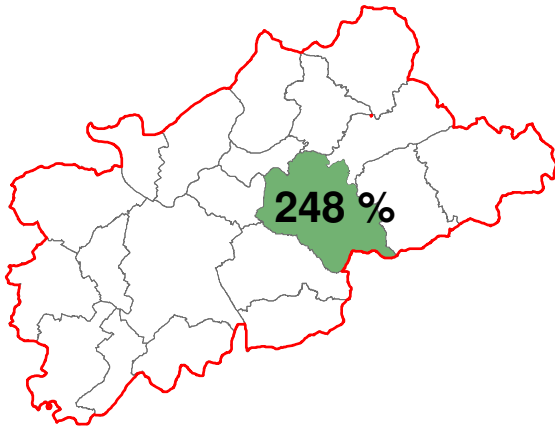


Abbildung 7.11: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Eitorf

### 7.2.5 Hennef (Sieg)



Hennef zeigt einen potenziell möglichen Selbstversorgungsgrad mit den erneuerbaren Energieträgern Solar, Geothermie, Wind und Biomasse von 248 % auf. Diese hohe, potenziell erzielbare, energetische Autarkie beruht insbesondere auf einem geothermischen Potenzial von 978 GWh/a.

Abbildung 7.12: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Hennef (Sieg)

Im Gebiet von Hennef liegt die geothermische Ergiebigkeit im mittleren Bereich. Im Westen Hennefs sinkt dieser Wert ab.

Die Solarkraft verfügt über ein Potenzial von 448 GWh/a. Die Windkraft könnte mit rund 85 GWh/a zur Deckung der energetischen Nachfrage beitragen. Die Biomasse zeigt im Vergleich zu den anderen Energieträgern in diesem Gebiet mit 49 GWh/a das geringste Potenzial. Es stützt sich großteils auf das landwirtschaftliche Biomassepotenzial und innerhalb dessen insbesondere auf die Biomasse aus Grünland.

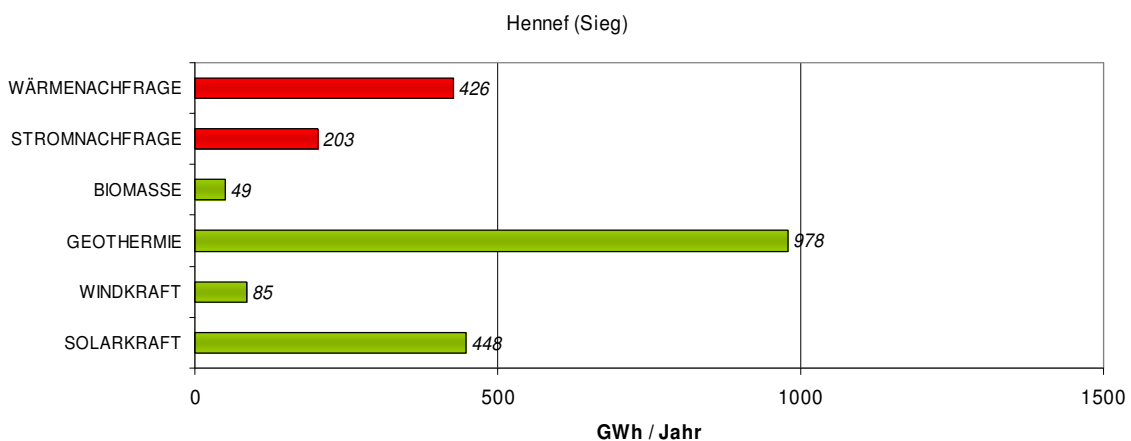


Abbildung 7.13: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Hennef (Sieg)

### 7.2.6 Königswinter

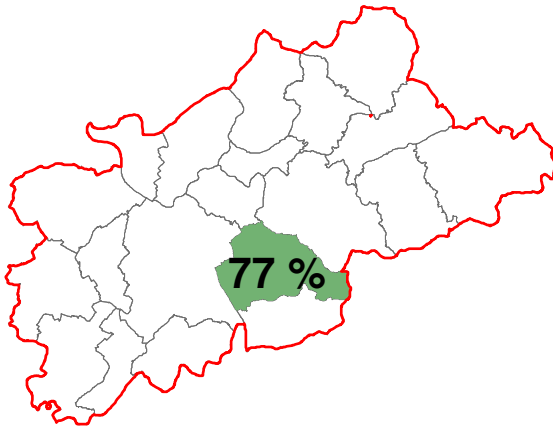


Abbildung 7.14: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Königswinter

Der potenziell mögliche energetische Autarkiegrad liegt in Königswinter bei rund 77 %. Die bedeutendsten erneuerbaren Energieträger in dieser Region sind die Geothermie sowie die Solarkraft. Der mögliche geothermische Beitrag zur Befriedigung des Energiebedarfs in der Region Königswinter liegt bei rund 790 GWh/a.

Im Osten von Königswinter liegt die Ergiebigkeit der Geothermie in einem mittleren Wertebereich.

Die höchsten Werte hinsichtlich der geothermischen Ergiebigkeit liegen im Westen, entlang des Rheins. Dazwischen befindet sich ein Gebiet mit geringen geothermischen Ergiebigkeiten.

Ebenso könnte die Solarkraft einen deutlichen Beitrag hinsichtlich einer potenziellen energetischen Autarkie leisten, dieses beträgt 384 GWh/a. Das Biomassepotenzial liegt in Königswinter bei rund 35 GWh/a und beruht zu rund 79 % auf dem landwirtschaftlichen Biomassepotenzial. Das Windkraftpotenzial liegt bei 30 GWh/a.

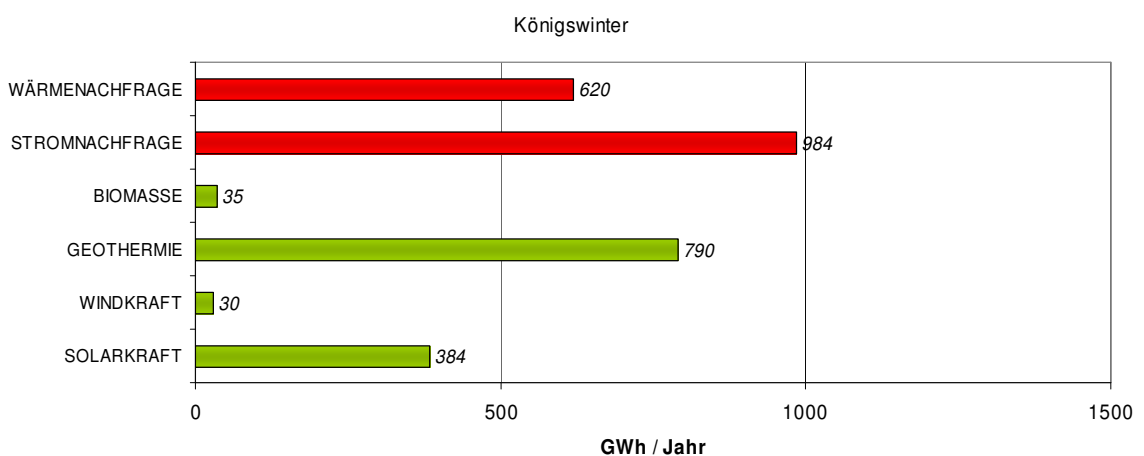


Abbildung 7.15: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Königswinter

7.2.7 Lohmar

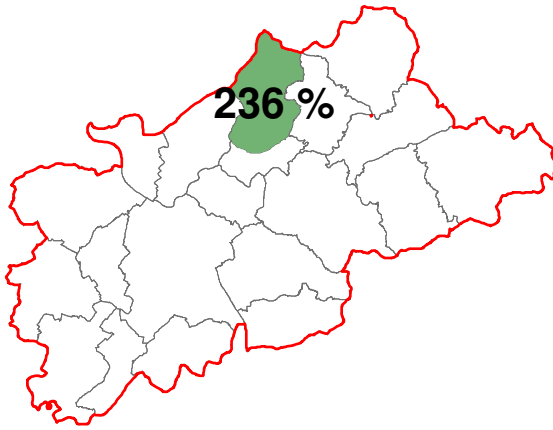


Abbildung 7.16: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Lohmar

Lohmar weist einen potenziell möglichen energetischen Selbstversorgungsgrad von 236 % auf. Wie in vielen anderen Städten und Gemeinden im Rhein-Sieg-Kreis, stützt sich auch in Lohmar der mögliche Autarkiegrad hauptsächlich auf das vorhandene Geothermiepotenzial. Dieses liegt in Lohmar bei rund 691 GWh/a.

Die geothermische Ergiebigkeit in Lohmar liegt in einem mittleren Bereich. Im Grenzbereich von Lohmar und Siegburg fallen die

Werte allerdings ab.

Das Solarkraftpotenzial liegt bei 310 GWh/a und ist damit das zweitstärkste Potenzial in Lohmar. Die Windkraft weist ein Potenzial von rund 40 GWh/a auf.

Die Biomasse kann mit rund 24 GWh/a zur Deckung des energetischen Bedarfs in Lohmar beitragen. Rund 48% davon sind der Biomasse aus Grünland zuzuschreiben, weitere 29 % kommen aus der forstlichen Biomasse.

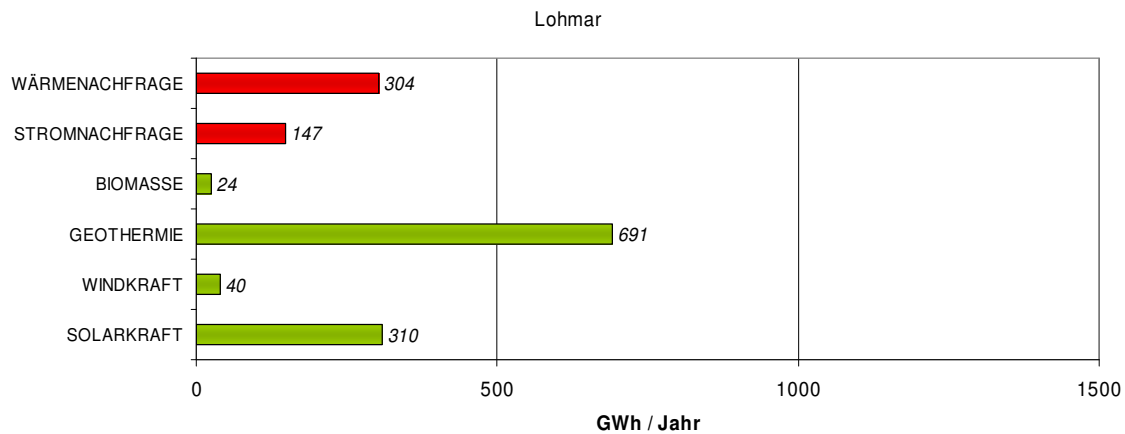


Abbildung 7.17: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Lohmar

### 7.2.8 Meckenheim

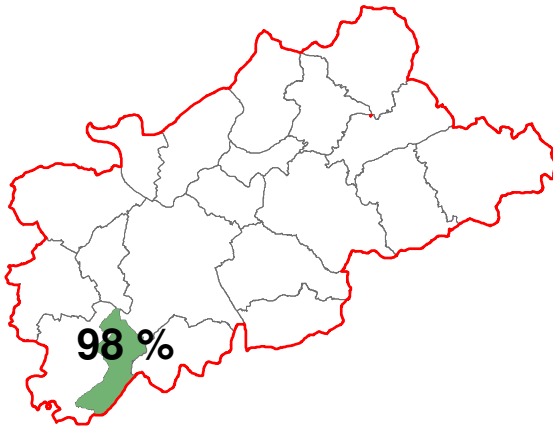


Abbildung 7.18: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Meckenheim

Der mögliche Energie-Autarkiegrad von Meckenheim liegt bei rund 98 %, welcher sich vorwiegend auf das in der Region vorhandenen Geothermiepotenzial stützt. Das geothermische Potenzial wurde in Meckenheim mit rund 310 GWh/a ermittelt.

Das Gebiet von Meckenheim weist die höchsten geothermischen Ergiebigkeiten im Südwesten sowie an der Grenze zu Windeck auf. Ein Streifen im Zentrum des Gebietes weist dagegen eher niedrigere Werte auf.

Das Solarkraftpotenzial trägt zu rund 46 % innerhalb der erneuerbaren Energieträger Geothermie, Wind und Biomasse zum Energiepotenzial bei und beträgt rund 303 GWh/a.

Die Windkraft weist für Meckenheim rund 33 GWh/a auf, die Biomasse etwa 12 GWh/a, was im Vergleich zu den bereits erwähnten erneuerbaren Energiepotenzialen eher geringe Werte darstellen. Das Biomassepotenzial stützt sich in Meckenheim vorwiegend auf die landwirtschaftliche Biomasse.

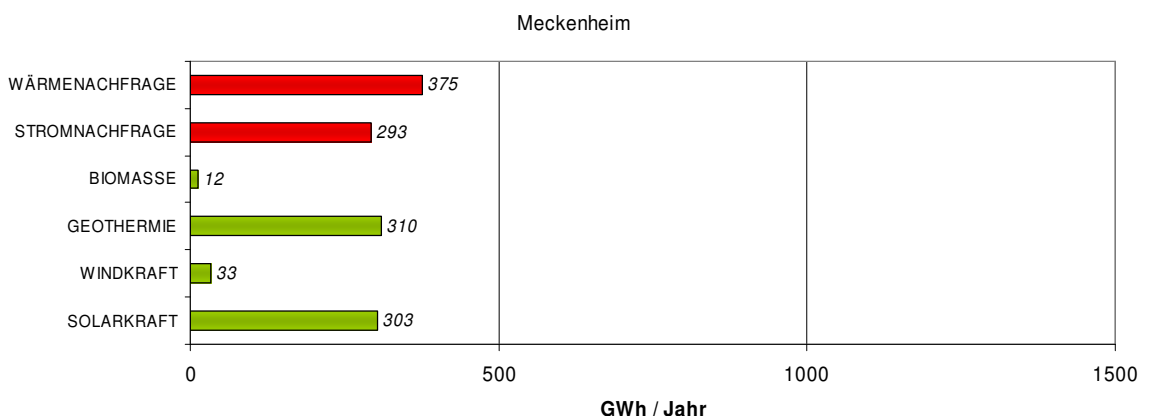


Abbildung 7.19: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Meckenheim

### 7.2.9 Much

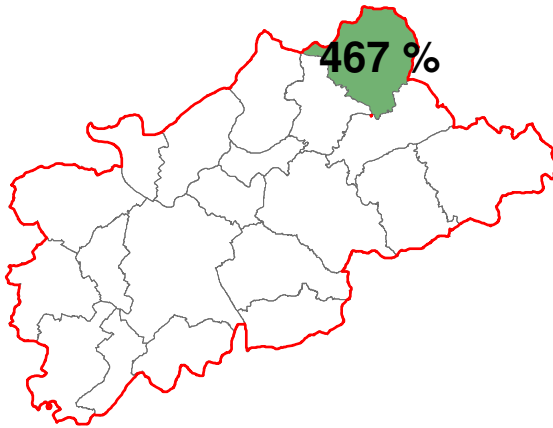


Abbildung 7.20: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Much

Die Gemeinde Much weist mit einem potenziell möglichen energetischen Selbstversorgungsgrad von 467 % im Vergleich zu den anderen Städten und Gemeinden im Rhein-Sieg-Kreis den höchsten möglichen Autarkiegrad auf. Dieser hohe potenzielle Selbstversorgungsgrad stützt sich auch in Much großteils auf das vorhandene Geothermiepotenzial, welches sich auf 680 GWh/a beläuft.

Die geothermische Ergiebigkeit unterliegt im Gemeindegebiet von Much einer relativ gleichmäßigen Verteilung bei durchschnittlich hohen Werten.

Das Solarpotenzial liegt mit rund 212 GWh/a vor dem möglichen Wind- und Biomassepotenzial, welches sich auf 51 GWh/a und 32 GWh/a beläuft. Das Biomassepotenzial in der Gemeinde Much stützt sich dabei zu rund 54 % auf das Biomassepotenzial aus Grünland. Die forstliche Biomasse trägt mit rund 34 % zur Deckung der energetischen Nachfrage bei.

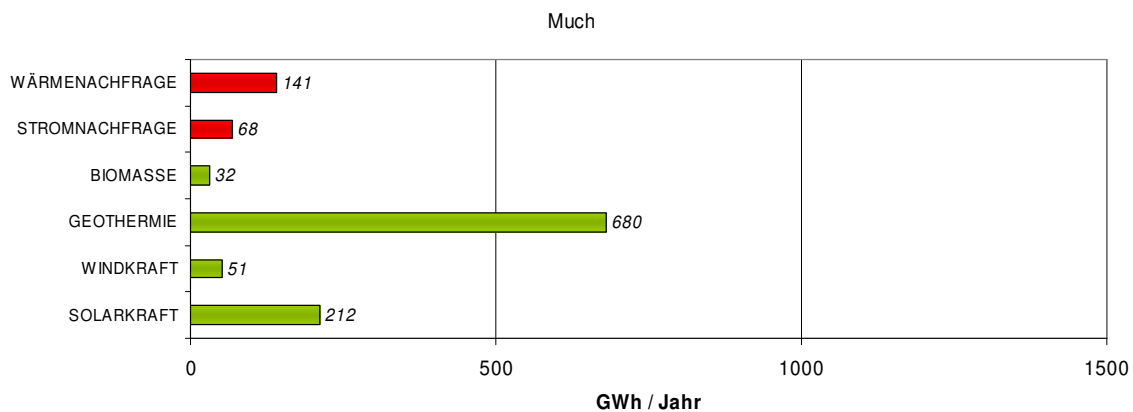


Abbildung 7.21: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Much



### 7.2.10 Neunkirchen-Seelscheid

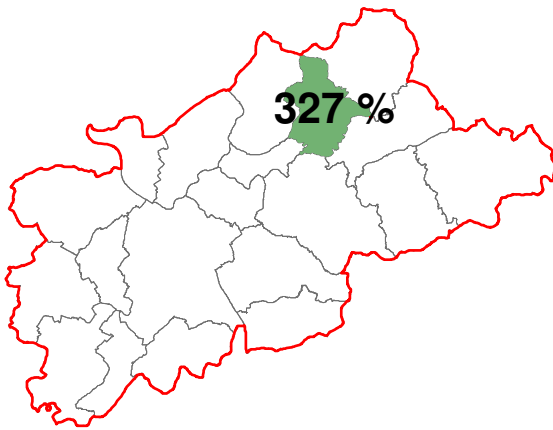


Abbildung 7.22: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Neunkirchen-Seelscheid

Auch die Gemeinde Neunkirchen – Seelscheid verfügt mit rund 327 % über einen, im Vergleich mit anderen Städten und Gemeinden im Rhein-Sieg-Kreis, relativ hohen potenziell möglichen energetischen Selbstversorgungsgrad.

Dieser stützt sich wiederum größtenteils auf das geothermische Potenzial der Region, welches 544 GWh/a beträgt. Hinsichtlich der Ergiebigkeit der Geothermie stellt sich diese bei der Verteilung innerhalb des Gebietes als relativ gleichmäßig dar und weist Werte in hohen Bereichen auf.

Die Solarkraft weist mit 206 GWh/a neben der Geothermie ebenfalls ein hohes Potenzial auf. Die Biomasse kann mit 14 GWh/a zur erneuerbaren Energieversorgung beitragen. Wobei es sich zu rund 67 % auf das Potenzial aus der Landwirtschaft, und hier vor allem auf Energieerträge aus dem Grünland, stützt. Die Windkraft weist in dieser Gegend ein mögliches Potenzial von 12 GWh/a auf.

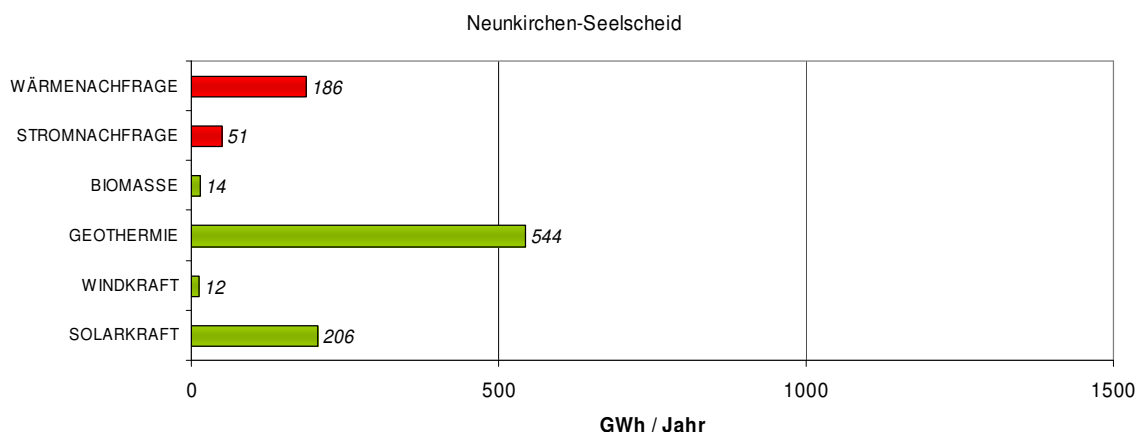


Abbildung 7.23: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Neunkirchen-Seelscheid

7.2.11 Niederkassel

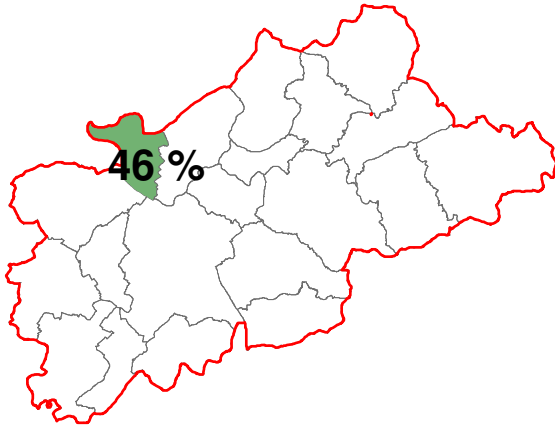


Abbildung 7.24: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Niederkassel

Niederkassel kann potenziell rund die Hälfte seines Energiebedarfes aus vorhandenen erneuerbaren Energiepotenzialen abdecken, der potenziell mögliche Selbstversorgungsgrad liegt bei 46 %. Niederkassel weist mit diesem Ergebnis den vergleichsweise geringsten potenziell möglichen Selbstversorgungsgrad im Rhein-Sieg-Kreis auf. Die größten in Niederkassel vorhandenen erneuerbaren Energiepotenziale sind die Solarkraft sowie die Geothermie.

Das Geothermiepotenzial beläuft sich auf rund 318 GWh/a. Die höchste geothermische Ergiebigkeit liegt in Niederkassel im Südwesten entlang des Rheins. Im Osten, in Richtung Troisdorf, werden geringere Werte erreicht. Das übrige Gemeindegebiet weist eine eher gestreute Ergiebigkeit auf, die Ausnahme bildet ein kleiner Bogen im Norden, welcher wiederum eine hohe Ergiebigkeit aufzeigt. Die Solarkraft liegt bei einem Potenzial von rund 318 GWh/a, dahinter liegt die Windkraft mit etwa 74 GWh/a. Das Biomassepotenzial ist in Niederkassel mit 16 GWh/a marginal, es stützt sich zum Großteil auf das Biomassepotenzial aus der Landwirtschaft und innerhalb dessen insbesondere auf die Ackerflächen.

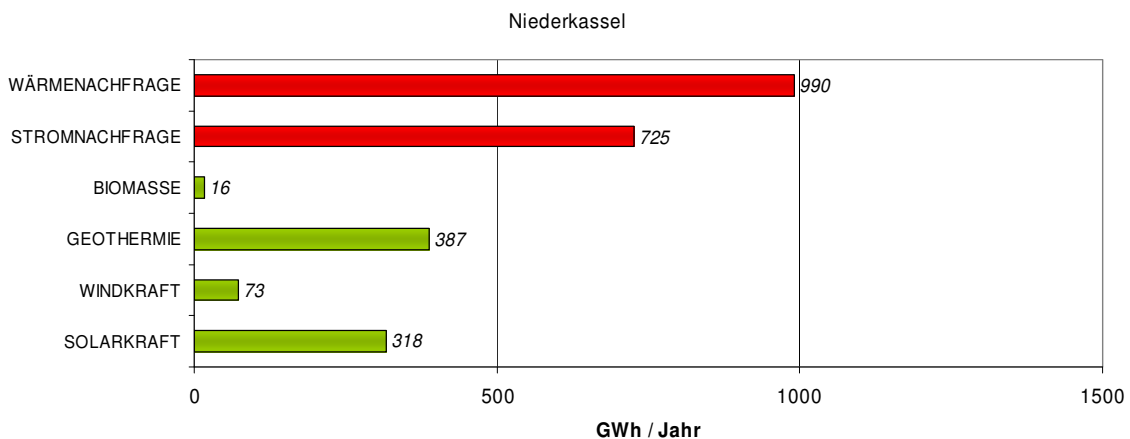


Abbildung 7.25: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Niederkassel

### 7.2.12 Rheinbach

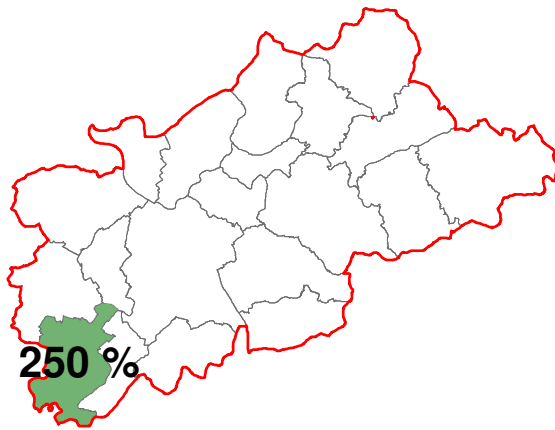


Abbildung 7.26: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Rheinbach

Rheinbach weist hinsichtlich einer potenziellen energetischen Autarkie einen Wert von 250 % auf. Dieses Ergebnis resultiert vor allem aus dem relativ hohen Geothermiepotenzial in Rheinbach, welches bei 447 GWh/a liegt. Speziell im Süden und Norden von Rheinbach sind hohe geothermische Ergiebigkeiten zu verzeichnen. In einem schmalen Streifen, der in Richtung Meckenheim und Wachtberg weiter verläuft, sind die Ergiebigkeiten etwas geringer.

Auch die Solarkraft kann mit einem nennenswerten Anteil zur regionalen Deckung des Energiebedarfs durch erneuerbare Energieträger beitragen, beträgt doch ihr Potenzial rund 315 GWh/a.

Ebenso kann auch die Windkraft mit einem Potenzial von 110 GWh/a einen bedeutenden Beitrag dazu leisten. Das Potenzial der Biomasse ist mit rund 28 GWh/a im Vergleich zu den übrigen Energieträgern marginal, rund 50 % davon stammen aus der landwirtschaftlichen Ackerfläche, jeweils rund 25 % aus der forstlichen Biomasse sowie aus Grünland.

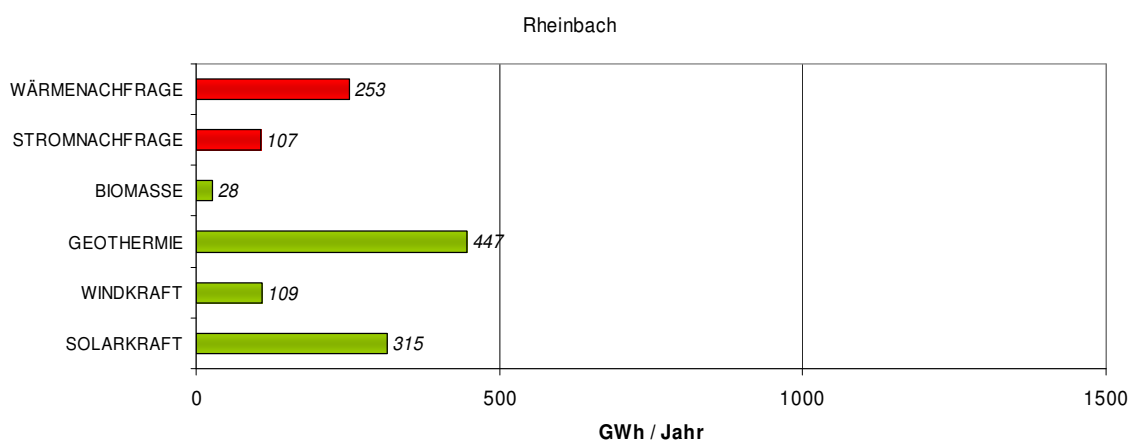


Abbildung 7.27: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Rheinbach

7.2.13 Ruppichteroth

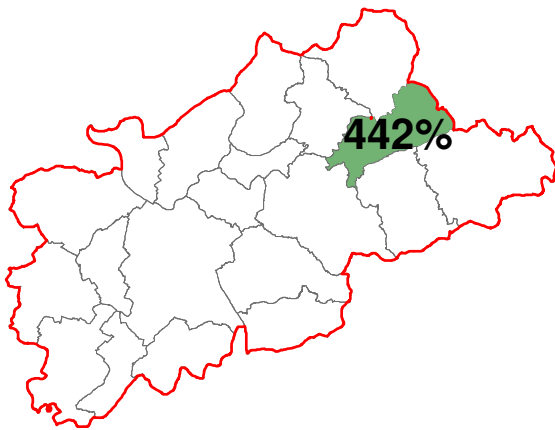


Abbildung 7.28: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Ruppichteroth

Die Gemeinde Ruppichteroth weist mit einem potenziell möglichen Selbstversorgungsgrad von 442 % einen der höchsten Werte im Städte- beziehungsweise Gemeindevergleich auf. Diese potenziell mögliche energetische Autarkie basiert hauptsächlich auf dem ausgeprägten geothermischen Potenzial von rund 433 GWh/a. Die Verteilung der geothermischen Ergiebigkeit stellt sich im gesamten Gebiet sehr homogen dar und liegt im vergleichsweise höheren Bereich.

Die Solarkraft kann in Ruppichteroth mit 130 GWh/a zur Deckung der energetischen Nachfrage beitragen.

Das Biomassepotenzial beträgt mit den der Modellierung zugrundeliegenden Annahmen rund 28 GWh/a. Ruppichteroth verfügt dabei über ein relativ hohes Potenzial an forstlicher Biomasse, welches rund 33 % des Gesamtpotenzials beträgt. Die Biomasse aus Grünland hat mit rund 61 % den höchsten Anteil am gesamten Biomassepotenzial. Das Windkraftpotenzial liegt bei 14 GWh/a.

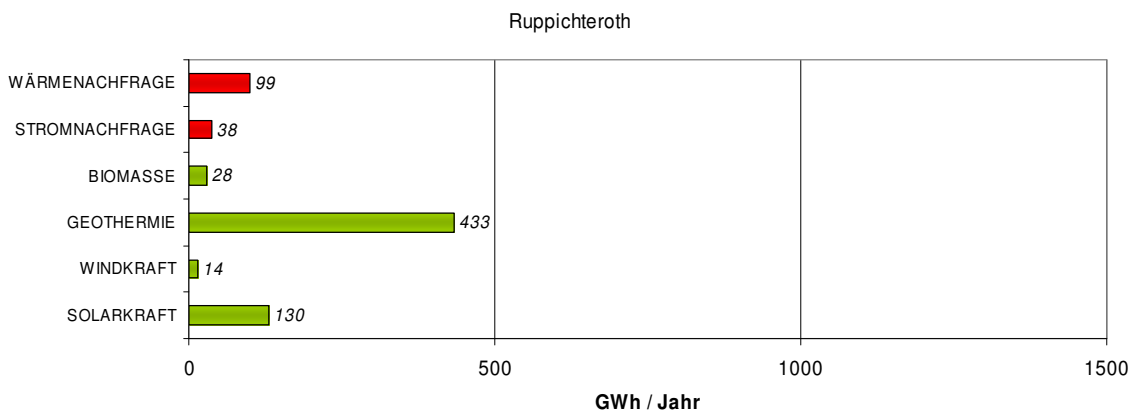


Abbildung 7.29: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Ruppichteroth

### 7.2.14 Sankt Augustin

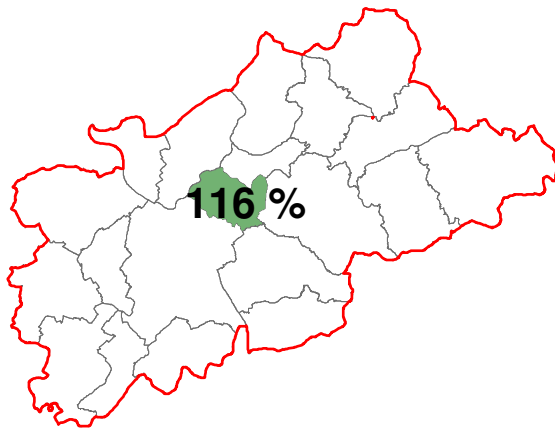


Abbildung 7.30: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Sankt Augustin

Sankt Augustin verfügt über einen potenziell möglichen Selbstversorgungsgrad hinsichtlich erneuerbarer Energieträger von 116 %. Der in der Modellierung ermittelte mögliche energetische Autarkiegrad beruht maßgeblich auf dem - unter den zugrunde gelegten Annahmen ermittelten - Solarkraftpotenzial, das 525 GWh/a ausmacht.

Die größte geothermische Ergiebigkeit liegt im Norden von Sankt Augustin vor. Weiter nach Süden hin nehmen die Werte zunehmend ab, wodurch nur noch geringe Werte erreicht werden. Der Osten weist eine mittelmäßige Ergiebigkeit auf. Insgesamt wurde das Geothermiepotenzial für Sankt Augustin in der vorliegenden Studie mit 469 GWh/a beziffert.

Das Biomassepotenzial kann mit 13 GWh/a nur geringfügig zur Deckung der energetischen Nachfrage beitragen, wobei es sich hauptsächlich auf den landwirtschaftlichen Anteil der Biomasse, nämlich zu 87 %, stützt. Das Windkraftpotenzial ist mit rund 6 GWh/a im Vergleich zu den anderen Energieträgern als marginal einzustufen.

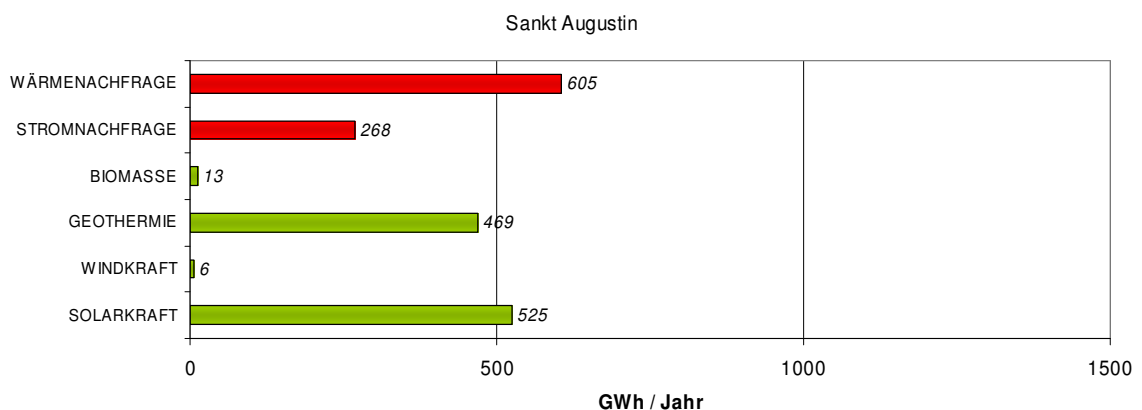


Abbildung 7.31: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Sankt Augustin

7.2.15 Siegburg

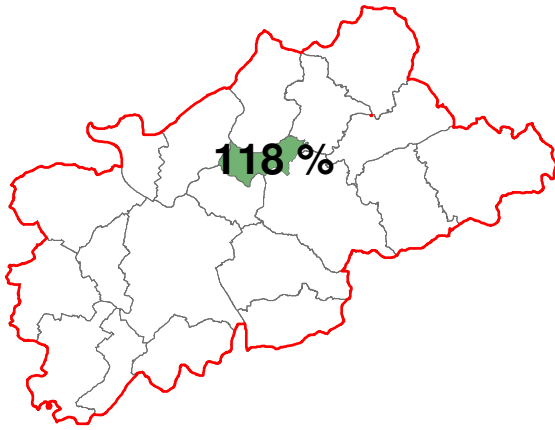


Abbildung 7.32: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Siegburg

Die erneuerbaren energetischen Potenziale in Siegburg erlauben mit 118 % Selbstversorgungsgrad eine knappe, aber ausreichend positive Bilanz hinsichtlich einer energetischen Autarkie. Diese potenziell mögliche Autarkie baut vor allem auf das Geothermie- sowie das Solarpotenzial auf. Das geothermische Potenzial wird mit den in der vorliegenden Studie getroffenen Annahmen mit einem Wert von 438 GWh/a angegeben.

Die geothermische Ergiebigkeit ist in Siegburg grundsätzlich auf hohem Niveau, einzig in der Nachbarschaft zu Lohmar ist die Ergiebigkeit geringer. Die Solarkraft erreicht ein Potenzial von 367 GWh/a. Das Windkraftpotenzial wie auch das Biomassepotenzial ist in Siegburg nur in geringem Maße vorhanden. Die Biomasse weist ein Potenzial von 12 GWh/a auf. Die forstliche Biomasse macht rund 20 % des gesamten Biomassepotenzials aus, der Rest wird durch die landwirtschaftliche Biomasse – vor allem durch das Grünland – erreicht. Das Windkraftpotenzial liegt bei einem Wert von 6 GWh/a.

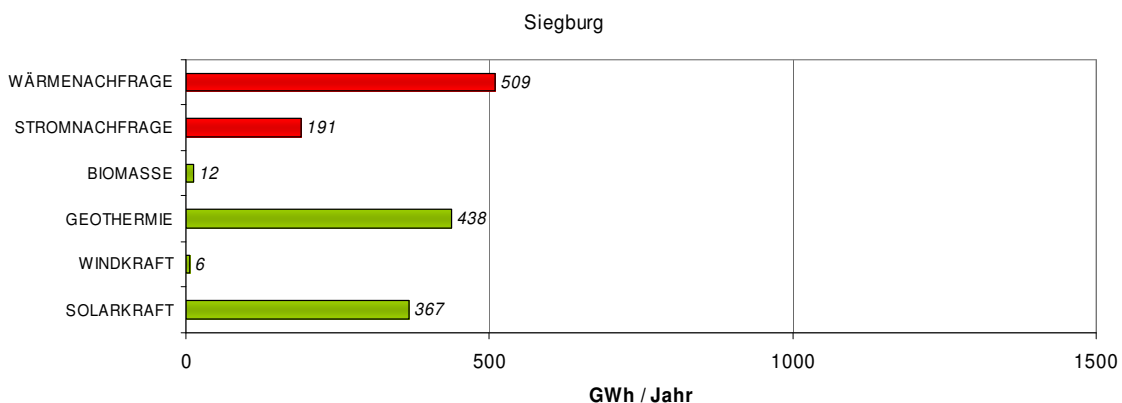


Abbildung 7.33: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Siegburg

### 7.2.16 Swisttal

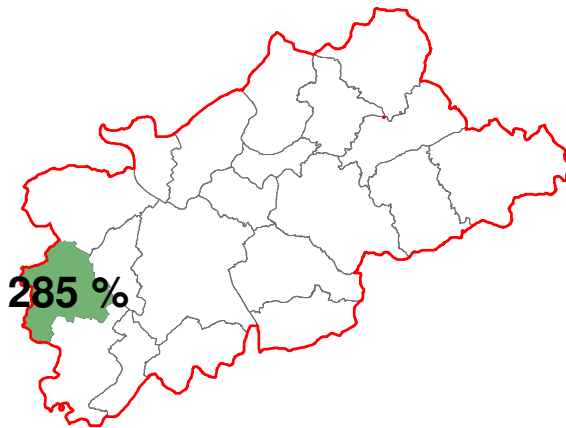


Abbildung 7.34: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Swisttal

Swisttal weist für eine potenziell mögliche Selbstversorgung mit den erneuerbaren Energieträgern Geothermie, Biomasse, Solar- und Windkraft einen Selbstversorgungsgrad von 285 % auf. Die Geothermie ist mit rund 273 GWh/a der Energieträger mit dem höchsten Potenzial in dieser Gemeinde.

Die höchsten geothermischen Ergiebigkeiten sind insbesondere im Süden, in Richtung Rheinbach, zu finden. Im äußersten

Südwesten sowie im Nordosten, Richtung Bonn, ist die geothermische Ergiebigkeit eher gering. Durchschnittliche Werte können im inneren Gemeindegebiet erzielt werden.

Das Windkraftpotenzial liegt bei 210 GWh/a. Das Solarkraftpotenzial wurde für Swisttal mit 185 GWh/a angegeben, das Biomassepotenzial liegt gemäß der Modellierung in der vorliegenden Studie bei 26 GWh/a. Das Biomassepotenzial wird zu über 83 % aus Biomasse von Ackerflächen gedeckt.

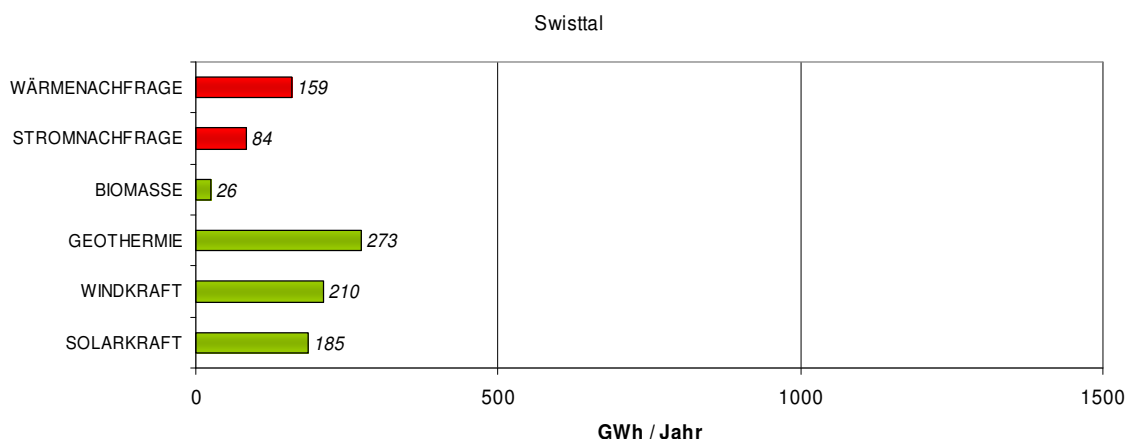


Abbildung 7.35: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Swisttal

7.2.17 Troisdorf

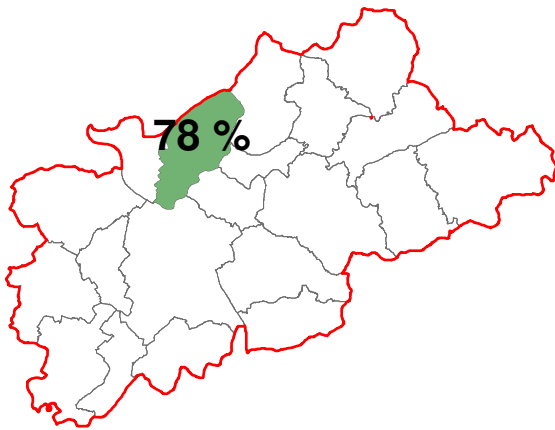


Abbildung 7.36: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Troisdorf

Troisdorf ist eine von zwei Städten im Rhein-Sieg-Kreis, die hinsichtlich einer energetischen Autarkie kein vollständiges Selbstversorgungspotenzial aufweisen. Der potenziell mögliche energetische Selbstversorgungsgrad beträgt 78 %. Dieser Wert beruht in sehr hohem Ausmaß auf dem vorhandenen Solarkraftpotenzial, welches 803 GWh/a beträgt.

Auch die Geothermie weist in Troisdorf ein hohes Potenzial auf.

In Troisdorf befinden sich große Gebiete, welche enorm hohe geothermische Ergiebigkeiten aufweisen, insbesondere entlang der Grenzen zu Sankt Augustin und Bonn. Auch im Westen werden hohe Werte erreicht. Im Zentrum des Stadtgebietes sind die erzielbaren Ergiebigkeiten jedoch nur niedrig bis durchschnittlich. Das geothermische Potenzial beläuft sich in Troisdorf auf 681 GWh/a.

Das Biomassepotenzial beträgt in Troisdorf 23 GWh/a. Die forstliche Biomasse trägt zu dem angegebenen Biomassepotenzial mit rund 27 % bei, der restliche Teil wird durch die landwirtschaftliche Biomasse aufgebracht. Das Windkraftpotenzial ist mit rund 16 GWh/a eher marginal.

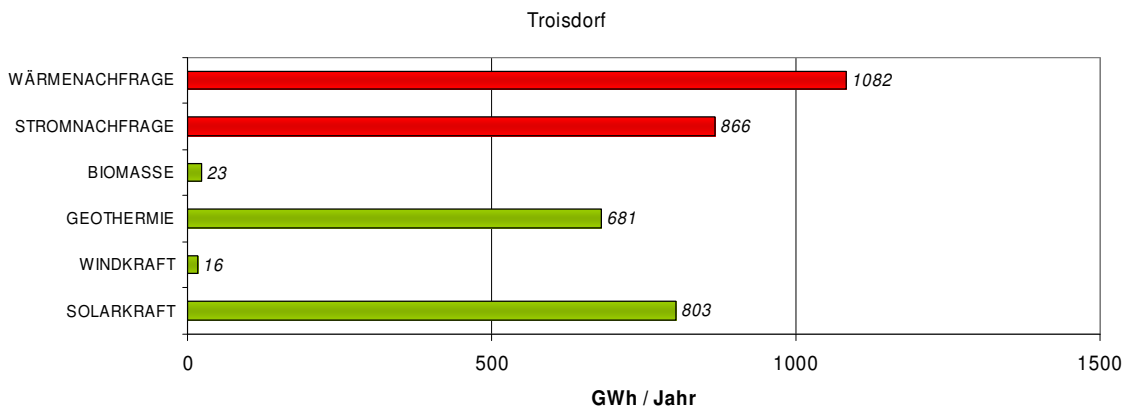


Abbildung 7.37: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Troisdorf



### 7.2.18 Wachtberg

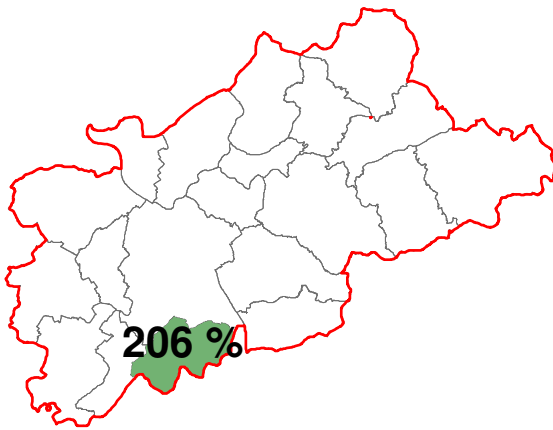


Abbildung 7.38: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Wachtberg

Die Gemeinde Wachtberg verfügt über einen potenziell möglichen energetischen Selbstversorgungsgrad von 206 %. Dieser ermittelte mögliche Autarkiegrad beruht vor allem auf dem ausgeprägten geothermischen Potenzial der Region, mit einem Wert von 402 GWh/a. Die geothermische Ergiebigkeit ist mit mittleren Werten sehr homogen über das gesamte Gemeindegebiet verteilt, einzig ein Streifen von Meckenheim kommend zeigt eher geringe Ergiebigkeiten.

Ein weiteres bedeutendes erneuerbares Energiepotenzial stellt die Solarkraft mit 208 GWh/a dar. Die Windkraft hat ein Potenzial von 62 GWh/a. Das Biomassepotenzial kann mit rund 17 GWh/a zur Befriedigung des Energiebedarfs in Wachtberg beitragen. Dabei spielt das Biomassepotenzial aus der Landwirtschaft eine übergeordnete Rolle, wobei darin der Großteil auf Ackerland entfällt.

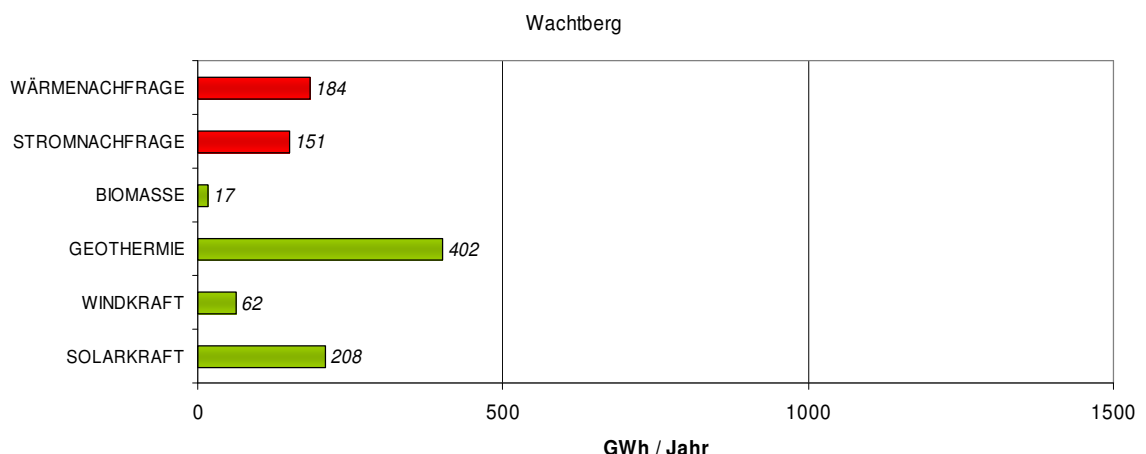


Abbildung 7.39: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Wachtberg

7.2.19 Windeck

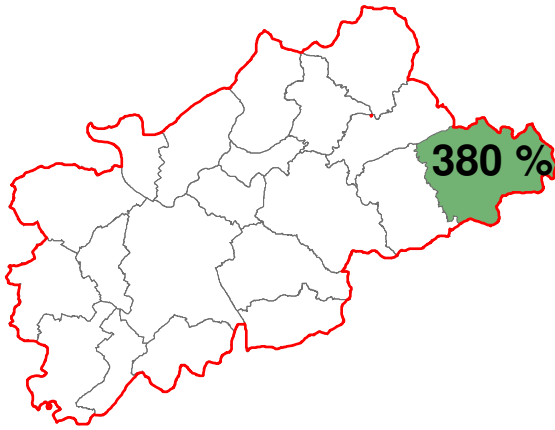


Abbildung 7.40: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Windeck

Die Gemeinde Windeck kann ihren Strom- und Wärmebedarf zu 380 % durch regional vorhandene Potenziale an erneuerbaren Energieträgern decken. Den größten Anteil an den vorhandenen Potenzialen weist die Geothermie auf, sie liegt in Windeck bei einem Wert von 847 GWh/a.

Die in Windeck vorhandene hohe geothermische Ergiebigkeit ist über das gesamte Gemeindegebiet sehr homogen verteilt.

Das Solarkraftpotenzial weist einen Wert von 233 GWh/a auf und das

Biomassepotenzial liegt bei rund 53 GWh/a. Die Windkraft kann mit rund 26 GWh/a zur Bedarfsdeckung beitragen.

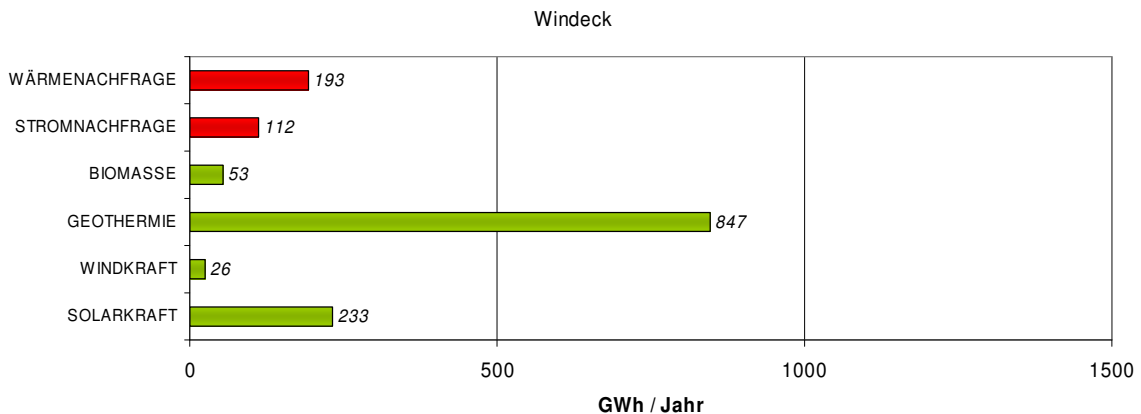


Abbildung 7.41: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Windeck

### 7.2.20 Bonn

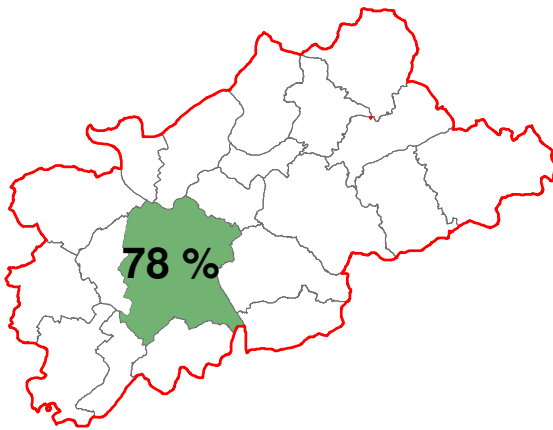


Abbildung 7.42: Potenziell möglicher energetischer Autarkiegrad in Bonn

In Bonn liegt der potenziell mögliche Selbstversorgungsgrad bei 78 %, das bedeutet die erneuerbaren Energieträger reichen in Bonn nicht für eine vollständige energetische Autarkie aus.

Der potenzielle Selbstversorgungsgrad stützt sich in erster Linie auf die Solarkraft mit 2402 GWh/a. Dies liegt unter anderem daran, dass in Bonn die für die Sonnenenergie nutzbaren Gebäudedachflächen sehr zahlreich vorhanden sind.

Aber auch das Potenzial der Geothermie ist in Bonn mit 2541 GWh/a sehr ausgeprägt. Bonn weist seine höchsten Ergiebigkeiten entlang des Rheins auf. Im Norden liegen die Ergiebigkeiten ebenfalls noch relativ hoch. Richtung Königswinter und Sankt Augustin nehmen diese ab und liegen in einem mittleren Wertebereich.

Sowohl die Potenziale der Windkraft als auch jene der Biomasse sind, wie zu erwarten, in Bonn mit 14 GWh/a und 49 GWh/a den beiden anderen erneuerbaren Energieträgern deutlich unterlegen.

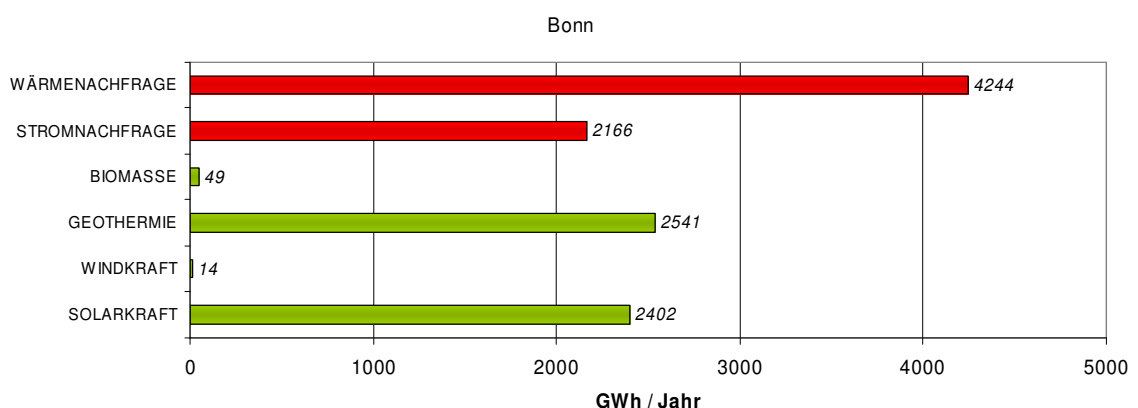


Abbildung 7.43: Ergebnis der Potenzial- und Bedarfsmodellierung für Bonn

### 7.3 Szenarienbetrachtung

Im Rahmen der ausgewiesenen Daten für regional verfügbare erneuerbare Energieressourcen und den Energiebedarf lassen sich bezüglich einer Teil- oder Gesamtdeckung des energetischen Bedarfs durch eine anteilige Inwertsetzung der erneuerbaren Energiepotenziale unterschiedlichste Szenarien zu einer energetischen Autarkie entwickeln.

Die Betrachtung dieser Szenarien fokussiert dabei auf die bereits skizzierten Modellierungsansätze. Sowohl eine Autarkiebetrachtung auf Kommunalebene wie auch eine Autarkiebetrachtung basierend auf einer räumlich dynamischen Clusterbildung wird diskutiert. Insbesondere diese zweite Betrachtung erlaubt eine sehr flexible Betrachtung bezüglich der diskutierten Bewertung von räumlich relevanten Energieflüssen. Im Rahmen der Studie wird hierzu jedoch keine Sensibilitätsabhängigkeit durchgeführt, sondern nur auf eine individuelle Bewertung von Energieflüssen eingegangen. Auf eine Sensitivitätsanalyse in Bezug auf die Evaluierung von Energieflüssen kann jedoch in weitergehenden Betrachtungen sehr detailliert eingegangen werden.

Im Rahmen dieser Studie wird eine Sensitivitätsanalyse ausschließlich bezüglich der Inwertsetzung von Potenzialen sowie der Deckung des Bedarfs quantitativ diskutiert. Es werden dabei folgende Überlegungen betrachtet:

$x_B$ * max. Biomasse Potenzial	+	...	<b>Bedarfs</b>
$x_S$ * max. Solar Potenzial	+	zur Deckung des ...	
$x_W$ * max. Wind Potenzial	+		
$x_G$ * max. Geothermie Potenzial	+		

Folgende Variablen definieren dabei die Freiheitsgrade in der Betrachtung:

- $x_B$  = Anteil in % des in Wert zu setzenden Biomasse Potenzials
- $x_S$  = Anteil in % des in Wert zu setzenden Solar Potenzials
- $x_W$  = Anteil in % des in Wert zu setzenden Windkraft Potenzials
- $x_G$  = Anteil in % des in Wert zu setzenden Geothermie Potenzials
- Bedarf** = Energetischer Bedarf

Im Rahmen dieser Freiheitsgrade werden folgende Szenarien in dieser Studie errechnet:

Individuelle prozentuelle Anteile einzelner erneuerbarer Potenziale ...

$$x_B ; x_S ; x_W ; x_G = 0\% ; 50\% ; 100\%$$

Energetischer Bedarf differenziert nach ...

$$\textit{Bedarf} = \text{Strombedarf; Wärmebedarf; Strom- und Wärmebedarf}$$

Diese Freiheitsgrade ergeben in der Betrachtung in Summe eine Zahl von 243 individuellen Szenarien aus dem durch die Annahmen zum maximalen Potenzial definierten Lösungsraum. Für diese Szenarien wurde sowohl die Bewertung der potenziellen energetischen Autarkie auf Kommunalebene sowie die optimale räumliche Clusterung hinsichtlich optimierter Energieflüsse ermittelt. Die resultierenden Ergebnisse sind in Kapitel 7.4.1 sowie Kapitel 7.4.2 beschrieben und im Rahmen der Studie bereitgestellten Applikationen dynamisch abrufbar.

Ziel der Bereitstellung dieser individuellen Szenarien ist die Sensibilisierung für räumliche Zusammenhänge im Bereich der Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Deckung des Energiebedarfs. Basierend auf dieser Sensibilisierung erlaubt die Studie in weitergehenden Schritten auch die Fokussierung auf spezielle standortbezogene Fragestellungen.

#### **7.4 Bereitstellung der Ergebnisse als interaktive Datenbasis im Internet**

Neben der Bereitstellung der Ergebnisse in Form der bereits gezeigten Gemeindedatenblätter, die jeweils das maximal mögliche erneuerbare Energiepotenzial ausweisen, werden die Ergebnisse auch in digitaler Form als interaktive Datenbasis zur Verfügung gestellt. Die digitale Bereitstellung beinhaltet eine Web-Applikation, da auch die Möglichkeit einer dynamischen Szenario Generierung hinsichtlich der Inwertsetzung der erneuerbaren Potenziale Solarkraft, Geothermie, Biomasse und Windkraft gewährleistet werden soll.

### **Web-Applikation zur Studie**

Die in der vorliegenden Studie erarbeiteten Ergebnisse werden auch in ein Web-Karten-System integriert. Der Hintergrund zur Darstellung der Ergebnisse aus der Studie in einer Web Applikation ist die Möglichkeit einer dynamischen Szenariogenerierung hinsichtlich der Inwertsetzung der erneuerbaren Energieträger Sonne, Wind, Geothermie und Biomasse.

Der Nutzer kann die Höhe der Inwertsetzung der einzelnen Energieträger individuell bestimmen und variieren, um so in einer Online-Live-Visualisierung die aus seiner Auswahl resultierenden Ergebnisse zu erhalten. Damit kann der potenziell mögliche energetische Selbstversorgungsgrad der jeweiligen Stadt oder Gemeinde dargestellt werden.

Durch die dynamische Visualisierung können alle Szenarien im Hinblick auf die Diskussion einer möglichen potenziellen energetischen Selbstversorgung erfasst und individuell mit den gewünschten Parametern für sämtliche Städte und Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises und Bonn visualisiert werden.

Mittels der dynamischen Visualisierung kann in einfacher, transparenter Weise aufgezeigt werden, mit welcher Kombination und welchen Anteilen an erneuerbaren Energieträgern die höchsten Autarkiegrade, bezogen auf die gewählte Nachfragesituation, in einer gewünschten Stadt oder Gemeinde erzielt werden können.

Über die reine Visualisierung der Selbstversorgungsgrade als geographische Karte hinaus erlaubt die Web-Applikation zusätzlich auch die Abfrage der dem ausgewiesenen Szenario zugrunde liegenden Daten, was die Aussagekraft der Web-Applikation zusätzlich erhöht.

Durch die Datenbereitstellung und Visualisierung mittels der Web-GIS-Applikation kann eine maximale Transparenz sowie die eingängige Verständlichkeit der Ergebnisse aus der Studie zur EnergieRegion Rhein-Sieg gesichert werden.

## 8 Ausblick

Die in dieser Studie ausgewiesenen Ergebnisse erlauben eine quantitative Diskussion zu einer potenziellen energetischen Selbstversorgung im Rhein-Sieg-Kreis und in Bonn sowie eine systematische und flächendeckende (Erst-) Information über Potenziale erneuerbarer Energien für Kommunen, Unternehmen und Privathaushalte. Dies dient den Zielen der Versorgungssicherheit ebenso wie der Nachhaltigkeit im Sinne einer zeitgemäßen Klimapolitik. Eine regionale Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern kann neben dem Aspekt der Versorgungssicherheit insbesondere auch eine Preisstabilität im Vergleich zu fossilen Energieträgern gewährleisten. Die Kosten für Energie lassen sich dadurch auch längerfristig quantifizieren und abschätzen. Die Studie zeigt auf, dass eine potenzielle energetische Selbstversorgung im Rhein-Sieg-Kreis und in Bonn im Rahmen der Möglichkeiten liegt, wenn man die Zusammenführung der Potenziale der einzelnen erneuerbaren Energieträger und die verschiedenen Energiebedarfe in der Gesamtbilanz betrachtet.

Hierzu bedarf es weiterer Umsetzungsschritte zum konkreten Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien im Rhein-Sieg-Kreis. Dies können z.B. konkrete Informations- und Beratungsinitiativen zu den Potenzialen und Nutzungsmöglichkeiten der erneuerbaren Energien sein ebenso wie konkrete Einzelprojekte in Kooperation z.B. von Land- und Forstwirtschaft, Unternehmen, Investoren und Kommunen. Gleichzeitig sollten auch Initiativen und Projekte zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz als wesentliche Bestandteile einer Verbesserung der nachhaltigen energetischen Selbstversorgung des Rhein-Sieg-Kreises entwickelt werden.

Die energetische Autarkiebetrachtung ist allerdings nicht auf eine kommunale oder eine regionale Betrachtung beschränkt. Insbesondere lassen sich hierbei auch Ausgleichsströme auf einer interkommunalen, überregionalen oder nationalen Ebene berücksichtigen. Im Sinne einer Realisierung einer energetischen Unabhängigkeit ist eine Betrachtung auf einer übergeordneten räumlichen Skala sogar unabdingbar.

Entsprechende Referenzprojekte dazu sind in Österreich bereits in Ausführung. Eine bilanzierende Autarkiebetrachtung unter dem Namen "Energieautarkie Austria" wird hier für das gesamte Land erstellt und auf politische Bezirke disaggregiert. Weitere Projekte auf lokaler bis regionaler Basis fokussieren hierbei insbesondere auf technische Realisierungsmöglichkeiten der gewonnenen Erkenntnisse aus den räumlich übergeordneten Projektergebnissen.

Entsprechend können im Rhein-Sieg-Kreis und in Bonn in einem ersten Schritt – in Anlehnung an die in den Autarkieszenarien aufgezeigten Möglichkeiten der Bildung von autarken oder teilautarken Räumen im Kreisgebiet – Kooperationsprojekte zwischen einzelnen Kommunen erarbeitet werden. Hierzu werden dann auch die Entwicklung konkreter lokaler Machbarkeitsstudien, die Prüfung der jeweils einzusetzenden Einzeltechnologien, die Berechnung der Kosten- und Beschäftigungseffekte sowie der regionalen Wertschöpfung notwendige Folgeschritte sein.

Für die Erarbeitung von konkreten Ausbaustrategien ist es auch besonders wichtig, die im Rhein-Sieg-Kreis und Bonn bereits genutzten Potenziale erneuerbarer Energieträger detailliert zu erfassen. Nur so ist eine genaue Abschätzung von zur Verfügung stehenden Energiepotenzialen möglich. Ebenfalls interessant ist die Erfassung von energetischen Bilanzströmen mit umgebenden Regionen und deren Bewertung hinsichtlich einer überregionalen energetischen Autarkie. Eine nachhaltige Energieversorgung kann häufig in einem überregionalen Verbund einfacher realisiert werden, als dies von einem regionalen Gesichtspunkt aus auf einen ersten Blick erscheint. Dazu ist es jedoch notwendig eine objektive Beurteilung der überregionalen Situation hinsichtlich der räumlichen Verteilung von regenerativen Energiepotenzialen sowie Bedarfsstrukturen zu erhalten.

Schließlich geht es auch um die Entwicklung von Zukunftsszenarien, um die langfristigen Auswirkungen von konkreten Maßnahmen abschätzen zu können. In diesem Zusammenhang ist insbesondere auch die Entwicklung der energetischen Nachfrage zu berücksichtigen, die über Annahmen bezüglich Bevölkerung, Lebensstandard und Effizienzsteigerungen abbildbar ist.



## 9 Abkürzungsverzeichnis

<b>AK ETR:</b>	Arbeitskreis „Erwerbstätigenrechnung des Bundes und der Länder“
<b>ATKIS:</b>	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
<b>BHKW:</b>	Blockheizkraftwerk
<b>CLC:</b>	Corine Landcover
<b>Constraints:</b>	zugrundeliegende Annahmen bzw. Einschränkungen
<b>EE:</b>	erneuerbare Energien
<b>EEG:</b>	Erneuerbaren Energien Gesetz
<b>EET:</b>	erneuerbare Energieträger
<b>Efm o. R:</b>	Erntefestmeter ohne Rinde
<b>GHD:</b>	Gewerbe, Handel und Dienstleistung
<b>GIS:</b>	Geographische Informationssysteme
<b>GJ:</b>	Gigajoule
<b>GWh:</b>	Gigawattstunden
<b>GKD:</b>	Gemeinsame Kommunale Datenzentrale
<b>GVE:</b>	Großvieheinheiten
<b>HaFö:</b>	Programm zur strukturellen Verbesserung der Verarbeitungs- und Vermarktungsbedingungen forstwirtschaftlicher Erzeugnisse und zur Verbesserung des Einsatzes von Holz bei der energetischen Verwertung
<b>J:</b>	Joule
<b>kJ:</b>	Kilojoule
<b>kWh:</b>	Kilowattstunden
<b>MJ:</b>	Megajoule
<b>MW<sub>el</sub>:</b>	Megawatt elektrisch
<b>MW<sub>th</sub>:</b>	Megawatt thermisch
<b>MW<sub>p</sub>:</b>	Megawatt peak
<b>MWh:</b>	Megawattstunden
<b>KWK:</b>	Kraft-Wärme-Kopplung
<b>LDS NRW:</b>	Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen
<b>LVA:</b>	Landesvermessungsamt
<b>NACE:</b>	Nomenclature générale des activités économiques
<b>PEV:</b>	Primärenergieverbrauch
<b>PJ:</b>	Petajoule
<b>progres.NRW:</b>	Programm für rationelle Energieverwendung, regenerative Energien und Energiesparen

<b>PVGIS:</b>	Photovoltaic Geographic Information Systems
<b>REN-Programm:</b>	Programm zur Förderung der Entwicklung, Demonstration, Produktion und Anwendung effizienter und erneuerbarer Energietechniken
<b>SWM:</b>	statistisches Windfeldmodell
<b>TJ:</b>	Terajoule
<b>TM:</b>	Trockenmasse
<b>TWh:</b>	Terawattstunden
<b>W:</b>	Watt
<b>Wh:</b>	Wattstunden
<b>WW:</b>	Warmwasser

**Energieeinheiten Überblick:**

Joule		J	
Kilowattstunde		kWh	
k	Kilo	$10^3$	Tausend
M	Mega	$10^6$	Million
G	Giga	$10^9$	Milliarde
T	Tera	$10^{12}$	Billion
P	Peta	$10^{15}$	Billiarde

## 10 Kartenverzeichnis

- Karte 1: Übersichtskarte - Untersuchungsgebiet
- Karte 2A: Solarkraftpotenzial (Kommunen)
- Karte 2B: Solarkraftpotenzial (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 3A: Geothermiepotenzial (Kommunen)
- Karte 3B: Geothermiepotenzial (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 4A: Biomassepotenzial (Kommunen)
- Karte 4B: Biomassepotenzial (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 5: Biomassepotenzial aus Forstwirtschaft (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 6: Biomassepotenzial aus Landwirtschaft (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 7A: Windkraftpotenzial (Kommunen)
- Karte 7B: Windkraftpotenzial (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 8A: Gesamtenergiebedarf der Betriebe und Haushalte (Kommunen)
- Karte 8B: Gesamtenergiebedarf der Betriebe und Haushalte (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 9: Wärmebedarf der Betriebe und Haushalte (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 10: Strombedarf der Betriebe und Haushalte (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 11: Gesamtenergiebedarf der Haushalte (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 12: Gesamtenergiebedarf der Betriebe (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 13: Energiebedarf und Potenzial – Bilanz und Autarkie (250m x 250m Rasterzellen)
- Karte 14A: Selbstversorgungsgrad der Kommunen bei 100% Potenzialumsetzung
- Karte 14B: Selbstversorgungsgrad der Kommunen bei 50% Potenzialumsetzung
- Karte 15: Energieautarke Subregionen



research studios

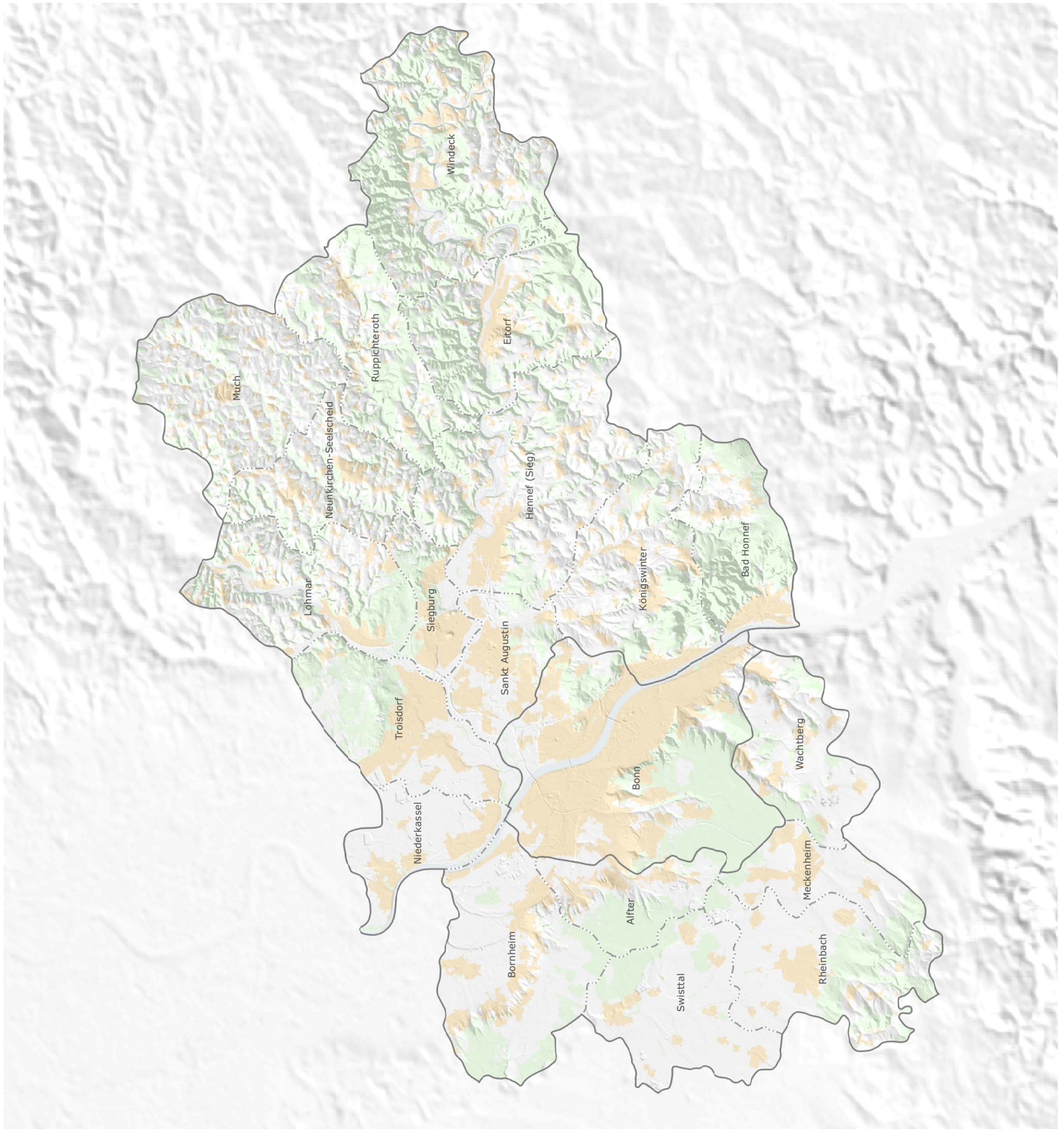
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

## EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 1: Übersichtskarte - Untersuchungsgebiet

**Legende:**

- Kreisgrenzen
- Stadt- und Gemeindegrenzen
- Wald
- Flüsse
- Siedlungsflächen
- Geländeschummierung



Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERSG-07202/001-1  
 Erstellung: Oktober 2007  
 Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher  
 Mag. Daniela Zocher  
 Datenquelle: ISPACE, LVA NRW,  
 CORINE

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
 Research Studios Austria - Studio iSPACE  
 Leopoldskronstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria  
 ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at



research studios

AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 2A: Solarkraftpotenzial (Kommunen)

**Legende:**

**Solarkraftpotenzial in GWh pro Jahr pro Kommune**

-  ≤ 210
-  > 210 ≤ 350
-  > 350 ≤ 500
-  > 500 ≤ 800
-  > 800 ≤ 2.402

**Annahmen zur Potenzialermittlung:**

- solartechnische Nutzung aller Dachflächen
- Kallibrierung für einen Breitengrad von 50,75°
- Ausrichtung: 180° Süd
- Neigung: 39°
- Berechnungsintervall: 30 Minuten
- Solarmodulwirkungsgrad: 20 %

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERS-07202/002A-1

Erstellung: November 2007

Bearbeitung: Mag. Manfred Mittböck

Datenquelle: ISPACE, LVA NRW

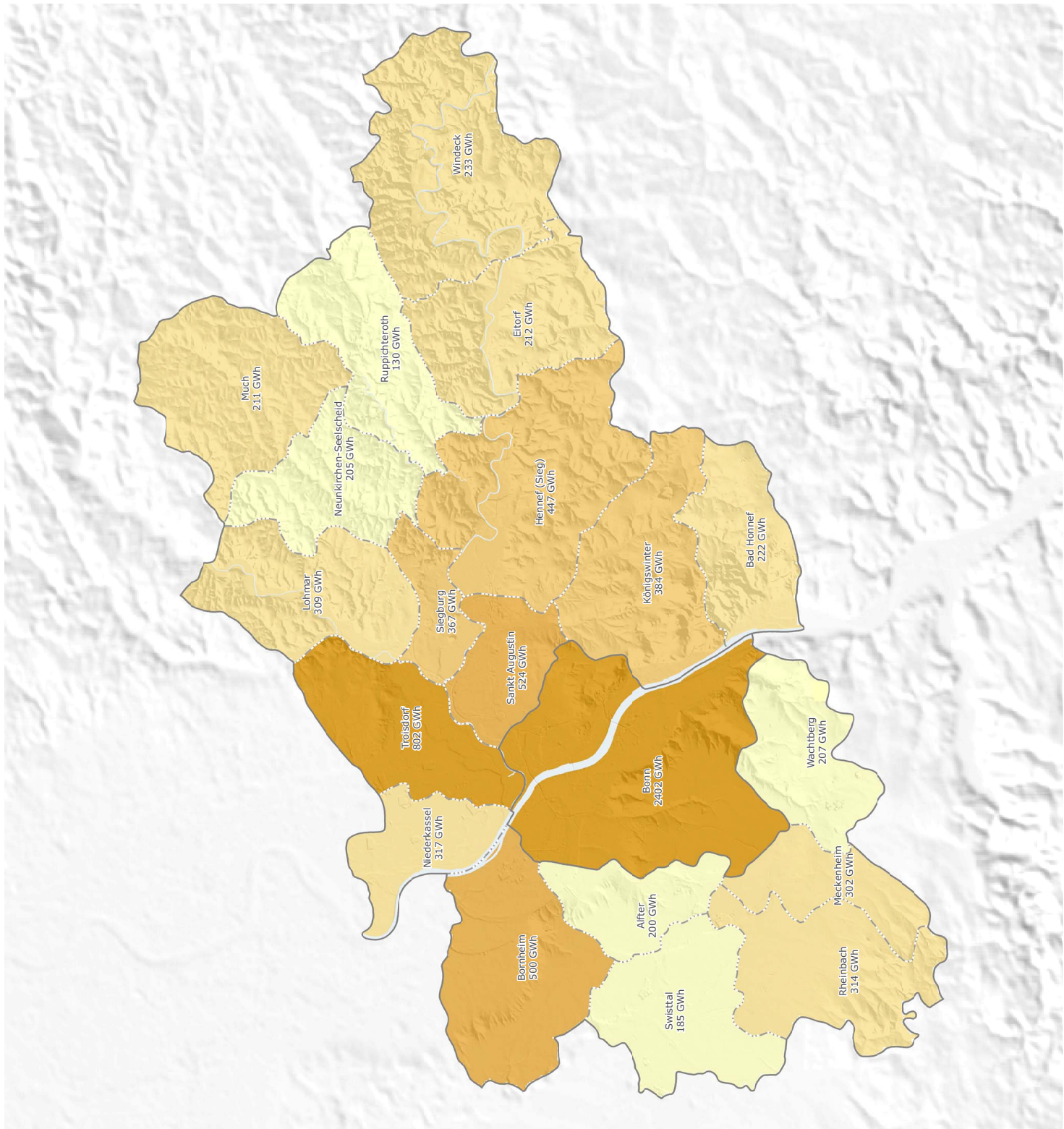
CORINE, WRDC

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio ISPACE

Leopoldskronstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria

ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

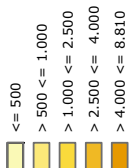
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 2B: Solarkraftpotenzial (250m x 250m Rasterzellen)

#### Legende:

Solarkraftpotenzial in MWh pro Jahr pro Zelle



#### Annahmen zur Potenzialermittlung:

- solartechnische Nutzung aller Dachflächen
- Kallibration für einen Breitengrad von 50,75°
- Ausrichtung: 180° Süd
- Neigung: 39°
- Berechnungsintervall: 30 Minuten
- Solarmodulwirkungsgrad: 20 %

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERS-07202/002B-1

Erstellung: November 2007

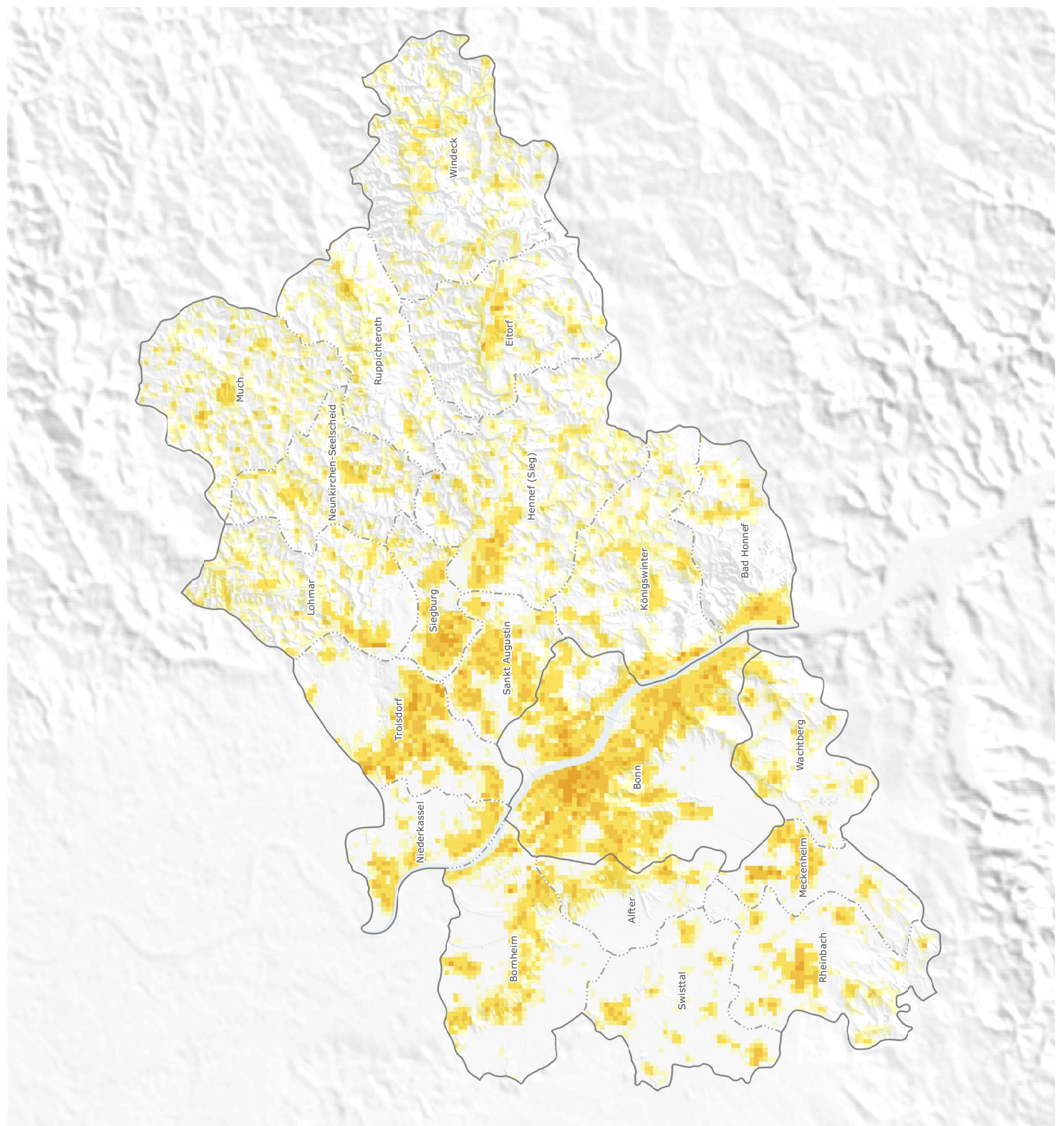
Bearbeitung: Mag. Manfred Mittböck

Datenquelle: Mag. Daniela Zocher

ISPACE, LVA NRW

CORINE, WRDC

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
 Research Studios Austria - Studio ISPACE  
 Leopoldskronstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria  
 ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 3A: Geothermiepotenzial (Kommunen)

**Legende:**

**Geothermiepotenzial in GWh pro Jahr pro Kommune**



**Annahmen zur Potenzialermittlung:**

- Grundlage für die Modellierung bildet die Datenbasis des Geologischen Dienstes von NRW zur geothermischen Ergiebigkeit;
- Potenzielle Dichte für Erdsonden zur Nutzung des geothermischen Potenzials variiert von 0 bis 625 Sonden pro Zelle in Abhängigkeit von der Landnutzung;

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



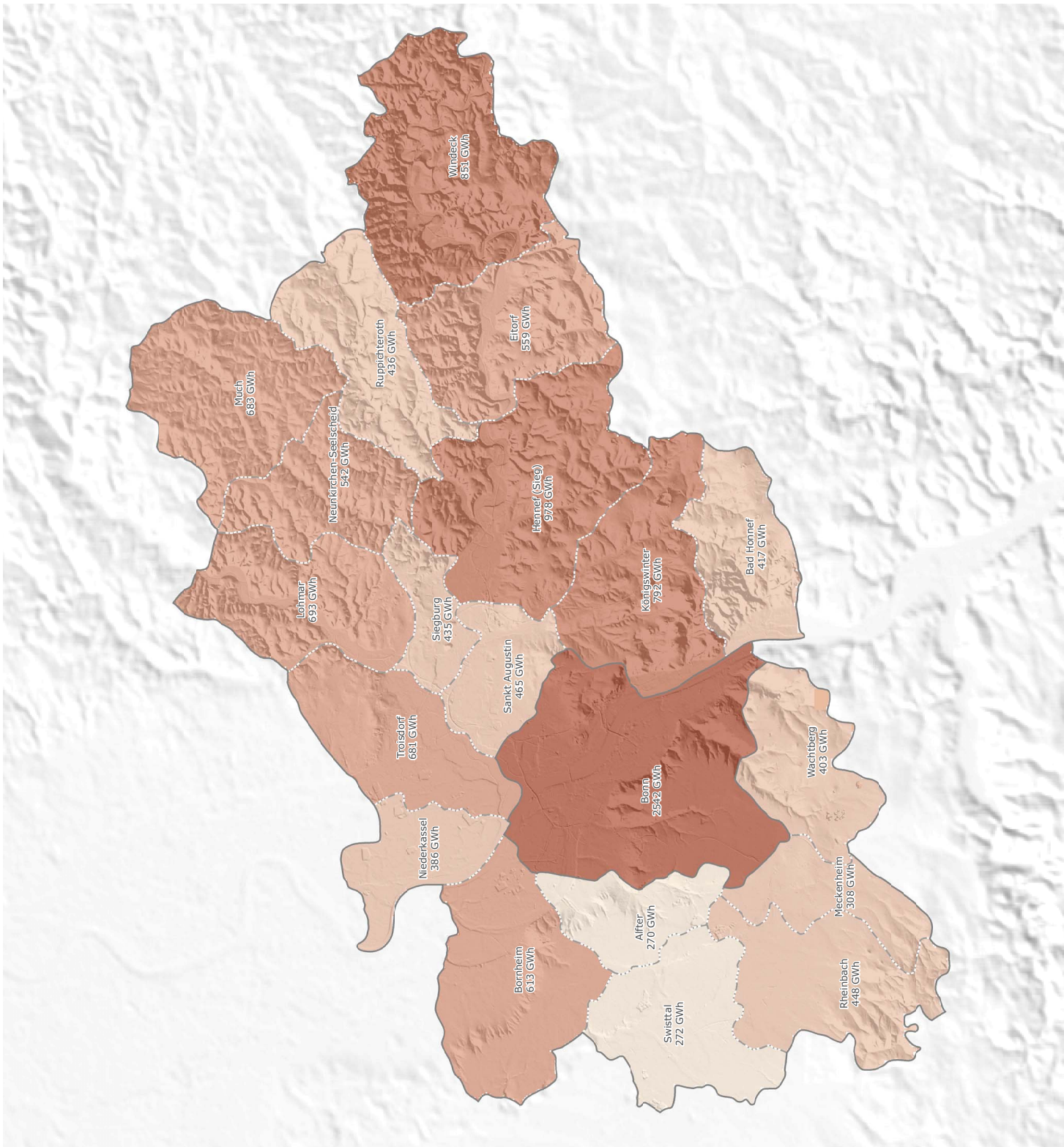
Version: ERSG-07202/003A-1

Erstellung: Dezember 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher  
Mag. Daniela Zocher  
Eva Haslauer

Datenquelle: ISPACE, LVA NRW  
CORINE, GD NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
Research Studios Austria - Studio ISPACE  
Leopoldskronstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria  
ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

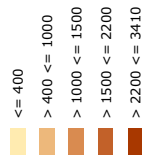
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 3B: Geothermiepotenzial (250m x 250m Rasterzellen)

#### Legende:

Geothermiepotenzial in MWh pro Jahr pro Zelle



#### Annahmen zur Potenzialermittlung:

- ° Grundlage für die Modellierung bildet die Datenbasis des Geologischen Dienstes von NRW zur geothermischen Ergiebigkeit;
- ° Potenzielle Dichte für Erdsonden zur Nutzung des geothermischen Potenzials variiert von 0 bis 625 Sonden pro Zelle in Abhängigkeit von der Landnutzung;

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERSG-07202/003B-1

Erstellung: Dezember 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher

Mag. Daniela Zocher

Eva Haslauer

ISPACE, LVA NRW

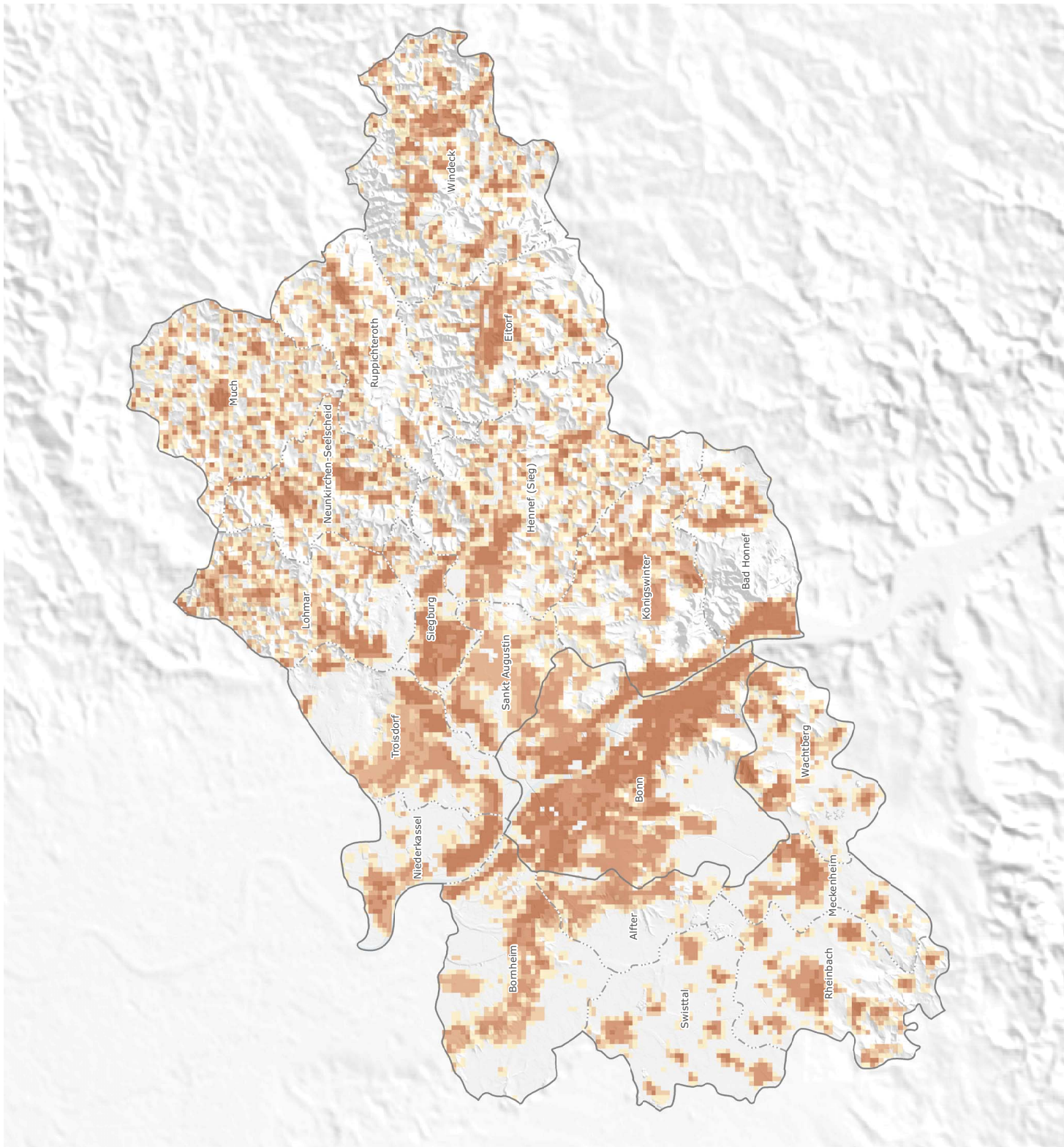
Datenquelle: CORINE, GD NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio ISPACE

Leopoldskronstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria

ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





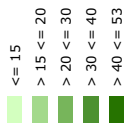


# EnergieRegion Rhein-Sieg

## Karte 4A: Biomassepotenzial (Kommunen)

### Legende:

#### Biomassepotenzial in GWh pro Jahr pro Kommune



#### Annahmen zur Potenzialermittlung:

- Forst:**
- ausschließlich Berücksichtigung heimischer Holzressourcen
  - nachhaltig erzielbare Energieerträge:
    - Laubwald 17 MWh/ha.a;
    - Mischwald 16,5 MWh/ha.a;
    - Nadelwald 16 MWh/ha.a;
  - Straßenbegleitholz 1,86 fm/km.a
  - Berücksichtigung von Ernteverlusten von 15%
  - energetische Nutzung von 32% des Holzes
  - Höhenlagen >1800 m und Hangneigungen > 50° nicht nutzbar
- Landwirtschaft:**
- Nutzung von 25% der Ackerflächen und die gesamten Grünflächen, abzüglich Futterbedarf, Ernteverlust 20%
  - nachhaltig erzielbare Energieerträge:
    - Ackerflächen 40 MWh/ha.a;
    - Grünland 35 MWh/ha.a
  - Biogaserträge aus Gülle werden von Rindern zu 50 %, von Schweinen zu 90 % und Hühnern zu 70 % berücksichtigt
  - Hangneigungen > 50° und Höhenlagen > 1500 m nicht nutzbar
- Siedlungsmüll:**
- Biomüll und Grünmittelfälle - 156 kg pro Einwohner im Rhein-Sieg-Kreis und 90 kg pro Einwohner in der Stadt Bonn

#### Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



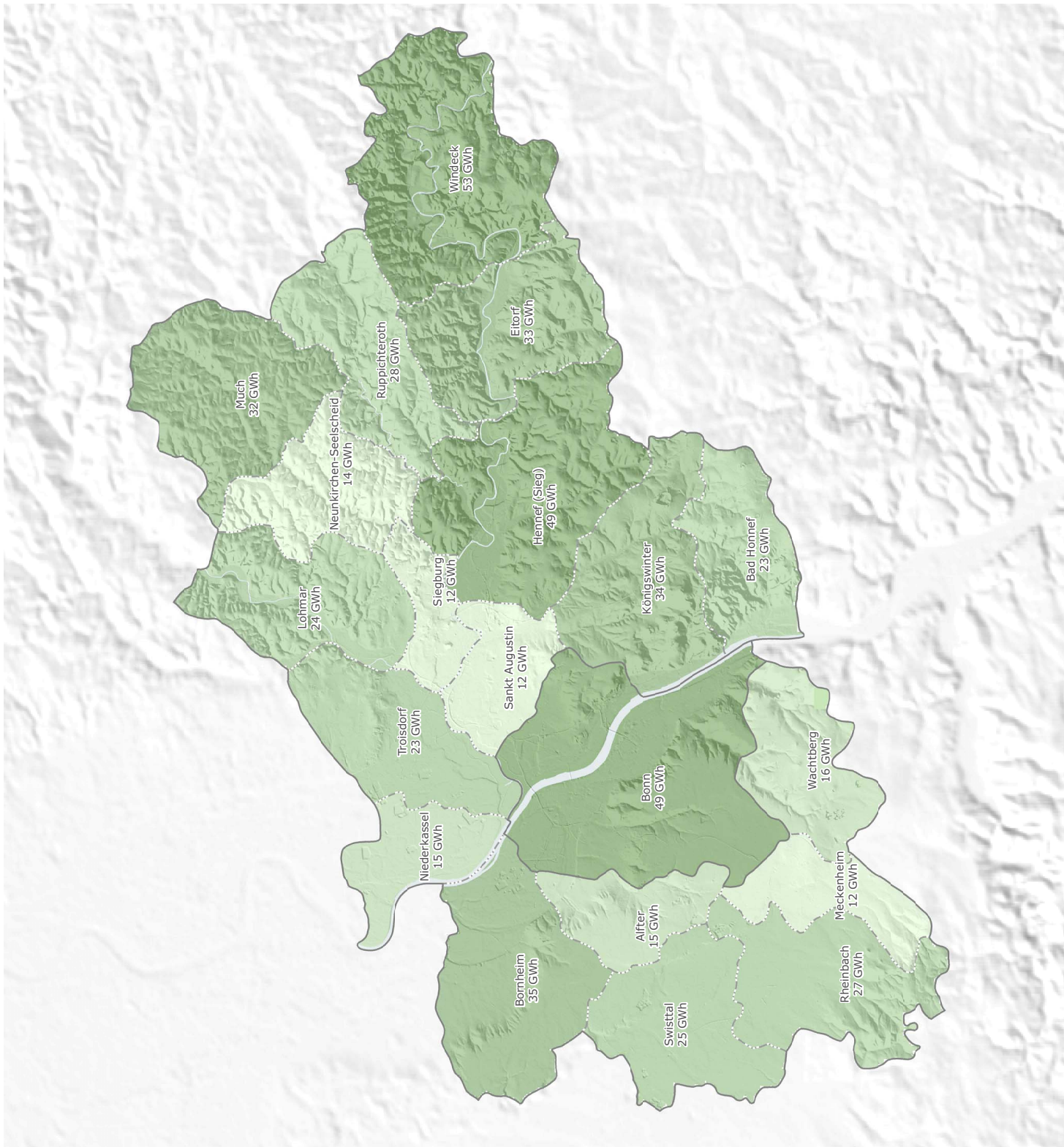
Version: ERSG-07202/004A-1

Erstellung: Dezember 2007

Bearbeitung: Mag. Norbert Dörflinger

Datenquelle: ISPACE, LVA NRW

CORINE





research studios

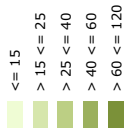
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 4B: Biomassepotenzial (250m x 250m Rasterzellen)

**Legende:**

**Biomassepotenzial in MWh pro Jahr pro Zeile**



**Annahmen zur Potenzialermittlung:**

- Forst:**
- ausschließlich Berücksichtigung heimischer Holzressourcen
  - nachhaltig erzielbare Energieerträge:
    - Laubwald 17 MWh/ha.a;
    - Mischwald 16,5 MWh/ha.a;
    - Nadelwald 16 MWh/ha.a;
    - Sträßenbegleitholz 1,86 fm<sup>3</sup>/km.a
  - Berücksichtigung von Ernteverlusten von 15%
  - energetische Nutzung von 32% des Holzes
  - Höhenlagen >1800 m und Hangneigungen > 50° nicht nutzbar
- Landwirtschaft:**
- Nutzung von 25% der Ackerflächen und die gesamten Grünflächen, abzüglich Futterbedarf, Ernteverlust 20%
  - nachhaltig erzielbare Energieerträge:
    - Ackerflächen 40 MWh/ha.a;
    - Grünland 35 MWh/ha.a
  - Biogaserträge aus Gülle werden von Rindern zu 50 %, von Schweinen zu 90 % und Hühnern zu 70 % berücksichtigt
  - Hangneigungen > 50° und Höhenlagen > 1500 m nicht nutzbar
- Siedlungsmüll:**
- Biomüll und Grünmittelfälle - 156 kg pro Einwohner im Rhein-Sieg-Kreis und 90 kg pro Einwohner in der Stadt Bonn

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERSG-07202/004B-1

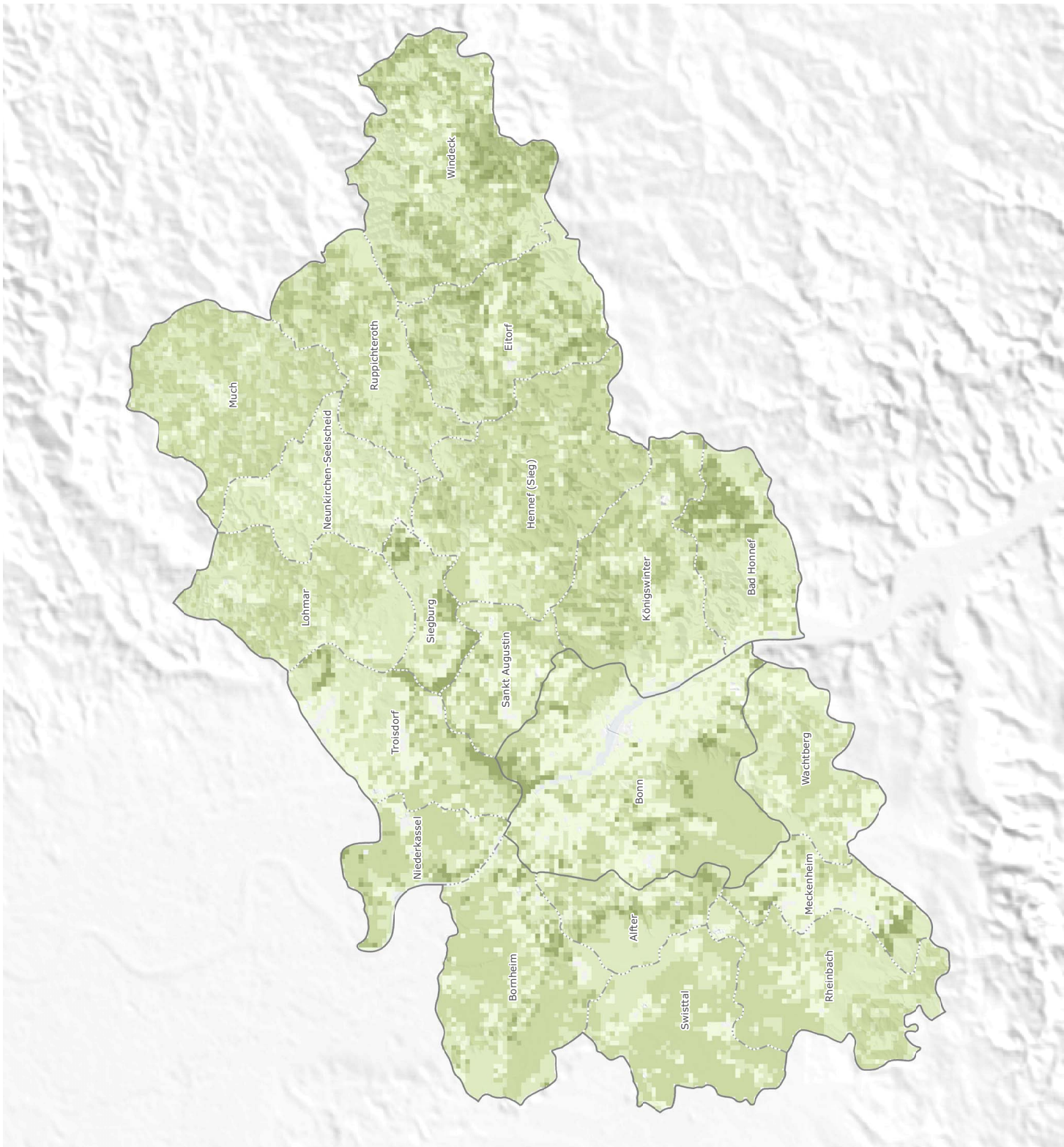
Erstellung: Dezember 2007

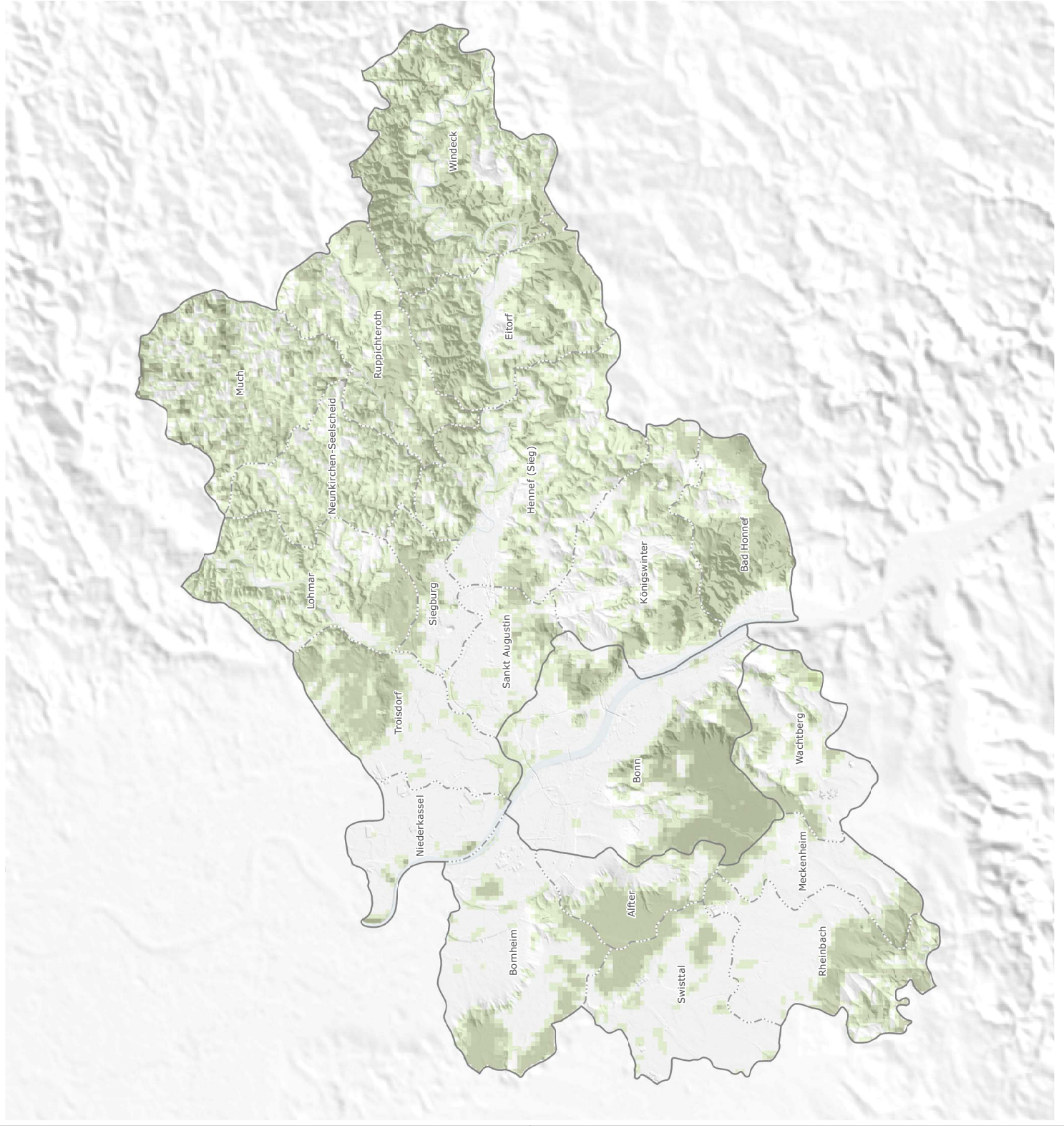
Bearbeitung: Mag. Norbert Dorfinger


Datenquelle: iSPACE, LVA NRW,

CORINE

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
 Research Studios Austria - Studio iSPACE  
 Leopoldskronstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria  
 ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at







**research studios**  
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

**EnergieRegion Rhein-Sieg**

**Karte 5: Biomassepotenzial aus Forstwirtschaft (250m x 250m Rasterzellen)**

**Legende:**

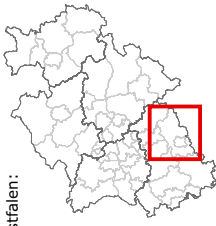
**Biomassepotenzial aus Forstwirtschaft in MWh pro Jahr pro Zelle**


≤ 8
> 8 ≤ 16
> 16 ≤ 25
> 25 ≤ 35
> 35 ≤ 47

**Annahmen zur Potenzialeermittlung:**

- ausschließlich Berücksichtigung heimischer Holzressourcen
- nachhaltig erzielbare Energieerträge:
  - Laubwald 17 MWh/ha.a;
  - Mischwald 16,5 MWh/ha.a;
  - Nadelwald 16 MWh/ha.a;
- Straßenbegleitholz 1,86 fm/km.a
- Berücksichtigung von Ernteverlusten von 15%
- energetische Nutzung von 32% des Holzes
- Höhenlagen >1800 m nicht nutzbar
- Hangneigungen > 50° nicht nutzbar


**Nordrhein-Westfalen:**





2 0 2 4 6 8 Kilometer

**Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis**



**Kreissparkasse Köln**

Version: ERSG-07202/005-1  
Oktober 2007

Bearbeitung: Mag. Norbert Dorfinger  
Mag. Daniela Zocher  
iSPACE, LVA NRW

Datenquelle: CORINE

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
Research Studios Austria - Studio iSPACE  
Leopoldskronstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria  
ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at



research studios

AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

## Energierregion Rhein-Sieg

### Karte 6: Biomassepotenzial aus Landwirtschaft (250m x 250m Rasterzellen)

#### Legende:

#### Biomassepotenzial aus Landwirtschaft in MWh pro Jahr pro Zelle



#### Annahmen zur Potenzialeermittlung:

- ° Nutzung von 25% der Ackerflächen und die gesamten Grünflächen, abzüglich Futterbedarf, Ernteverlust 20%
- ° nachhaltig erzielbare Energieerträge:
- ° Ackerflächen 40 MWh/ha.a;
- ° Grünland 35 MWh/ha.a
- ° Biogaserträge aus Gülle werden von Rindern zu 50 %, von Schweinen zu 90 % und Hühnern zu 70 % berücksichtigt
- ° Hangneigungen > 50° und Höhenlagen > 1500 m nicht nutzbar

#### Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERSG-07202/006-1

Erstellung: Dezember 2007

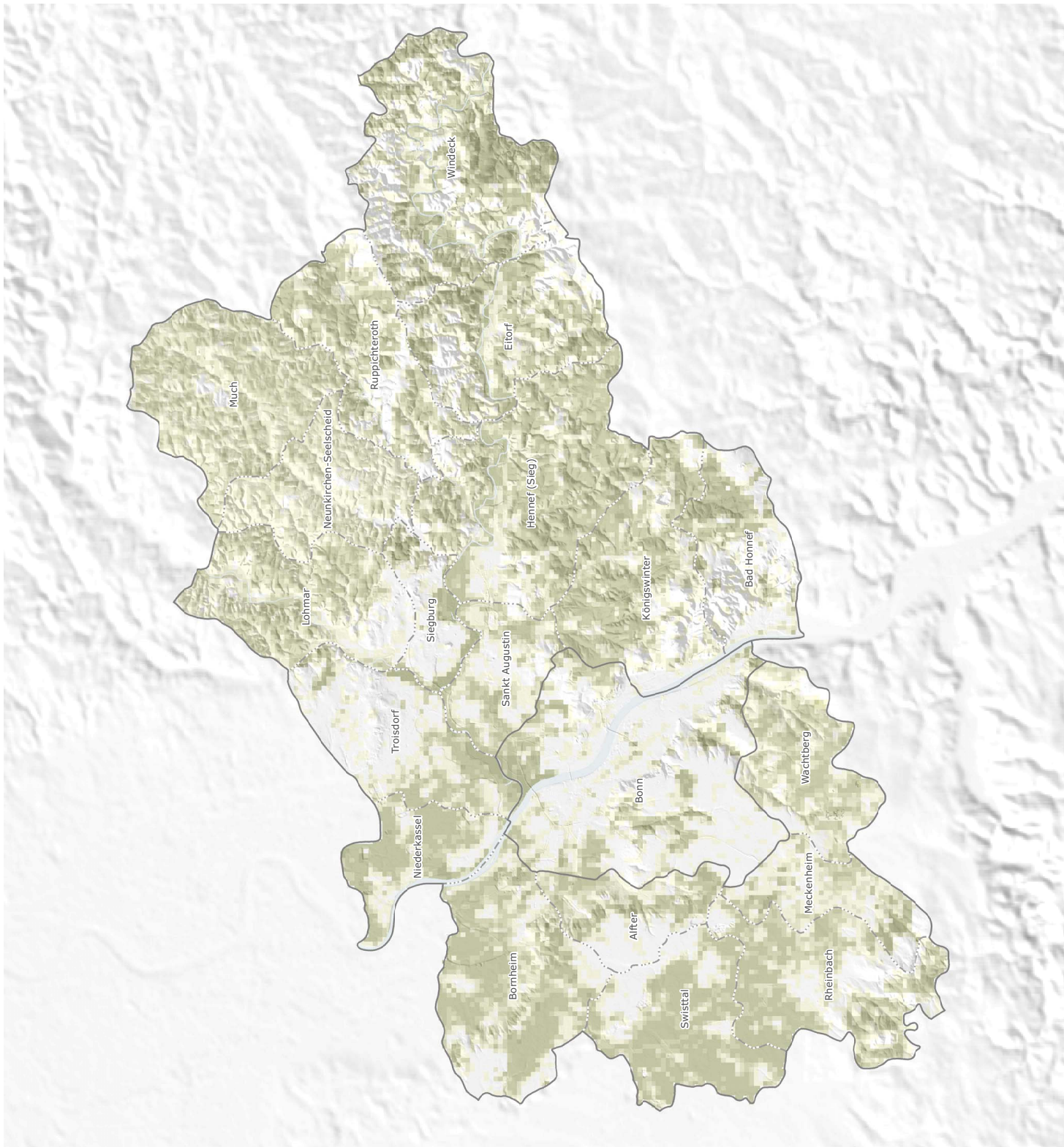
Bearbeitung: Mag. Norbert Dörflinger

Mag. Daniela Zocher

iSPACE, LVA NRW

Datenquelle: CORINE

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
 Research Studios Austria - Studio iSPACE  
 Leopoldskronstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria  
 ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 7A: Windkraftpotenzial (Kommunen)

**Legende:**

**Windkraftpotenzial in GWh pro Jahr pro Kommune**

- <= 15
- > 15 <= 30
- > 30 <= 60
- > 60 <= 100
- > 100 <= 210

**Annahmen zur Potenzialeermittlung:**

- für die Windkraft nutzbare Flächen: Ackerflächen und Grünflächen (Parallelnutzung)
- keine Berücksichtigung von Flächen mit einer Geländeneigung > 12°
- Ausschluss von Flächen mit mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten von < 3,5 m/s
- mittlere installierbare Leistungsdichte von 4,6 MW / km<sup>2</sup>
- rechtliche Restriktionen: Ausschluss von Naturschutzgebieten 500m Abstand zu Siedlungsflächen

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



ERSG-07202/007A-1

Version: Dezember 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher

Mag. Daniela Zöcher

ISPACE, LVA NRW

Datenquelle: Deutscher Wetterdienst

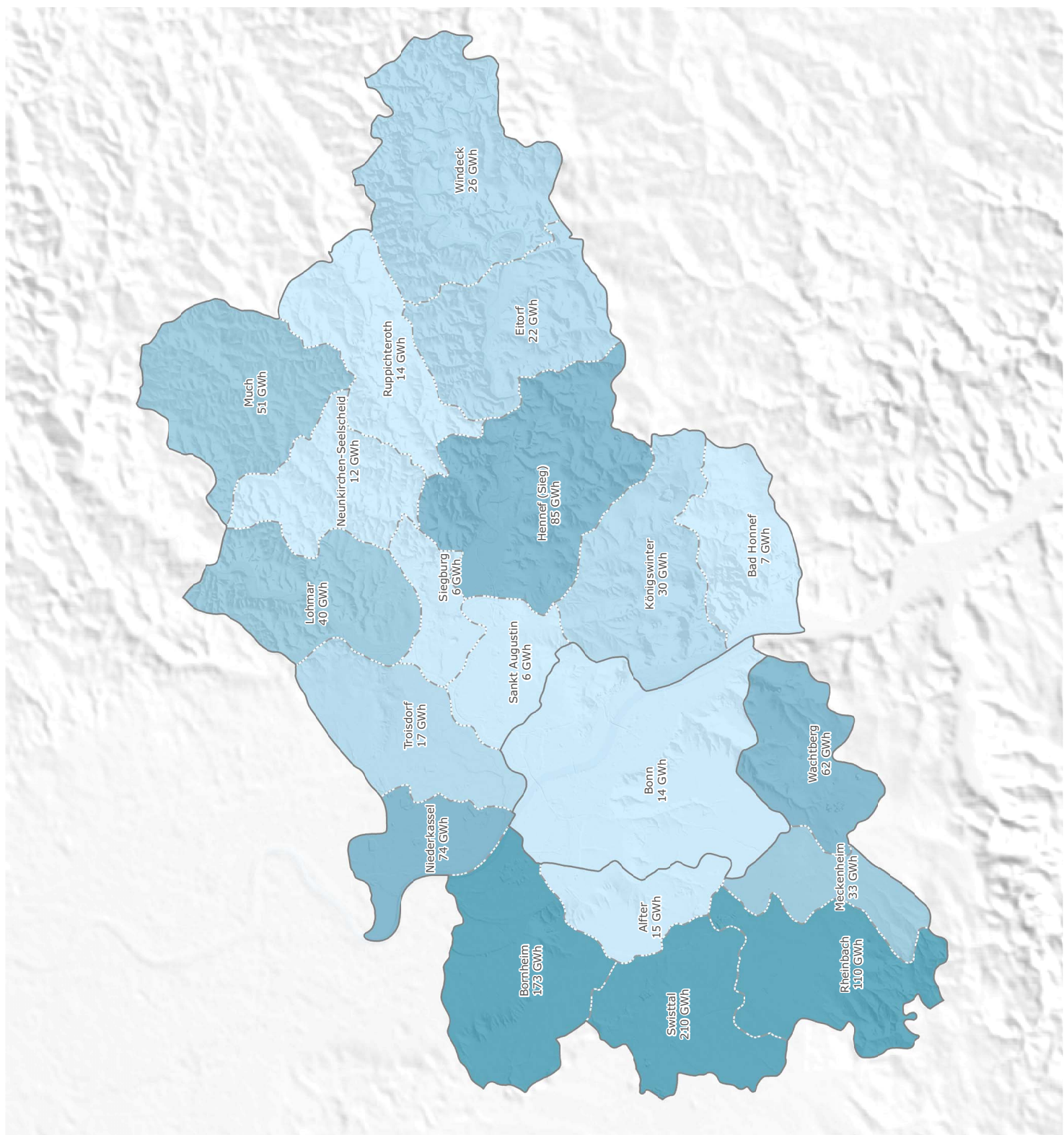
CORINE

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio ISPACE

Leopoldskronstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria

ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

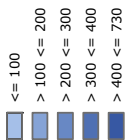
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 7B: Windkraftpotenzial (250m x 250m Rasterzellen)

**Legende:**

**Windkraftpotenzial in MWh pro Jahr pro Zelle**



**Annahmen zur Potenzialermittlung:**

- für die Windkraft nutzbare Flächen: Ackerflächen und Grünflächen (Parallelennutzung)
- keine Berücksichtigung von Flächen mit einer Geländeneigung > 12°
- Ausschluss von Flächen mit mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten von < 3,5 m/s
- mittlere installierbare Leistungsdichte von 4,6 MW / km<sup>2</sup>
- rechtliche Restriktionen: Ausschluss von Naturschutzgebieten 500m Abstand zu Siedlungsflächen

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERSG-07202/007B-1

Erstellung: Dezember 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher

Mag. Daniela Zöchler

Datenquelle: ISPACE, LVA NRW

Deutscher Wetterdienst

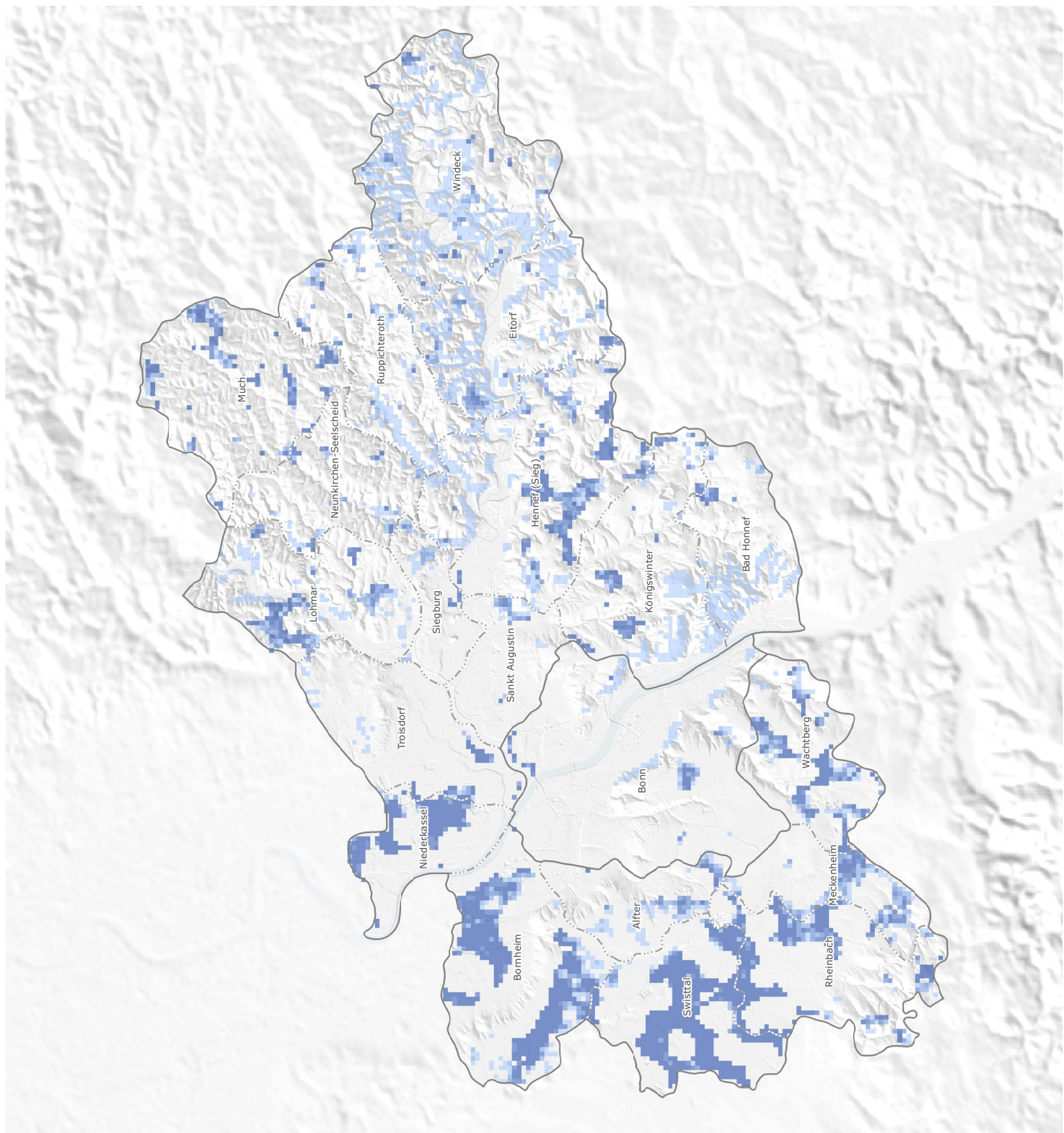
CORINE

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio ISPACE

Leopoldskronstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria

ispac@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

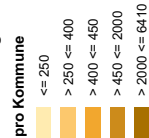
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

## EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 8A: Gesamtenergiebedarf der Betriebe und Haushalte (Kommunen)

#### Legende:

Gesamtenergiebedarf in GWh pro Jahr pro Kommune



#### Grundlagen der Bedarfsermittlung:

##### Haushalte:

- Bedarfswerte je Einwohner
- Einfluss der Haushalts- und Gebäudeart auf den Pro-Kopf-Bedarfswert einer Gemeinde

##### Betriebe:

- Bedarfswerte je Beschäftigten
- Getrennte Modellierung des Primären, Sekundären und Tertiären Sektors
- Differenzierte Betrachtung einzelner Industriezweige

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



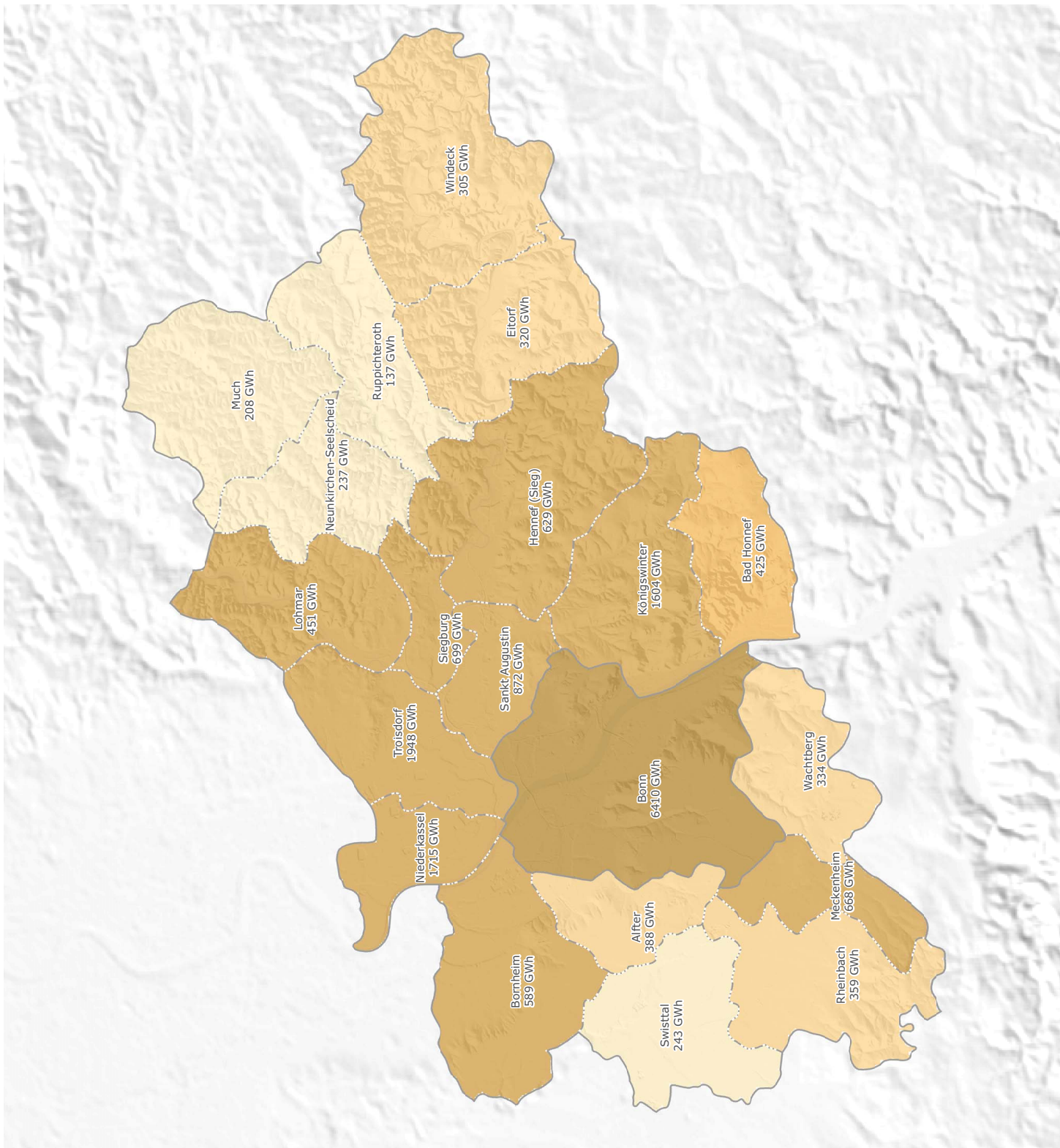
Version: ERS-07202/008A-1

Erstellung: November 2007

Bearbeitung: Dr. Makus Biberacher  
Mag. Daniela Zocher  
Eva Haslauer

Datenquelle: iSPACE, LVA NRW,  
GKD, LDS NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
Research Studios Austria - Studio iSPACE  
Leopoldskronstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria  
ispac@researchstudio.at - ispac.researchstudio.at





research studios

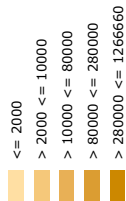
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 8B: Gesamtenergiebedarf der Betriebe und Haushalte (250m x 250m Rasterzellen)

#### Legende:

Energiebedarf der Haushalte in MWh pro Zelle



#### Annahmen zur Potenzialermittlung:

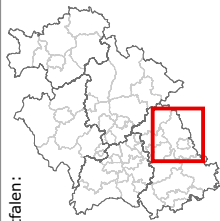
##### Haushalte:

- Bedarfswerte je Einwohner
- Einfluss der Haushalts- und Gebäudeart auf den Pro-Kopf-Bedarfswert einer Gemeinde

##### Betriebe:

- Bedarfswerte je Beschäftigten
- Getrennte Modellierung des Primären, Sekundären und Tertiären Sektors
- Differenzierte Betrachtung einzelner Industriezweige

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERSB-07202/008B-1

Erstellung: November 2007

Bearbeitung: Dr. Makus Biberacher

Mag. Daniela Zocher

Eva Haslauer

iSPACE, LVA NRW,

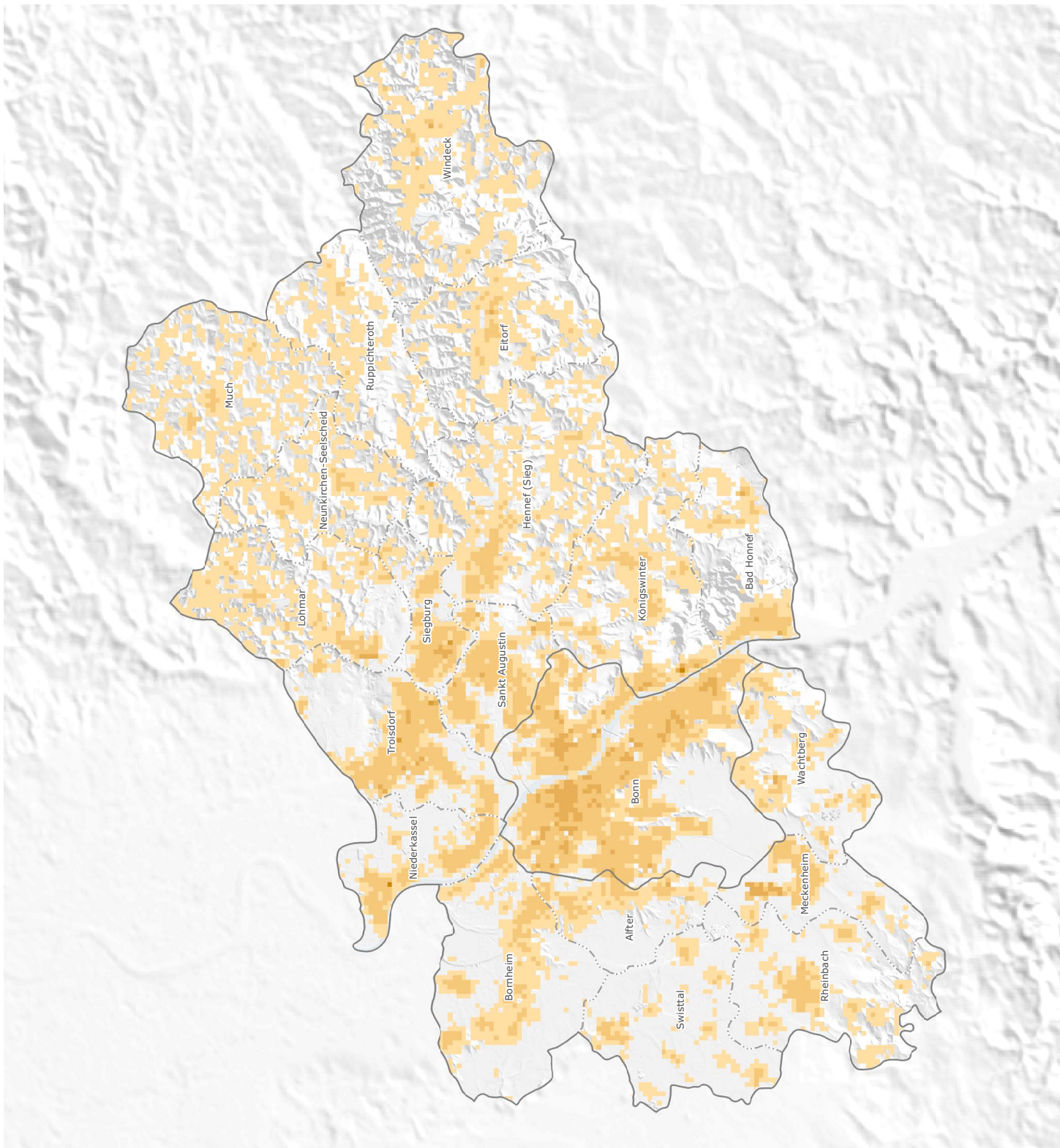
GKD, LDS NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio iSPACE

Leopoldsdorferstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria

ispac@researchstudio.at - ispac.researchstudio.at



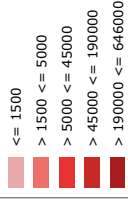


EnergieRegion Rhein-Sieg

**Karte 9: Wärmebedarf der Betriebe und Haushalte (250m x 250m Rasterzellen)**

**Legende:**

**Wärmebedarf in MWh pro Zelle**



**Annahmen zur Potenzialermittlung:**

- Haushalte:**
- Bedarfswerte je Einwohner
  - Einfluss der Haushalts- und Gebäudeart auf den Pro-Kopf-Bedarfswert einer Gemeinde
- Betriebe:**
- Bedarfswerte je Beschäftigten
  - Getrennte Modellierung des Primären, Sekundären und Tertiären Sektors
  - Differenzierte Betrachtung einzelner Industriezweige

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERS-07202/009-1

Erstellung: November 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher

Mag. Daniela Zocher

Eva Haslauer

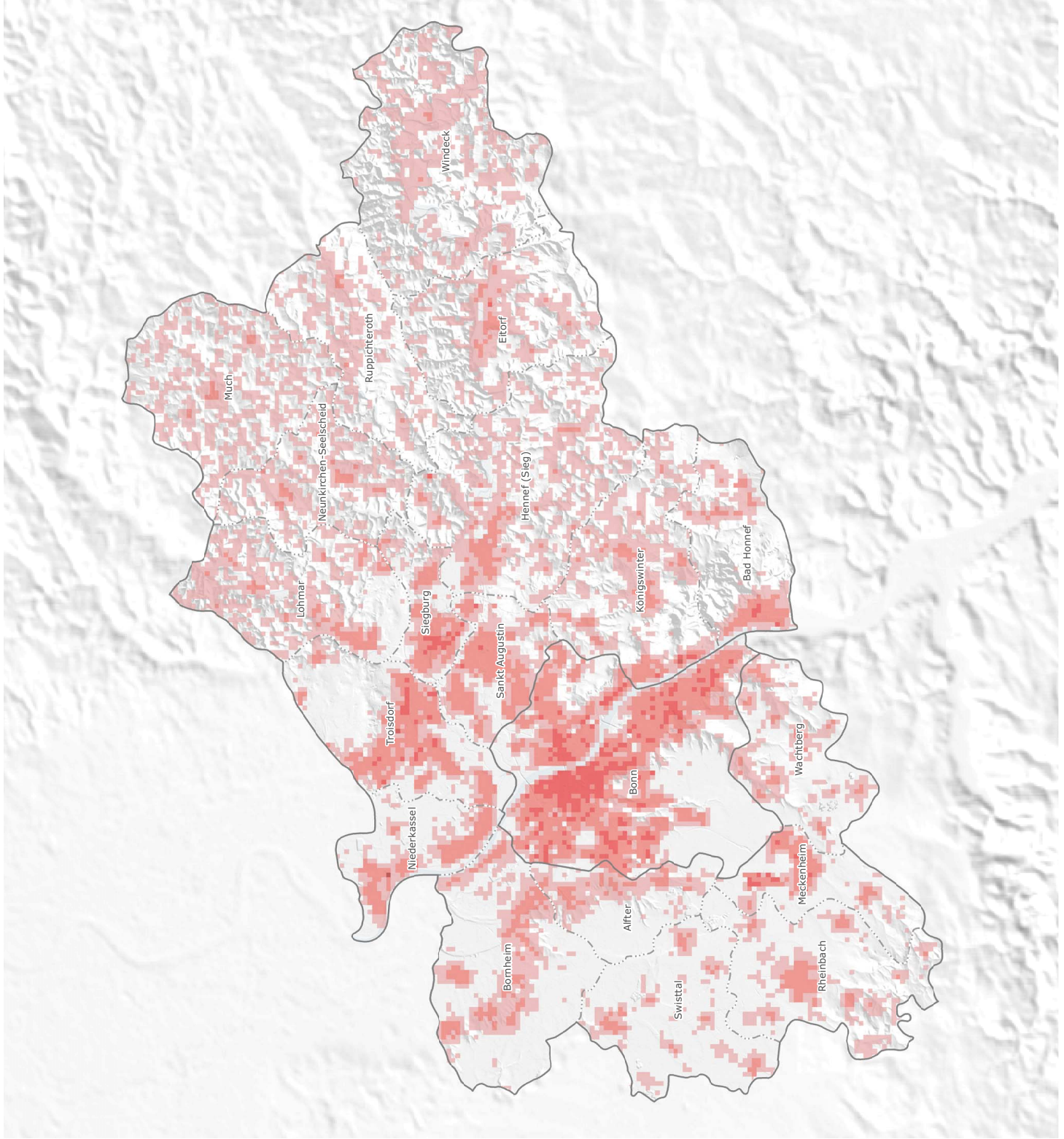
Datenquelle: iSPACE, LVA NRW, GKD, LDS NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio iSPACE

Leopoldsdorferstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria

ispac@researchstudio.at - ispac.researchstudio.at

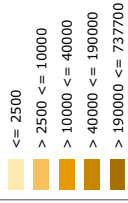


EnergieRegion Rhein-Sieg

**Karte 10: Strombedarf der Betriebe und Haushalte (250m x 250m Rasterzellen)**

**Legende:**

**Strombedarf in MWh pro Zelle**



**Annahmen zur Potenzialermittlung:**

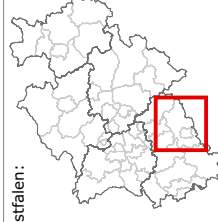
**Haushalte:**

- Bedarfswerte je Einwohner
- Einfluss der Haushalts- und Gebäudeart auf den Pro-Kopf-Bedarfswert einer Gemeinde

**Betriebe:**

- Bedarfswerte je Beschäftigten
- Getrennte Modellierung des Primären, Sekundären und Tertiären Sektors
- Differenzierte Betrachtung einzelner Industriezweige

**Nordrhein-Westfalen:**



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERS-07202/010-1

Erstellung: November 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher

Mag. Daniela Zocher

Eva Haslauer

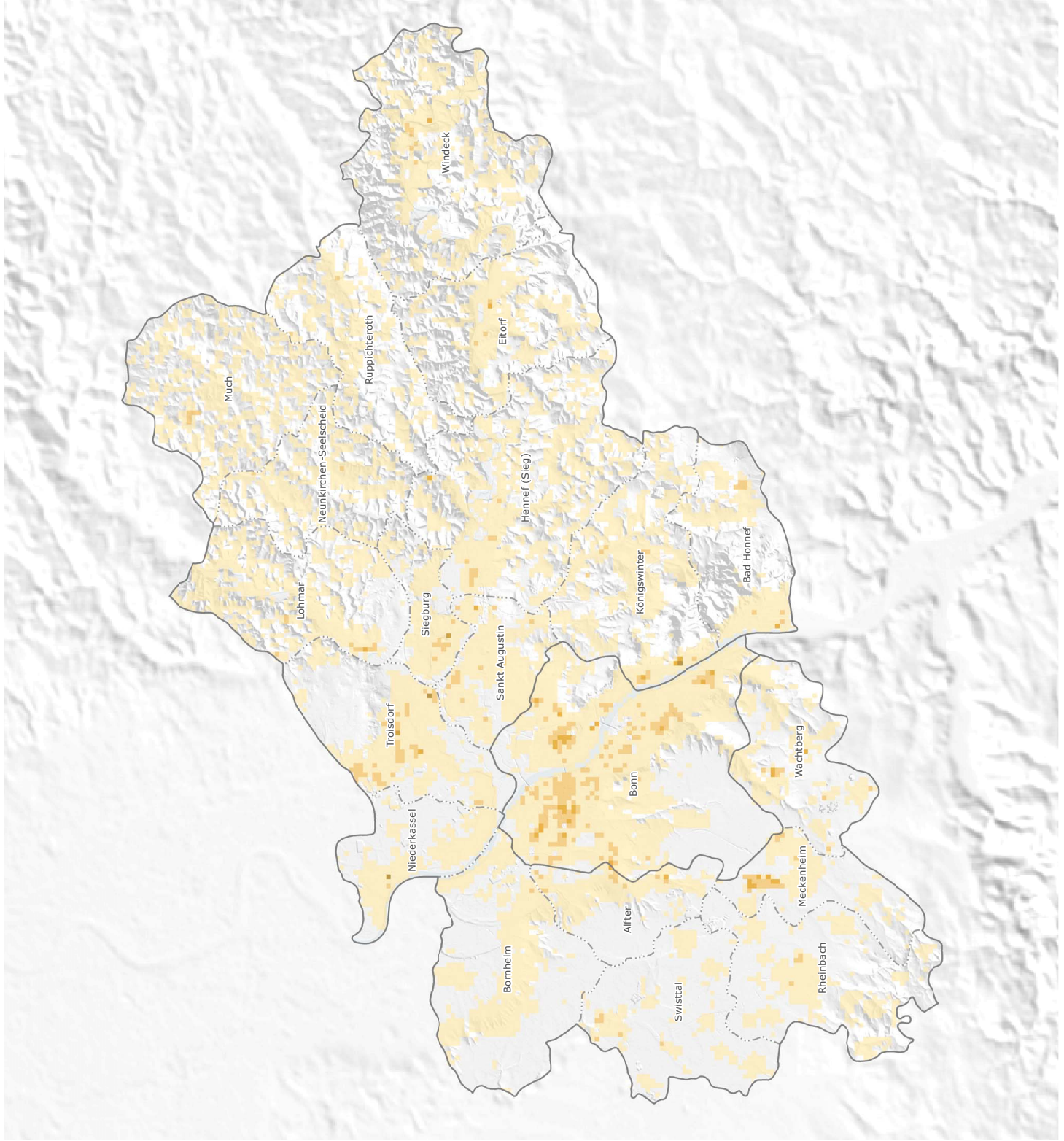
Datenquelle: iSPACE, LVA NRW, GKD, LDS NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio iSPACE

Leopoldsdorferstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria

ispac@researchstudio.at - ispac.researchstudio.at





research studios

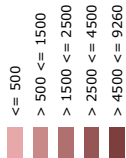
AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 11: Strom- und Wärmebedarf der Haushalte (250m x 250m Rasterzellen)

**Legende:**

**Strom- und Wärmebedarf in MWh pro Jahr pro Zelle**



**Annahmen zur Potenzialermittlung:**

Haushalte:

- Bedarfswerte je Einwohner
- Einfluss der Haushalts- und Gebäudeart auf den Pro-Kopf-Bedarfswert einer Gemeinde

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERS-07202/01.1-1

Erstellung: November 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher

Mag. Daniela Zocher

Eva Haslauer

iSPACE, LVA NRW,

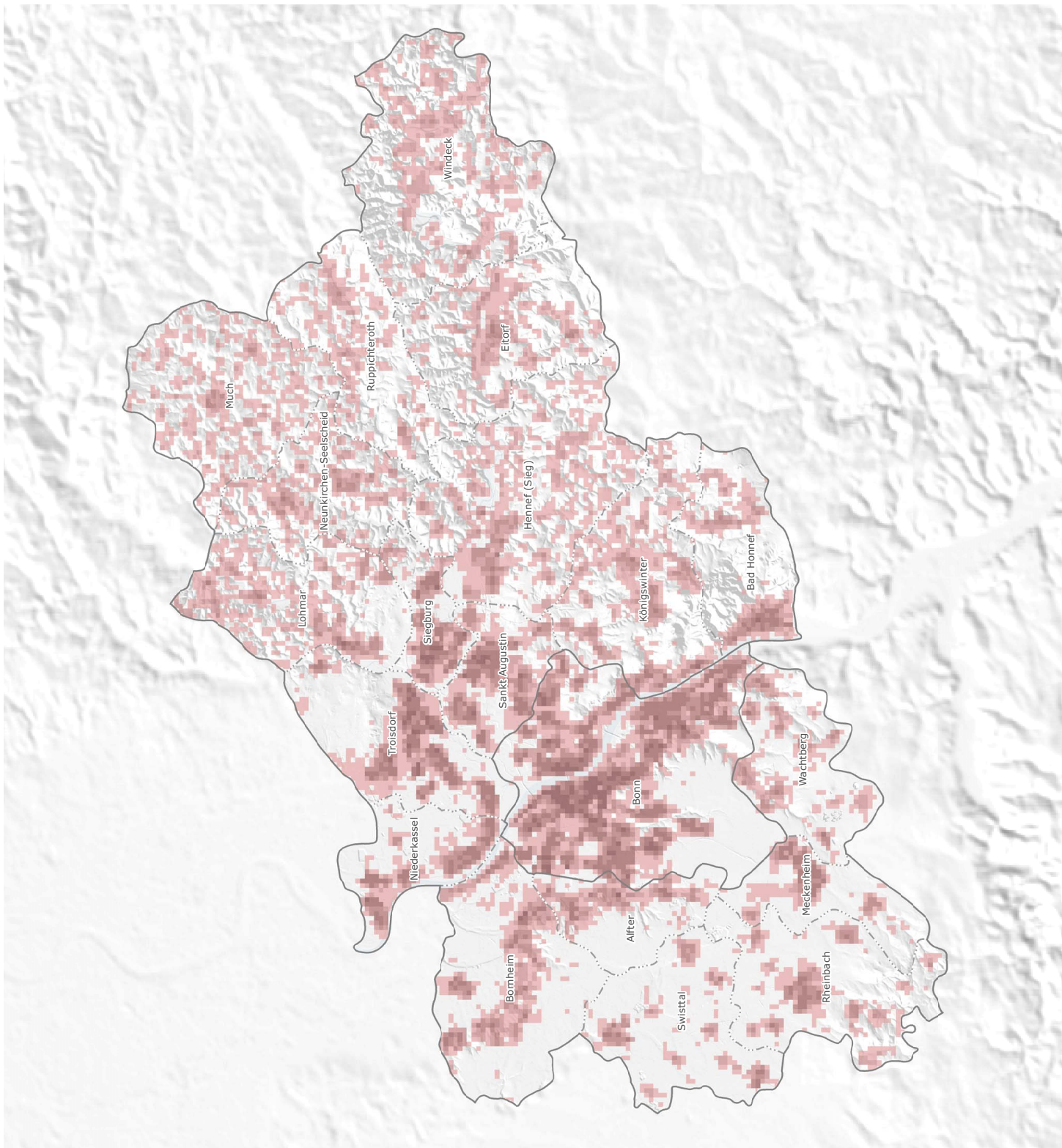
GKD, LDS NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio iSPACE

Leopoldsdorferstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria

ispac@researchstudio.at - ispac.researchstudio.at



EnergieRegion Rhein-Sieg

**Karte 12: Strom- und Wärmebedarf der Betriebe (250m x 250m Rasterzellen)**

**Legende:**

**Strom- und Wärmebedarf in MWh pro Jahr pro Zeile**



**Annahmen zur Potenzialermittlung:**

- Betriebe:
- Bedarfswerte je Beschäftigten
  - Getrennte Modellierung des Primären, Sekundären und Tertiären Sektors
  - Differenzierte Betrachtung einzelner Industriezweige

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERSG-07202/012-1

Erstellung: November 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher

Mag. Daniela Zocher

Eva Haslauer

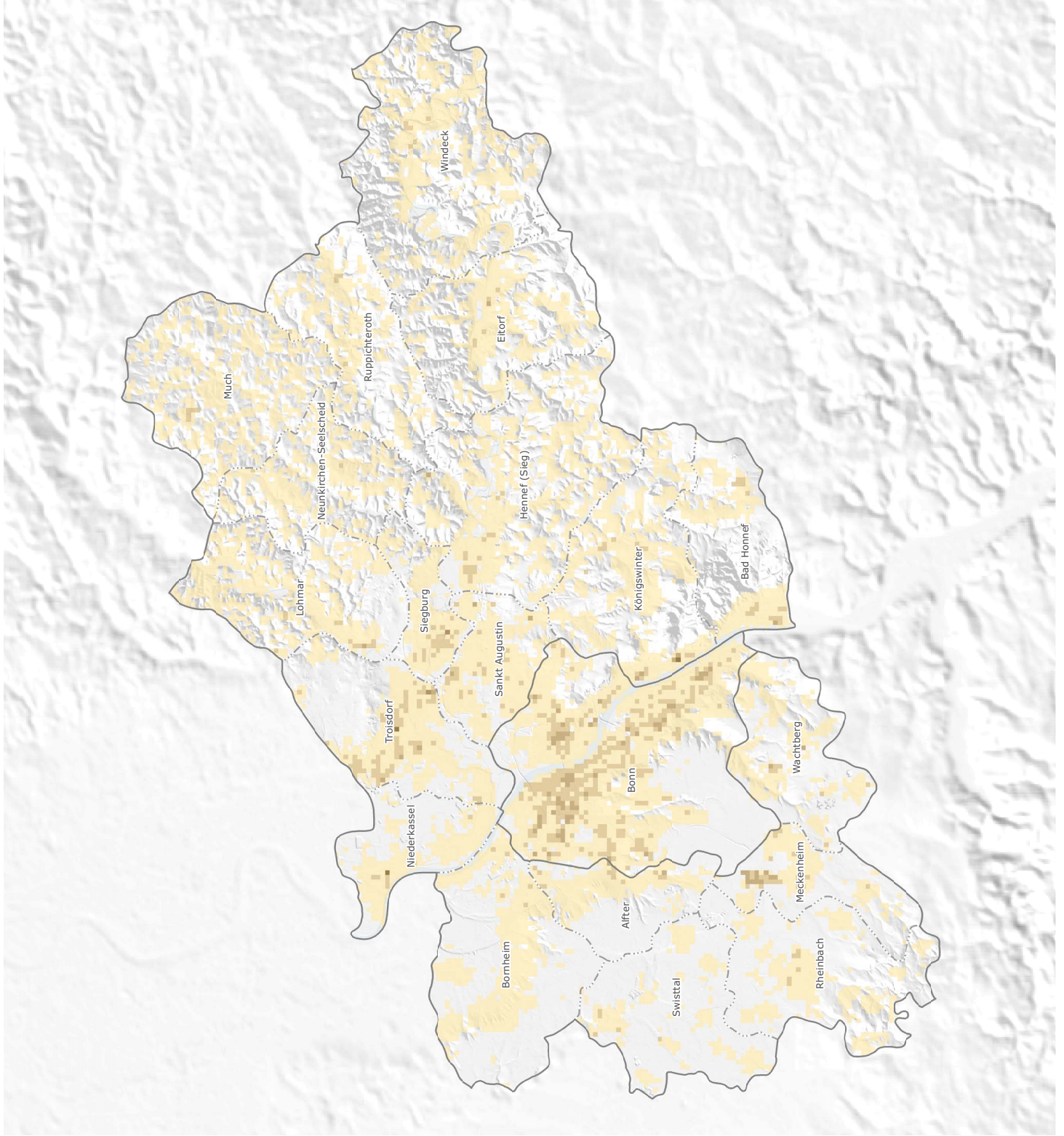
Datenquelle: iSPACE, LVA NRW, GKD, LDS NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC

Research Studios Austria - Studio iSPACE

Leopoldskronstrasse 30, 5020 Saizburg, Austria

ispac@researchstudio.at - ispac.researchstudio.at



EnergieRegion Rhein-Sieg

**Karte 13: Energiebedarf und Potenzial  
- Bilanz und Autarkie  
(250m x 250m Rasterzellen)**

**Legende:**

**Energiebilanz**

- stark negativ
- negativ
- neutral
- positiv
- stark positiv

**Erläuterung:**

Durch die Gegenüberstellung des Potenzials und des Bedarfs innerhalb einer Rasterzelle ergibt sich für diese eine positive oder negative Bilanz. Im Falle einer positiven Bilanz ist dort mehr Energieerzeugungspotenzial vorhanden als benötigt wird. Im Falle einer negativen Bilanz verhält es sich umgekehrt.

Nordrhein-Westfalen:

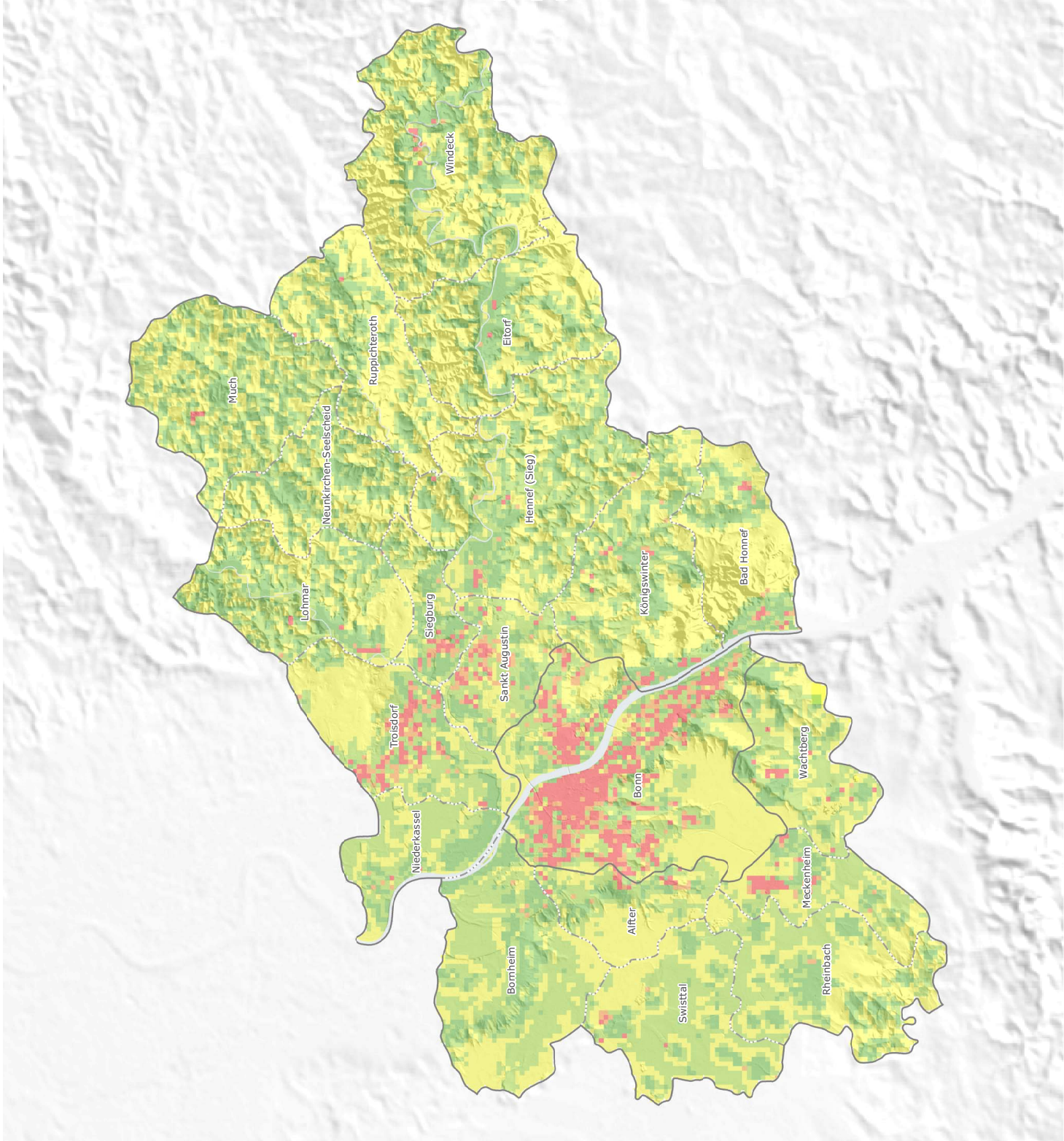


Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERS-07202/013-1  
 Erstellung: Dezember 2007  
 Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher  
 Mag. Daniela Zocher  
 iSPACE, LVA NRW  
 Datenquelle: CORINE, GD NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
 Research Studios Austria - Studio iSPACE  
 Leopoldskronstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria  
 ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 14A: Selbstversorgungsgrad der Kommunen bei 100% Potenzialumsetzung

**Legende:**

**Deckung des Strom- und Wärmebedarfs**

- ≤ 50 %
- > 50 ≤ 100 %
- > 100 ≤ 200 %
- > 200 ≤ 300 %
- > 300 ≤ 468 %

**Erläuterung:**

Durch die Gegenüberstellung des Potenzials und des Bedarfs innerhalb der Gemeinden ergibt sich für diese eine positive oder negative Bilanz. Im Falle einer positiven Bilanz ist dort mehr Energieerzeugungspotenzial vorhanden als benötigt wird. Im Falle einer negativen Bilanz verhält es sich umgekehrt. Die Prozentzahl zeigt an zu wieviel Prozent der Eigenbedarf innerhalb der Gemeinde gedeckt werden kann.

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



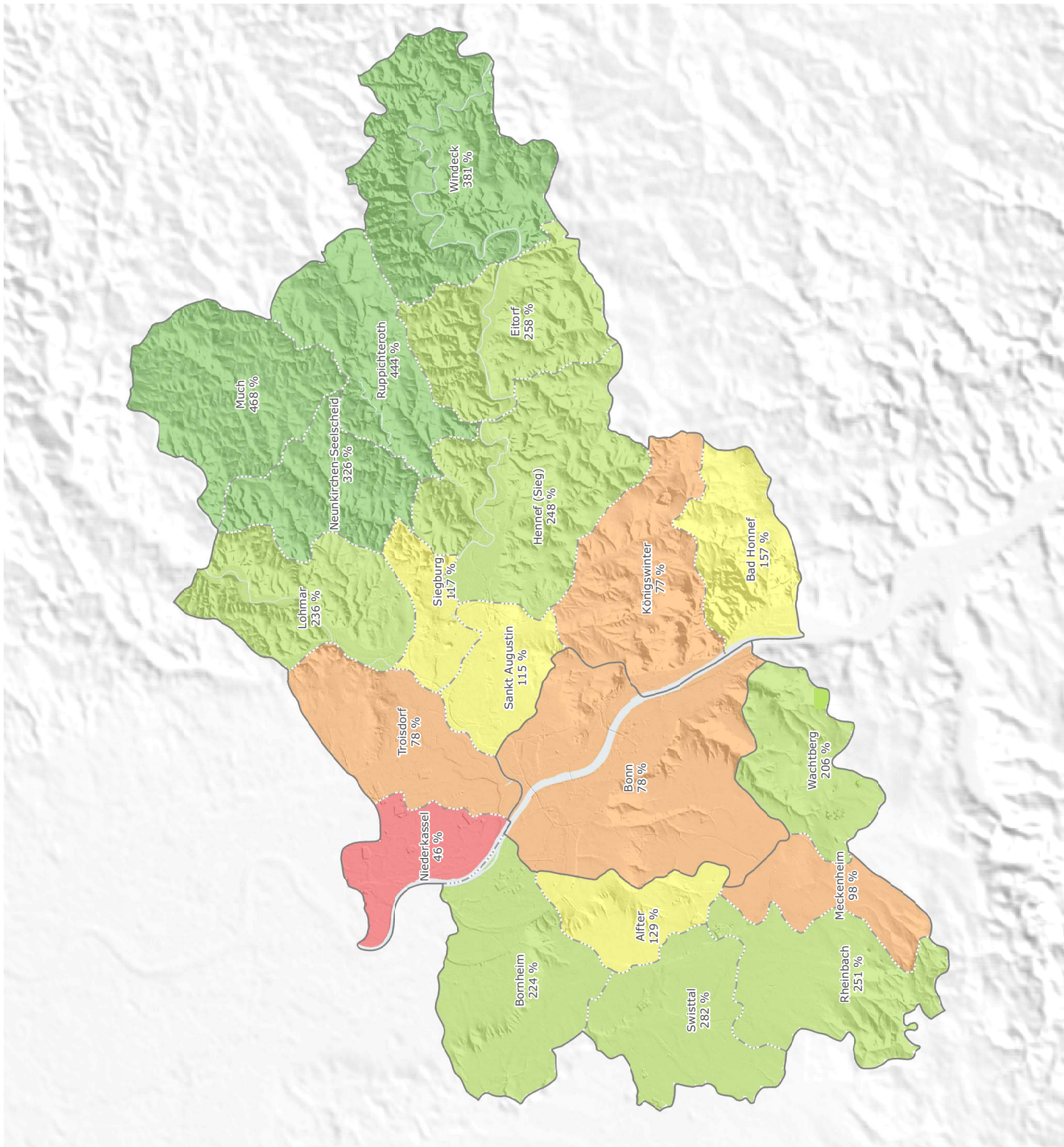
Version: ERSG-07202/01.4A-1

Erstellung: Dezember 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher  
Mag. Daniela Zocher

Datenquelle: ISPACE, LVA NRW  
CORINE, GD NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
Research Studios Austria - Studio ISPACE  
Leopoldskronstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria  
ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 14B: Selbstversorgungsgrad der Kommunen bei 50% Potenzialumsetzung

**Legende:**

**Deckung des Strom und Wärmebedarfs**

- ≤ 50 %
- > 50 ≤ 100 %
- > 100 ≤ 200 %
- > 200 ≤ 300 %
- > 300 ≤ 500 %

**Erläuterung:**

Durch die Gegenüberstellung des Potenzials und des Bedarfs innerhalb der Gemeinden ergibt sich für diese eine positive oder negative Bilanz. Im Falle einer positiven Bilanz ist dort mehr Energieerzeugungspotenzial vorhanden als benötigt wird. Im Falle einer negativen Bilanz verhält es sich umgekehrt. Die Prozentzahl zeigt an zu wieviel Prozent der Eigenbedarf innerhalb der Gemeinde gedeckt werden kann.

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



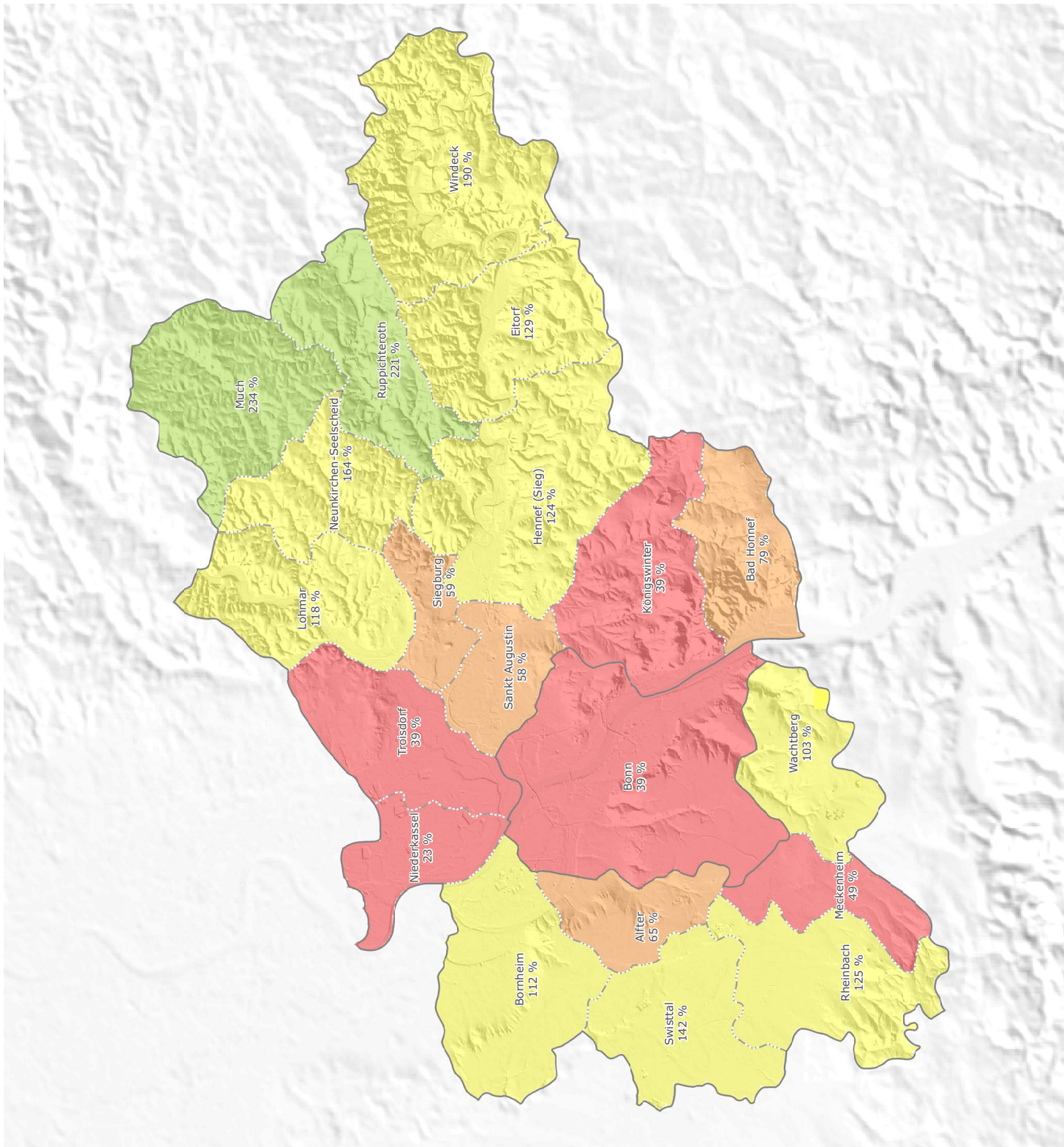
Version: ERSG-07202/014B-1

Erstellung: November 2007

Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher  
Mag. Daniela Zocher

Datenquelle: ISPACE, LVA NRW  
CORINE, GD NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
Research Studios Austria - Studio ISPACE  
Leopoldsdorferstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria  
ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





research studios

AUSTRIAN RESEARCH CENTERS

## EnergieRegion Rhein-Sieg

### Karte 15: Energieautarke Sub-Regionen

#### Legende:

Mögliche autarke Sub-Regionen (farbcodiert)



Zellen sind für sich energetisch autark

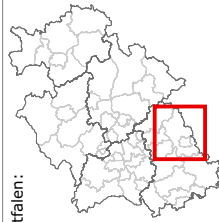
#### Erläuterung:

Die abgebildeten Subregionen sind in sich potenziell autark. Innerhalb der mittels Optimierungprozessen gebildeten Regionen kommt es zu einem Ausgleich energetischer Flüsse.

#### Annahmen:

◦ 100 % Ausbau bei Solar, Biomasse und Geothermie

Nordrhein-Westfalen:



Auftragsforschung: Wirtschaftsförderung Rhein-Sieg-Kreis



Version: ERSG-07202/015-1

Erstellung: Dezember 2007

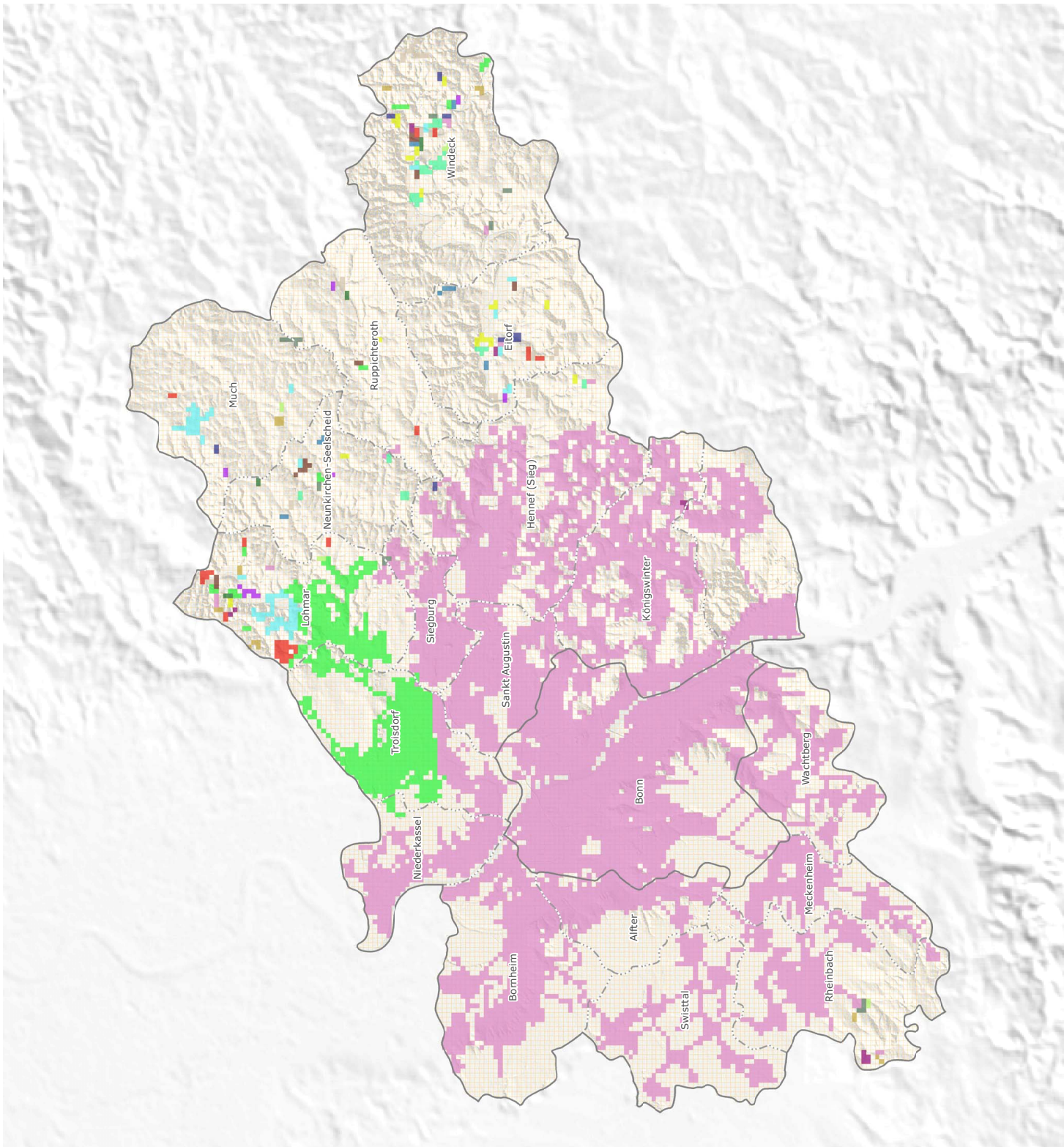
Bearbeitung: Dr. Markus Biberacher

Mag. Daniela Zocher

ISPACE, LVA NRW

Datenquelle: CORINE, GD NRW

Austrian Research Centers GmbH - ARC  
Research Studios Austria - Studio ISPACE  
Leopoldskronstrasse 30, 5020 Salzburg, Austria  
ispace@researchstudio.at - ispace.researchstudio.at





## 11 Literaturverzeichnis

BBR, 2007, Stadt- und Gemeindetypen. – Bonn. (URL: [http://www.bbr.bund.de/cln\\_007/nn\\_103086/DE/Raumbeobachtung/Werkzeuge/Raumabgrenzungen/StadtGemeindetyp/download\\_karte\\_pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/download\\_karte\\_pdf.pdf](http://www.bbr.bund.de/cln_007/nn_103086/DE/Raumbeobachtung/Werkzeuge/Raumabgrenzungen/StadtGemeindetyp/download_karte_pdf,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/download_karte_pdf.pdf), Online: 19.10.2007)

BIOLOGIO (2007): Entwicklung und Ausbau regionaler Logistikstrukturen zur Förderung der nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse in Deutschland Landesbetriebes Straßenbau NRW und andere

BONN – Die Stadt, 2004: Klimaschutz in Bonn 1999 – 2004, Bonn; online: <http://www.bonn.de/imperia/md/content/umweltundgesundheit-planen-bauenundwohnen/umweltamt/broschuere-klimaschutz-25-8.pdf>

BONN, PV, online:

[http://www.bonn.de/umwelt\\_gesundheit\\_planen\\_bauen\\_wohnen/umweltschutz/klimaschutz\\_und\\_energie/regenerative\\_energien/04141/index.html?lang=de](http://www.bonn.de/umwelt_gesundheit_planen_bauen_wohnen/umweltschutz/klimaschutz_und_energie/regenerative_energien/04141/index.html?lang=de)

BONN, Solarthermie, online:

[http://www.bonn.de/umwelt\\_gesundheit\\_planen\\_bauen\\_wohnen/umweltschutz/klimaschutz\\_und\\_energie/regenerative\\_energien/04140/index.html?lang=de](http://www.bonn.de/umwelt_gesundheit_planen_bauen_wohnen/umweltschutz/klimaschutz_und_energie/regenerative_energien/04140/index.html?lang=de)

DANISH WIND ENERGY ASSOCIATION, online (14.11.2007):

[www.windpower.org/en/tour/wres/pow/](http://www.windpower.org/en/tour/wres/pow/)

DORFINGER (2007): Dorfinger, N. (2007): GIS unterstützte Vergleichsanalyse von Energieholzpotenzialen mit regionalen Wärmebedarfswerten. Diplomarbeit an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Karl-Franzens-Universität Graz. 141 S., 58 Abb., 46 Tab., 21 Karten, Graz

EMDE, B. (2005): Energetische Nutzung von Biomasse in Südwestfalen, Diplomarbeit an der Fachhochschule Südwestfalen

ENERGIEAGENTUR NRW, 50 Solarsiedlungen für NRW, online (12.11.2007):

<http://www.energieagentur.nrw.de/solarsiedlungen/siedlungen/default.asp?TopCa tID=5535&RubrikID=5535>

ENERGIEAGENTUR NRW, Thermische Solaranlagen, online (13.11.2007):  
<http://www.energieagentur.nrw.de/infografik/grafik.asp?TopCatID=3062&CatID=3129&RubrikID=3129>

ENERGIEAGENTUR NRW, Photovoltaik, online (13.11.2007):  
<http://www.energieagentur.nrw.de/infografik/grafik.asp?TopCatID=3062&CatID=3105&RubrikID=3110>

ENERGIEAGENTUR NRW, Wasserkraft; online 8.11.2007:  
<http://www.ea-nrw.de/wasserkraft/page.asp?TopCatID=5775&RubrikID=5775>

ENERGIEAGENTUR NRW, (2006): Prozentuale Anteile der 12 Stromverbrauchsbereiche in den verschiedenen Haushaltsgrößen. – Düsseldorf.  
(URL:  
[http://www.energieagentur.nrw.de/database/data/datainfopool/prozentuale\\_anteile\\_tabelle.pdf.pdf](http://www.energieagentur.nrw.de/database/data/datainfopool/prozentuale_anteile_tabelle.pdf.pdf) Online: 19.10.2007)

ENERGIEAGENTUR NRW, (2005): Broschüre Wasserkraftnutzung; online 31.10.2007:  
[http://www.energieland.nrw.de/database/data/datainfopool/broschuere\\_Wasserkraftnutzung.pdf](http://www.energieland.nrw.de/database/data/datainfopool/broschuere_Wasserkraftnutzung.pdf)

GEOLOGISCHER DIENST NRW, (2005): Geothermie in Nordrhein-Westfalen, Krefeld (URL:  
<http://www.energieagentur.nrw.de/database/data/datainfopool/Geothermie.pdf>)

ENERGIEAGENTUR NRW, 1997: Solaratlas für Nordrhein-Westfalen, Wuppertal (online, 13.11.2007; URL: <http://www.ea-nrw.de/database/data/datainfopool/Solaratlas.pdf>)

GEOLOGISCHER DIENST NRW (2004): Geothermie – Daten zur Nutzung des oberflächennahen geothermischen Potenzials, 2. Auflage - Basisversion, CD-ROM, ISBN 3-86029-706-6

GEOMAIN, online: [www.geomain.de](http://www.geomain.de) (17.11.2007))

HASLAUER, Eva (2005): Erkundung geothermaler Reservoirs in Salzburg zur möglichen Einkopplung von Geothermie in das Fernwärmenetz Salzburg, Diplomarbeit an der FH Joanneum, Kapfenberg

HOOGWIJK, 2004: Hoogwijk, M.: „On the global and regional potential of renewable energy sources“, Utrecht: University of Utrecht, ISBN: 90-393-3640-7

IFAS, 2004: Studie zur Weiterentwicklung der energetischen Verwertung von Biomasse in Rheinland-Pfalz; online (31.10.2007): <http://ifas.umwelt-campus.de/Biomassestudie-kurz.pdf>

IWR, 2007; Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR), Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWME) (2007): Zur Lage der Regenerativen Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen 2006, Münster

IWR, 2006; Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR), Studie im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen (MWME) (2006): Zur Lage der Regenerativen Energiewirtschaft in Nordrhein-Westfalen 2005, Münster

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, 2007: Biogasanlagen in NRW, online 31.10.2007: <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/technik/biogas/pdf/karte-biogasanlagen.pdf>

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NRW (2004)

Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen: Daten zur Landwirtschaft 2004

LDS NRW, 2006b, Fortschreibung der Wohngebäude- und Wohnungsbestände: Statistik 31231 (Räumliche Abdeckung: Land NRW, Kreis Rhein-Sieg, Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises; Zeitliche Abdeckung: 2003, 2006). – Düsseldorf. (URL: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/>, Online:19.10.2007)

LDS NRW, 2006c, Fortschreibung des Bevölkerungsstandes: Statistik 12411 ((Räumliche Abdeckung: Land NRW, Kreis Rhein-Sieg, Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises; Zeitliche Abdeckung: 2003, 2005, 2006). – Düsseldorf. (URL: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/>, Online:19.10.2007)

LDS NRW, 2006d, Monatsbericht im Verarbeitenden Gewerbe: Statistik 42111-15ir (Räumliche Abdeckung: Land NRW, Kreis Rhein-Sieg, Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises; Zeitliche Abdeckung: 2003, 2005, 2006). – Düsseldorf. (URL: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/>, Online:19.10.2007)

LDS NRW, 2006e, Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (Arbeitsort) nach Wirtschaftsabschnitten der WZ 2003 (z. T. zusammengefasst) und Geschlecht - Gemeinden - Stichtag: Statistik 13111-19ir (Räumliche Abdeckung: Land NRW, Kreis Rhein-Sieg, Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises; Zeitliche Abdeckung: 2003, 2005, 2006). – Düsseldorf. (URL: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/>, Online:19.10.2007)

LDS NRW, 2006f, Erwerbstätige und Arbeitnehmer (Inland) nach Wirtschaftsabschnitten (7) der WZ 2003 - kreisfreie Städte und Kreise - Jahr: Statistik 13312-06ir (Räumliche Abdeckung: Land NRW, Kreis Rhein-Sieg, Gemeinden des Rhein-Sieg-Kreises; Zeitliche Abdeckung: 2003, 2005, 2006). – Düsseldorf. (URL: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/>, Online:19.10.2007)

LDS NRW, 2006g, Erwerbstätige, Bund/Länder (Stand: 02/2007): Statistik 13311-04ir (Räumliche Abdeckung: Land NRW; Zeitliche Abdeckung: 2006). – Düsseldorf. (URL: <https://www.landesdatenbank.nrw.de/>, Online:19.10.2007)

LDS NRW, 2007; Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen (2007): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz in Nordrhein-Westfalen 2004

LDS NRW, 2007a, Kommunalprofil Rhein-Sieg-Kreis. – Düsseldorf. (URL: <http://www.lds.nrw.de/kommunalprofil/l05382.pdf>, Online: 8.11.2007)

LDS NRW, 2007, online:  
[http://www.lds.nrw.de/presse/pressemitteilungen/2007/pres\\_214\\_07.html](http://www.lds.nrw.de/presse/pressemitteilungen/2007/pres_214_07.html)  
(Online am 6.12.2007)

MITTLBÖCK, M. (2006): Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen, in Berichte aus Energie- und Umweltforschung, Nr. 58/2006, Bundesministerium für Verkehr, Innovation u. Technologie.

MUNLV NRW, 2007, NRW-Programm Ländlicher Raum 2007 – 2013. Düsseldorf. - URL: [https://www.munlv.nrw.de/landwirtschaft/nrw\\_programm/2007/index.php](https://www.munlv.nrw.de/landwirtschaft/nrw_programm/2007/index.php) (Online am 13.11.2007)

MUNLV, 2007a; Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Umweltbericht NRW 2006; Düsseldorf

MUNLV, 2007b; Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Landeswaldbericht Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf

MUNLV, 2007c: Ministerium für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen: Abfallbilanz Nordrhein-Westfalen für Siedlungsabfälle 2006, Düsseldorf

MUNLV Online, 7.11.2007:

<http://www.lanuv.nrw.de/landwirtschaft/flaechenbewirt/flaechenbewirt.htm>

NEUBARTH; J., KALTSCHMITT, M. (2000): Erneuerbare Energien in Österreich, Springer-Verlag, Wien

RHEIN-SIEG-KREIS, 2007: Zahlen und Fakten auf einen Blick 2007, Siegburg (URL: [http://www.rhein-sieg-kreis.de/imperia/md/content/cms100/wirtschaft2/daten\\_fakten/zahlenspiegel\\_2007\\_rsk.pdf](http://www.rhein-sieg-kreis.de/imperia/md/content/cms100/wirtschaft2/daten_fakten/zahlenspiegel_2007_rsk.pdf))

RHEIN-SIEG-KREIS, online (14.12.2007): [www.rhein-sieg-kreis.de](http://www.rhein-sieg-kreis.de)

SCHAUMBERGER, A. (2006): Implementierung des Trockenschadenmodells in einem Geographischen Informationssystem (GIS) als Grundlage für die praktische Anwendung, 2.Klimaseminar 19. Jänner 2006, Höhere Bundeslehr- und Forschungsanstalt für Landwirtschaft, A-8952 Irdning

SCHLOMANN ET AL. (2004): „Energieverbrauch der privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)“, Abschlussbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit.

SCHULTE, A. et al. (2003): Clusterstudie Forst & Holz, Gesamtbericht; Auftraggeber: Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung NRW; Juni 2003

SRU (2007): Klimaschutz durch Biomasse, Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU); <http://www.umweltrat.de>; Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin 2007

STADT BONN, Amt für Umwelt, Verbraucherschutz und Lokale Agenda, persönliche Auskunft von Joachim Helbig am 19.12.2007

STG BRAUNSBURG, 2007, online: <http://www.stgbraunsberg.de>

Umsetzungsbericht 2005 zum Klimaschutzkonzept NRW (2005), online  
31.10.2007: [http://www.bund-  
nrw.de/documents/Umsetzungsbericht\\_Endfassung\\_14-3-05.pdf](http://www.bund-nrw.de/documents/Umsetzungsbericht_Endfassung_14-3-05.pdf)

UNIVERSITÄT HANNOVER, 2005  
<http://www.iese.uni-hannover.de/lehrange/VorlUnterlagen/NK/Geothermie.pdf>

VDEW, 2007, Energie-Info. Endenergieverbrauch in Deutschland 2005. - Berlin.

Wasserwirtschaftsamt Deggendorf, online (6.11.2007):  
<http://www.wwa-deggendorf.bayern.de/daten/geologie/streicher.pdf>