

Diplomarbeit

**Räumliche Potenzialanalyse und Einsatz erneuerbarer Energieträger
am Beispiel des Bezirks Baden (NÖ)**

Ein Beitrag zur regionalen Energieraumplanung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von
Univ.Prov. Dipl.-Ing. Sibylla Zech
E280-07

Institut für Raumplanung - Forschungsbereich Regionalplanung und Regionalentwicklung

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von
Daniel Youssef
Matr. Nr. 00728526

Wien, im April 2019

Kurzfassung

Der Ausbau erneuerbarer Energien, die Reduktion des Energiebedarfs und die Steigerung der Energieeffizienz sind wesentliche strategische Leitziele der Klima- und Energiepolitik. Diese drei Handlungsfelder sind ebenfalls in den Planungszielen und Grundsätzen der Energieraumplanung verankert, welche in Übereinstimmung mit den übergeordneten politischen Zielen bezüglich Klimaschutz und Energiewesen entwickelt wurden. In diesem Kontext stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten der Raumplanung, die räumlichen und funktionellen Voraussetzungen zu schaffen, um Energie einzusparen, sowie eine Energieversorgung mit lokalen bzw. regionalen erneuerbaren Energieträgern zu fördern. Es ist eine interkommunal koordinierte Raumentwicklung anzustreben, um einerseits effiziente und energiesparende Siedlungsstrukturen zu realisieren, sowie andererseits Flächen für die Nutzung erneuerbarer Energien auszuweisen.

Der Fokus dieser Diplomarbeit liegt auf den theoretischen und technischen Grundlagen erneuerbarer Energien, den dazugehörigen Verfahren der Geoinformatik zur räumlichen Energiepotenzialanalyse sowie Raumplanungsinstrumenten für die Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger. Die Kenntnis der räumlichen Energiepotenziale stellt für die Raumplanung eine Grundlage zur Entwicklung von örtlichen und überörtlichen Energiekonzepten bzw. Raumordnungsprogrammen dar. Am Beispiel des Bezirks Baden in Niederösterreich, welcher als Energieregion betrachtet wird, wird eine GIS-gestützte räumliche Potenzialanalyse durchgeführt, um das Verhältnis der regionalen erneuerbaren Energiepotenziale zum aktuellen Energiebedarf der Sektoren Industrie, Dienstleistungen und private Haushalte zu erforschen. In weiterer Folge werden raumrelevante Steuerungsinstrumente betrachtet, die den Einsatz erneuerbarer Energien auf regionaler und kommunaler Ebene forcieren können, um in einer abschließenden Beurteilung die Handlungsmöglichkeiten der Energieraumplanung aufzuzeigen. Es ist festzuhalten, dass die formellen und informellen Raumplanungsinstrumente das Potenzial besitzen, energieeffiziente Siedlungsstrukturen zu schaffen und den Einsatz erneuerbarer Energien zu fördern. Hierzu müssen die Grundsätze und Ziele der Energieraumplanung im formellen Instrumentarium verankert werden, damit die Handlungsfähigkeit der Raumplanung erhöht wird.

Abstract

The expansion of renewable energies, the reduction of energy demand and the increase in energy efficiency are key objectives of climate and energy policy. These three fields of action are also anchored in the planning objectives and principles of energy planning, which were developed in accordance with the overarching political goals regarding climate protection and energy. In this context, the question arises of the possibilities of spatial planning to create the spatial and functional prerequisites in order to save energy and to promote an energy supply with local or regional renewable energy sources. The aim is to create an inter-municipal coordinated spatial development in order to realize energy-efficient settlement structures and identify areas for the use of renewable energies.

The focus of this thesis is on the theoretical and technical fundamentals of renewable energies and the associated geoinformatics methods for spatial energy potential analysis as well as spatial planning instruments for promoting the use of renewable energy sources. The knowledge of the spatial energy potentials provides a basis for the development of local and supra-local energy concepts or spatial planning programs. Using the example of the district Baden in Lower Austria, which is considered as an energy region, a GIS-based spatial potential analysis is carried out to investigate the ratio of regional renewable energy sources to the current energy demand of the sectors industry, services and private households. In further consequence space-relevant instruments are considered which can accelerate the use of renewable energies at regional and municipal level in order to show in a final assessment the possibilities of energy planning actions. It is noted that formal and informal spatial planning instruments have the potential to create energy-efficient settlement structures and increase the use of renewable energies. However, the principles and objectives of energy planning must be anchored in the formal set of instruments to increase the ability to act in regional planning.

Widmung und Danksagung

Ich widme diese Arbeit meinen Eltern sowie meinem Bruder und bedanke mich sogleich, dass sie mich im Laufe meines Bildungsweges stets unterstützt haben. Ich danke auch all meinen Freundinnen und Freunden, die mir während des Arbeitsprozesses zur Seite standen.

Besonderer Dank gilt meiner Hauptbetreuerin Univ.Prov. Dipl.-Ing. Sibylla Zech und meinem Co-Betreuer Univ.Ass. Dr.techn. Dipl.-Ing. Hartmut Dumke für ihre exzellente Beratung im Rahmen dieser Diplomarbeit. Die hilfreichen Informationen und guten Ratschläge haben wesentlich zur Qualität dieser Arbeit beigetragen.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei Herrn Dipl.-Ing. Norbert Ströbinger und dem Amt der Niederösterreichischen Landesregierung für die Bereitstellung von Geodaten, wodurch die Analyseergebnisse und der Lerneffekt optimiert werden konnten.

Abkürzungsverzeichnis

A

A · Fläche
Abs. · Absatz
AG · Aktiengesellschaft
Anm. · Anmerkung
APG · Austrian Power Grid
Art. · Artikel

B

BFW · Bundesforschungs- und Ausbildungs-zentrum für
Wald, Naturgefahren und Landschaft
BGBl. · Bundesgesetzblatt
BMVI · Bundesministerium für Verkehr und digitale
Infrastruktur
BO · Bauordnung
bspw. · beispielsweise
B-VG · Bundes-Verfassungsgesetz
bzw. · beziehungsweise

C

ca. · circa
CLC · CORINE Land Cover

D

DGM · Digitales Geländemodell
DHM · Digitales Höhenmodell
DOM · Digitales Oberflächenmodell

E

EG · Europäische Gemeinschaft
et al. · et alii (und andere)
etc. · et cetera
EU · Europäische Union
evtl. · eventuell

G

GIS · Geografisches Informationssystem
GWh · Gigawattstunde

H

h · Stunde
H · (Fall)Höhe
ha · Hektar
HAÖ · Hydrologischer Atlas Österreich
hPa · Hektopascal

I

idF. · in der Fassung
IKT · Informations- und Kommunikationstechnologie

J

J · Joule

K

K · Kelvin
KEM · Klima- und Energiemodellregion
KE nG · Kantonales Energiegesetz
km · Kilometer
km² · Quadratkilometer
KMU · Klein- und Mittelunternehmen
kV · Kilovolt
kW · Kilowatt
kWh · Kilowattstunde
KWK · Kraft-Wärme-Kopplung
kWp · Kilowattpeak

L

LEADER · Verbindung zwischen Aktionen zur Entwicklung
der ländlichen Wirtschaft
LED · Leuchtdiode
LGBl. · Landesgesetzblatt

M

m · Meter
m² · Quadratmeter
m³ · Kubikmeter
mm · Millimeter
MW · Megawatt
MWh · Megawattstunde

N

Nm · *Newtonmeter*
NÖ · *Niederösterreich*

O

ÖREK · *Österreichisches Raumentwicklungskonzept*
ÖROK · *Österreichische Raumordnungskonferenz*
ÖV · *Öffentlicher Verkehr*

P

P · *Leistung*
PJ · *Petajoule*
PPP · *Public-Private-Partnership*
PV · *Photovoltaik*

Q

Q · *Durchfluss*

R

ROG · *Raumordnungsgesetz*

S

s · *Sekunde*
STEP · *Stadtentwicklungsplan*

T

t · *Zeit*
TU · *Technische Universität*
TWh · *Terawattstunde*

U

u. a. · *unter anderen*
UNESCO · *Organisation der Vereinten Nationen für
Erziehung, Wissenschaft und Kultur*

V

v · *Windgeschwindigkeit*
V · *Volumen*
v. a. · *vor allem*
VDI · *Verein Deutscher Ingenieure, Verein Deutscher
Ingenieure*

W

W · *Watt*
Wh · *Wattstunde*
Wp · *Wattpeak*
Ws · *Wattsekunde*

Z

Z · *Ziffer*
z. B. · *zum Beispiel*
ZAMG · *Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik*

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
1.1. Einführung in die Thematik	1
1.2. Darlegung der Problematik.....	2
1.3. Zielsetzung und Forschungsinteresse.....	3
1.4. Theoretischer Rahmen	4
1.5. Energierrelevante Begriffe	6
1.6. Methodische Vorgehensweise	7
2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung.....	9
2.1. Theoretische und technische Grundlagen erneuerbarer Energieträger	9
2.1.1. Solarenergie	11
2.1.2. Wasserkraft	20
2.1.3. Windenergie	24
2.1.4. Biomasse	28
2.1.5. Geothermie und Umgebungswärme.....	32
2.2. Methoden der räumlichen Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger.....	35
2.2.1. Solarenergiepotenzial.....	37
2.2.2. Wasserkraftpotenzial	42
2.2.3. Windkraftpotenzial.....	45
2.2.4. Biomassepotenzial.....	48
2.2.5. Geothermiepotenzial	52
2.2.6. Umgebungswärmepotenzial	55
2.3. Zwischenfazit	57
3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden	64
3.1. Daten und Fakten zum Bezirk Baden.....	64
3.1.1. Energiebedarf und Verbrauchsstruktur	65
3.1.2. Energieversorgung und Nutzung erneuerbarer Energien	66
3.2. Räumliche Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger im Bezirk Baden.....	71
3.2.1. Solarenergiepotenzialanalyse	72
3.2.2. Wasserkraftpotenzialanalyse	80
3.2.3. Windkraftpotenzialanalyse	82
3.2.4. Biomassepotenzialanalyse	84
3.2.5. Geothermiepotenzialanalyse	86

3.2.6.	Umgebungswärmepotenzialanalyse	91
3.3.	Zwischenfazit	92
4.	Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien	95
4.1.	Grundsätze, Ziele und Handlungsfelder der Energieraumplanung.....	96
4.2.	Instrumente des Bundes und des Landes Niederösterreich	98
4.2.1.	Energiestrategie Österreich.....	98
4.2.2.	Österreichisches Raumentwicklungskonzept (ÖREK 2011).....	100
4.2.3.	NÖ Energiefahrplan 2030	102
4.2.4.	Niederösterreichisches Raumordnungsgesetz 2014 (NÖ ROG 2014)	103
4.3.	Instrumente und Maßnahmen auf regionaler und kommunaler Ebene	105
4.3.1.	Überörtliche und sektorale Raumordnungsprogramme.....	105
4.3.2.	Klima- und Energiemodellregionen.....	107
4.3.3.	e5-Landesprogramm für energieeffiziente Gemeinden.....	110
4.3.4.	Örtliches Raumordnungsprogramm.....	113
4.3.5.	Flächenwidmungsplan.....	114
4.3.6.	Bebauungsplan	115
4.4.	Good-practice und weitere informelle Instrumente.....	116
4.4.1.	Energierichtplanung (Schweiz).....	116
4.4.2.	Weitere Steuerungsinstrumente.....	120
4.5.	Zwischenfazit	125
5.	Resümee.....	129
5.1.	Fazit und Reflexion	129
5.2.	Handlungsempfehlungen	132
5.3.	Ausblick.....	133
6.	Literatur- und Quellenverzeichnis	135
7.	Abbildungs-, Tabellen-, Diagramm- und Kartenverzeichnis	148

1. Einleitung

1.1. Einführung in die Thematik

Die Energie- und Klimaziele der Europäischen Union wurden von den Regierungschefs im Jahr 2007 festgelegt. 2009 wurden Rechtsvorschriften erlassen, welche sicherstellen sollen, dass diese Ziele bis 2020 verwirklicht werden können. In der Richtlinie über Energie aus erneuerbaren Quellen (EU-Richtlinie 2009/28/EG) sind für EU-Länder „verbindliche nationale Ziele zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energiequellen an ihrem Energieverbrauch bis 2020“ definiert.¹ Für Österreich ist der „Zielwert für den Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Bruttoendenergieverbrauch im Jahr 2020“ mit 34 % festgelegt (23,3 % im Jahr 2005).² Die Energie- und Klimapolitik der EU hat sich bis 2020 das Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % gegenüber 1990 zu verringern, 20 % der Energie aus erneuerbaren Ressourcen zu gewinnen und die Energieeffizienz um 20 % zu steigern. Die Ziele für 2030 sind u. a., dass mindestens 27 % der Energie aus erneuerbaren Quellen stammen und die Energieeffizienz um 27-30 % gesteigert wird. Durch die weitere Förderung erneuerbarer Energieträger in Kombination mit Energieeffizienzmaßnahmen, sollen die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80-95 % gegenüber dem Jahr 1990 verringert werden.³ Um die Zielvorgaben der EU-Richtlinien zu erreichen wurde die *Energiestrategie Österreich* entwickelt, welche die Schwerpunkte einer zukünftigen Energie- und Klimapolitik darstellt und Maßnahmen für eine erfolgreiche Umsetzung vorschlägt. Es wird auf drei Strategiesäulen aufgebaut, die im Wesentlichen die Themen Energieeffizienz, Energieeinsparung und Ausbau der erneuerbaren Energien behandeln.⁴ Bezüglich der Nutzung erneuerbarer Energieträger wird ausgeführt: „Der Ausbau Erneuerbarer Energien hat in Österreich enorme Bedeutung für die nationale Eigenversorgung und Stärkung der Energieversorgungssicherheit, schafft neu hochqualifizierte Arbeitsplätze, stärkt die Wettbewerbsfähigkeit und ist zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele eine Notwendigkeit.“⁵

Im *NÖ Energiefahrplan 2030* wird für den Energiebereich das ambitionierte Ziel ausgegeben, im europäischen und weltweiten Spitzenfeld vorangehen zu wollen. Unter dem Motto „erneuerbar - regional - unabhängig“ will Niederösterreich möglichst unabhängig von Energieimporten werden.⁶ Mit den drei Säulen zur Erhöhung der Unabhängigkeit, der Versorgungssicherheit und zum Klimaschutz will Niederösterreich über die europäischen und österreichischen Zielsetzungen hinausgehen. Der Fokus liegt hierbei auf der Reduktion des Energieverbrauchs, dem Umstieg auf erneuerbare Energien und einem ressourcensparenden Lebensstil.⁷

Es zeigt sich, dass die klima- und energiepolitischen Ziele vorrangig über die Steigerung der Energieeffizienz respektive eine Senkung des Energieverbrauchs und den Umstieg auf erneuerbare Energieträger erreicht werden sollen. Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung sind hierbei

¹ Vgl. Europäische Kommission 2017: online

² Vgl. Richtlinie 2009/28/EG

³ Vgl. Europäische Union 2017: online

⁴ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend/ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 7

⁵ Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend/ Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 7

⁶ Vgl. Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 5

⁷ Vgl. Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 5, 9

vorrangig auf einer kleinräumigen Ebene bedeutend. Auf Objektebene sind die bauphysikalische Qualität bezüglich der Wärmedämmung und die technische Gebäudeausstattung von Bedeutung für den Energieverbrauch, der auch von der technologischen Entwicklung abhängt. Auf Quartiersebene besteht die Möglichkeit über dichtere Siedlungs- und Bebauungsstrukturen den Heizwärmebedarf zu senken. In Bezug auf die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien kann die regionale Ebene mit ihren vielfältigen, naturräumlichen Potenzialen an regenerativen Ressourcen als Energieproduzent betrachtet werden.

1.2. Darlegung der Problematik

In Österreich werden 30 % des Energiebedarfs durch inländische Produktion gedeckt, während der restliche benötigte Anteil in Form von fossilen Energieträgern importiert wird.⁸ Die Raumplanung und Raumordnung wirkt direkt auf die Gestaltung der Energieversorgung und Energienutzung ein. Des Weiteren kann bei der Gestaltung der Siedlungsstrukturen der benötigte Energiebedarf beeinflusst werden, beispielsweise aufgrund der Lage und Form von Siedlungen oder der Nutzungsverteilung im Raum, welche die Mobilitätsstrukturen determiniert. Diese Faktoren haben einerseits Auswirkungen auf den Energiebedarf und andererseits Einfluss auf die Art und Weise der Energieversorgung.⁹

Energieeinsparungsmaßnahmen, die Steigerung der Energieeffizienz sowie die Versorgung mit erneuerbaren Energieträgern sind wesentliche Aspekte der angestrebten Energiewende, was zu neuen Herausforderungen für die Raumplanung führt.¹⁰ Eine regionale Energieplanung (Energieraumplanung), welche auf die spezifischen Energiepotenziale einer Region ausgerichtet ist, kann einen wesentlichen Beitrag bezüglich einer naturverträglichen Energiewende leisten. Hierbei gilt es zukünftig verstärkt daran zu arbeiten, dass bei der Energiebereitstellung fossile Energieträger durch erneuerbare Energien ersetzt werden, wodurch der Anspruch an eine klimaneutrale (Energie-) Produktion erfüllt wird. Bei der Entwicklung und Umsetzung von Nutzungskonzepten erneuerbarer Energien sind Geografische Informationssysteme (GIS) von hoher Relevanz, um teils komplexe räumliche Beziehungen zu analysieren. Zur Identifizierung der verfügbaren, regenerativen Energieträger stehen Methoden der Geoinformatik zur Verfügung, die sich beispielsweise auch auf Potenzialstudien für erneuerbare Energien, auf Raumplanungsaspekte oder Kataster der verschiedenen Energiearten beziehen.¹¹ Die Nutzung der regional erschließbaren Ressourcen wird dabei auf Basis der räumlichen Planungsinstrumente, wie beispielsweise einem integrierten regionalen Energiekonzept oder Raumordnungsprogramm realisiert.¹²

Die differenten naturräumlichen Gegebenheiten von Regionen, mit ihren verschiedenen Flächenpotenzialen zur Produktion erneuerbarer Energie, führen zu einem unterschiedlichen Angebot von Energieträgern, womit sich ein regional spezifischer Energiemix ergibt. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten von Regionen, durch die Nutzung der verfügbaren Potenziale an erneuerbaren Energien, wie Sonnenenergie, Wasserkraft, Windkraft, Biomasse und Geothermie, den Anteil regionaler Ressourcen für die Energieversorgung zu erhöhen. Um eine erste Planungsgrundlage zu schaffen, damit der Ausbau erneuerbarer Energie forciert werden kann, ist es

⁸ Vgl. Rosner 2013: 125

⁹ Vgl. Hemis/Bork 2013: 30

¹⁰ Vgl. Stöglehner/Hasselsberger 2013: 13

¹¹ Vgl. Bill/Flach/Klammer/Lerche 2012: Vorwort

¹² Vgl. Kanning 2013: 63

notwendig eine Quantifizierung und Lokalisierung der verfügbaren Potenziale vorzunehmen.

1.3. Zielsetzung und Forschungsinteresse

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird nach einem theoretischen Abschnitt, in dem die Grundlagen erneuerbarer Energieträger erarbeitet werden, der Bezirk Baden in Niederösterreich bezüglich seines energetischen Status quo und seiner Potenziale an regenerativen Energieträgern analysiert. Hiermit sollen Schlussfolgerungen gezogen werden, inwieweit eine Steigerung des Eigendeckungsgrads bei der Energiebereitstellung theoretisch möglich wäre. Abschließend soll eine Analyse raumplanungsrelevanter Steuerungsinstrumente stattfinden, mittels derer ein Ausbau erneuerbarer Energien forciert werden kann.

Es wird die benötigte Energie zur Bereitstellung von Elektrizität und Wärme für Haushalte, Industrie- und Dienstleistungsunternehmen betrachtet. Der Energiebedarf, welcher durch die Mobilität von Personen und Gütern anfällt, wird im Rahmen dieser Analyse nicht einbezogen, da einerseits bei der Produktion von Bio-Treibstoff eine zusätzliche Flächenkonkurrenz gegenüber der agrarischen Lebensmittelproduktion entsteht und andererseits die Verbreitung der Elektromobilität über einen mittel- bis langfristigen Zeitraum schwierig zu prognostizieren ist. Die berechneten Energiepotenziale können allerdings als Grundlage zur Szenarienbildung, auch hinsichtlich eines gesteigerten Strombedarfs im Bereich der Elektromobilität, dienen. Hierbei sind auch künftige Entwicklungen in Bezug auf sich ändernde Mobilitätsstrukturen zu beachten.

Für eine regionale Energieproduktion aus erneuerbaren Ressourcen sind Potenzialflächen für die Nutzung von Sonnenenergie, Wasserkraft, Windkraft, Biomasse und Geothermie von Bedeutung. Bei GIS-gestützten Verfahren zur Potenzialmodellierung ist zu beachten, dass die Analysemodelle zur Ermittlung von Flächen für erneuerbare Energien und zur Quantifizierung eines möglichen Energieertrags in kWh/a, eine hohe Datenqualität als auch -quantität erfordern.¹³ Falls keine gute Datenverfügbarkeit bezüglich einiger relevanter Parameter gegeben ist, wird nach Möglichkeit mit Schätzverfahren gearbeitet. Die Operationalisierung der theoretisch möglichen Energieerträge der Potenzialflächen für erneuerbare Energien erfolgt über die Produktionseinheit m^2 pro kWh und Jahr [$\text{m}^2/(\text{kWh}\cdot\text{a})$] bzw. in kWh pro m^2 und Jahr [$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$]. Dies ermöglicht eine Aggregation der Daten auf unterschiedliche räumliche Ebenen. In der Forschungsarbeit *ERP_hoch3* wurde ein Katalog erstellt, in dem Flächenpotenziale regenerativer Energieträger mit eben dieser Energieproduktionseinheit, differenziert nach Elektrizität und Wärme quantifiziert werden.¹⁴

Ausgehend von der Erarbeitung der theoretischen Grundlagen erneuerbarer Energieträger und den zur Verfügung stehenden Methoden der Bestandsaufnahme und -analyse wird zunächst der Bezirk Baden, an dieser Stelle als Energieregion definiert, auf seinen energetischen Status quo und bereits vorhandene Energiekonzepte untersucht. Darauf folgend werden die theoretisch verfügbaren Potenziale je regenerativen Energieträger, GIS-gestützt, quantifiziert und gegebenenfalls lokalisiert, um anschließend die technischen Potenziale und reduzierten technischen Potenziale, unter Berücksichtigung der raumrelevanten Restriktionen, darzustellen. Des Weiteren sollen die Möglichkeiten der Raumplanung und Raumordnung, mit den zur Verfügung stehenden Instrumenten, hinsichtlich der Nutzung verfügbarer regenerativer Ressourcen zur Energieversorgung, analysiert

¹³ Vgl. Schicketanz 2012: 21

¹⁴ Vgl. Dumke/Fischbäck/Hirschler/Kronberger-Nabielek et al.: 257

werden.

In diesem Kontext werden folgende zentrale Fragestellungen formuliert:

Forschungsfragen

1. Welche Analyseverfahren stehen der räumlichen Grundlagenforschung zur Verfügung, um regionale Potenziale erneuerbarer Energieträger zu lokalisieren und quantifizieren?
2. In welchem Verhältnis steht das Jahrespotenzial der regional verfügbaren erneuerbaren Energien zum jährlichen Endenergiebedarf an Elektrizität und Wärme für private Haushalte, Industrie- und Dienstleistungsunternehmen im Bezirk Baden?
3. Mit welchen raumplanerischen Steuerungsinstrumenten kann der Einsatz erneuerbarer Energieträger im Bezirk Baden gefördert werden? Inwiefern können diese bestehenden und/oder neuen Instrumente dazu beitragen die vorhandenen und erschließbaren Energiepotenziale besser nutzbar zu machen?

Hypothesen

1. Das eingeschränkte technische Jahrespotenzial der regional verfügbaren erneuerbaren Energieträger im Bezirk Baden steht in einem positiven Verhältnis zum jährlichen Endenergiebedarf an Elektrizität und Wärme, für die Sektoren private Haushalte, sowie Industrie- und Dienstleistungsunternehmen.
2. Die bestehenden raumplanerischen Steuerungsinstrumente sind in ihrer (inter)kommunalen Verbindlichkeit und Wirksamkeit zu schwach, um den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergiebedarf des Bezirks Baden zeitnah (mittelfristig), erheblich zu erhöhen.

1.4. Theoretischer Rahmen

Im Materialienband zur Energieraumplanung der ÖROK wird Energieraumplanung wie folgt definiert: „*Energieraumplanung ist jener integrale Bestandteil der Raumplanung, der sich mit den räumlichen Dimensionen von Energieverbrauch und Energieversorgung umfassend beschäftigt*“¹⁵. Der Begriff trat erstmals in der Energiekrise 1973 in Erscheinung. Es wird bereits seit über 40 Jahren der Zusammenhang zwischen Raum- bzw. Siedlungsstrukturen und Energieverbrauch diskutiert sowie erforscht. Eine umfangreiche Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse ist bisher jedoch nicht erfolgt. Dies hat mehrere Ursachen, wie beispielsweise die hohe Komplexität der Energieraumplanung als Querschnittsmaterie bezüglich der involvierten Disziplinen, sowie der Vielzahl an Akteurinnen und Akteuren mit meist differierenden Interessen.¹⁶ „*Aktive Raumplanung kann wesentliche Impulse zu Energieeinsparungen und zum Umstieg auf erneuerbare Energieträger geben. Raumplanung hat im Hinblick auf die globalen und lokalen Energieengpässe und den Bedarf an erneuerbaren Energiequellen daher neue Aktualität und unvermutete Aufmerksamkeit gewonnen.*“¹⁷ Hinsichtlich des Ausbaus erneuerbarer Energieträger werden Flächen für die Produktion, Speicherung und den Transport der Energie benötigt. Die Raumplanung kann hierbei einen wesentlichen Beitrag liefern, um diese Raumansprüche zu koordinieren. Da der Nutzungsdruck auf erneuerbare Ressourcen steigen wird, sind

¹⁵ Stöglehner et al. 2014: 9

¹⁶ Vgl. Stöglehner et al. 2014: 9

¹⁷ Giffinger/Zech 2013: 8

1. Einleitung

Interventionen seitens der Raumplanung und Raumordnung zur Ressourcensicherung zu erwarten. Die nominelle Raumplanung kann beispielsweise über die Ausweisung von Eignungs-, Vorrang- oder Ausschlussflächen eine Grundlage für die Erschließung und Nutzung erneuerbarer Energieträger schaffen, wobei anzumerken ist, dass die Entwicklung weiterer Planungsinstrumente wie (regionale) Energie- und Ressourcenkonzepte von großer Bedeutung ist.¹⁸ Auf regionaler Ebene stellen jedoch der geringe rechtliche und organisatorische Institutionalierungsgrad sowie ein Mangel an erprobten oder normierten Steuerungsinstrumenten mit Energiebezug Herausforderungen für die Raumplanung dar. Es ist allerdings festzustellen, dass energierelevante Steuerungsinstrumente über das regulative Planungssystem hinausgehen. Sie umfassen beispielsweise kommunikative und bewusstseinsbildende, finanzierende, marktaktivierende, standortentwickelnde sowie prozessuale Verfahrensweisen.¹⁹

In diesem Kontext ist auch ein Ressourcenmanagementsystem von Vorteil, um verfügbare erneuerbare Energieträger identifizieren, zuweisen und effizient einsetzen zu können. Als Ressourcenmanagement wird allgemein eine effiziente und transparente Steuerung von knappen Ressourcen zur Zielerreichung verstanden.²⁰ „Damit Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Ressourceneinsparung auch umgesetzt werden können, muss das ‚Betrachtungsobjekt‘ klar definiert sein. Dazu gehört es die Systemgrenzen eindeutig zu bestimmen. Betrachtungsobjekte können dabei Prozesse, Betriebe, Gemeinden oder auch eine Region sein.“²¹ Im Zuge dieser Arbeit wurde der regionale Maßstab als relevante Handlungsebene für die Förderung eines effizienten Ressourceneinsatzes identifiziert, um einen Beitrag zur umweltverträglichen Energiewende zu leisten. Bei Regionen handelt es sich insofern um eine interessante räumliche Betrachtungsebene, weil die verfügbaren Energieträger je Betrachtungsraum variieren und somit auch ein differenzierter Energiemix, welcher wiederum Auswirkungen auf die Gestaltung des Energieversorgungssystems hat, anzuwenden ist. Hinsichtlich der Energieverteilung und -versorgung ist festzuhalten, dass auf regionaler Ebene Transportverluste minimiert werden können, da die räumliche Nähe zwischen ErzeugerIn und VerbraucherIn gegeben ist.

Gerade auf regionaler Ebene herrscht noch Handlungsbedarf bezüglich der Organisation der Energieraumplanung. Hierzu gehören beispielsweise die Klärung von Zuständigkeiten und Kapazitäten, die Zusammenarbeit unter verschiedenen Interessensvertretungen, die Erarbeitung von Lösungsansätzen hinsichtlich möglicher Planungskonflikte und gut funktionierende öffentlich-private Geschäftsmodelle, damit regionale Entscheidungsprozesse beschleunigt werden können. Eine entscheidende Grundlage hierfür stellen Geodaten und deren Auswertung dar, um eine nachhaltige Energieplanung umzusetzen.²²

Die Research Studios Austria iSPACE beschäftigen sich mit der GIS-basierten Entwicklung von Modellen, zur Synthese und Darstellung energiesystemrelevanter räumlicher Sachverhalte.²³ Im Projekt Energie und Raumentwicklung der Research Studios Austria iSPACE, welches im Auftrag der ÖROK in den Jahren 2007-2008 durchgeführt wurde, standen die Ermittlung und Darstellung von erneuerbaren Energiepotenzialen im Fokus der Forschungsarbeit. Dabei erfolgte die Modellierung unter Zuhilfenahme von angewandten Methoden der Geoinformatik, wodurch die Ergebnisse auch in

¹⁸ Vgl. Stöglehner et al. 2014: 9

¹⁹ Vgl. Dumke/Fischbäck/Hirschler/Kronberger-Nabielek et al. 2014: 18, 20

²⁰ Thalhammer 2008: 5

²¹ Dell 2013: 137

²² Vgl. Knies 2012: 122

²³ Vgl. Prinz et al. 2009: 29

1. Einleitung

Kartenform dargestellt werden können. Des Weiteren wurde die mögliche Wirkung von Raumordnungsinstrumenten auf den Ausbau erneuerbarer Energien analysiert und aufgezeigt. Die gewonnenen Erkenntnisse können hierbei als Entscheidungsunterstützung für energiepolitische Planungen bzw. Strategien dienen, welche zum Ziel haben, den regionalen Energiebedarf möglichst mit lokal verfügbaren, regenerativen Energieträgern zu decken.²⁴ Die entwickelten Methoden werden auf Ebene der Bundesländer respektive optional auf Bezirksebene angewandt, um die energetische Situation eines Betrachtungsraums darzustellen. Im Mittelpunkt steht die Analyse der räumlichen Potenziale aus Solarkraft, Wasserkraft, Biomasse, Windkraft, hydrothermalen und oberflächennaher Geothermie sowie Umgebungswärme.²⁵

Als Grundlage für die Potenzialmodellierung erneuerbarer Energieträger, mittels GIS-Instrumenten, ist eine gute Datenverfügbarkeit von Relevanz. Damit für kleinräumige Ebenen wie Gemeinden und Regionen Analysen durchgeführt werden können, sollte die räumliche Auflösung der Daten so detailreich wie möglich sein. Eine gute Bezugsbasis hierfür stellen kleinräumige Rasterdaten im Ausmaß von 50 x 50 m, 100 x 100 m oder 250 x 250 m dar, wobei diese Bestandsdaten idealerweise flächendeckend im Rahmen der Länder-GIS-Systeme bereitgestellt werden sollten. Die öffentliche Bereitstellung von Bestandsdaten sollte möglichst kostenlos oder kostengünstig erfolgen. Geografische Informationssysteme von öffentlichen Institutionen bieten eine gute Basis für die Bereitstellung der Daten sowie für das Angebot von Potenzialinformationen.²⁶

1.5. Energierrelevante Begriffe

Als Energie bezeichnet man die Fähigkeit eines Systems äußere Wirkungen hervorzubringen. Durch die Zufuhr oder Abgabe von Arbeit ist es möglich, die Energie eines Körpers zu verändern. Die Energie kann dabei in zahlreichen verschiedenen Zuständen auftreten.²⁷ Es kann zwischen mechanischer Energie (potenzielle und kinetische Energie), thermischer, elektrischer sowie chemischer Energie als auch Kern- und Strahlungsenergie differenziert werden. In der praktischen Anwendung tritt Energie in Form von Kraft, Wärme und Licht in Erscheinung. Bei der chemischen Energie sowie der Kern- und Strahlungsenergie muss die Energieform allerdings zunächst in mechanische oder thermische Energie umgewandelt werden. Unter einem Energieträger wird ein Rohstoff verstanden, aus dem direkt oder durch Umwandlungsverfahren End- bzw. Nutzenergie bereitgestellt werden kann. Daher werden Energieträger je nach Umwandlungsgrad in Primär-, Sekundär- und Endenergieträger eingeteilt.²⁸ Abbildung 1 beschreibt diese Klassifizierung und stellt schematisch die Verluste innerhalb der Energiewandlungskette dar.

Energie wird mit der Einheit J (Joule), Ws (Wattsekunde) oder Nm (Newtonmeter) beschrieben, was aus den geltenden SI-Einheiten (Internationales Einheitensystem) abgeleitet ist. Leistung wird mit der Einheit W (Watt) definiert und gibt an, in welchem Zeitraum eine Arbeit ausgeführt wird. Sie wird durch die Ableitung der Arbeit nach der Zeit definiert.²⁹

²⁴ Vgl. Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH o.J.: online

²⁵ Vgl. Prinz et al. 2009: 29

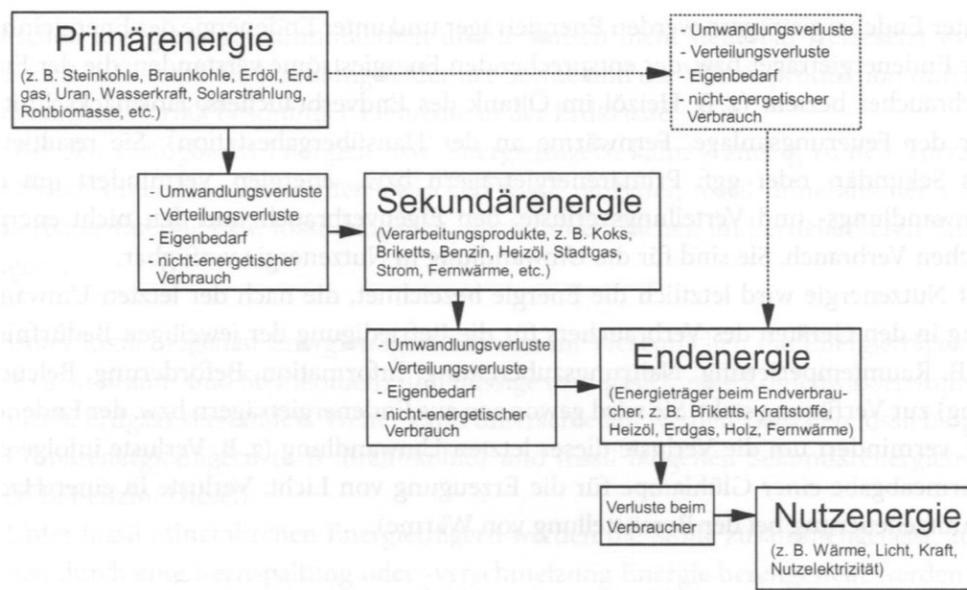
²⁶ Vgl. Prinz et al. 2009: 78f.

²⁷ Vgl. Quaschnig 2015: 13

²⁸ Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 2

²⁹ Vgl. Quaschnig 2015: 14

Abbildung 1: Energiewandlungskette³⁰



Physikalisch gesehen kann Energie nicht gewonnen oder vernichtet werden, respektive verloren gehen. Dies bedeutet, dass Energie lediglich von einer Form in eine andere umgewandelt werden kann.³¹ Der Energieerhaltungssatz besagt: „In einem geschlossenen System bleibt der Energiegehalt konstant. Energie kann weder vernichtet werden noch aus nichts entstehen; sie kann sich in verschiedene Formen umwandeln oder zwischen verschiedenen Teilen des Systems ausgetauscht werden“³². Es ist festzustellen, dass die Begriffe Energieverbrauch und Energiebedarf in der vorliegenden Literatur meist synonym verwendet werden, wobei in dieser Arbeit Energiebedarf bevorzugt wird.

1.6. Methodische Vorgehensweise

Die theoretischen Grundlagen erneuerbarer Energien, relevanter Bestandsaufnahmeverfahren sowie die Methoden der Potenzialanalyse werden anhand einer Literaturrecherche dargelegt. Des Weiteren soll mit einer Auswertung verfügbarer Sekundärdaten eine energetische Bestandsanalyse des Bezirks Baden vorgenommen werden. Hierbei wird der aktuelle Energiebedarf, differenziert nach Sektoren sowie Elektrizität und Wärme geschätzt.

Darauf folgend wird mit GIS-gestützten Methoden eine räumliche Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger in der Untersuchungsregion durchgeführt. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass die Datenverfügbarkeit für die Qualität bzw. Genauigkeit der Ergebnisse entscheidend ist. Bei fehlenden Parametern wird an dieser Stelle mit Schätzverfahren gearbeitet, um die Datensätze gegebenenfalls zu adaptieren respektive ergänzen zu können.

Abschließend werden die Interventionsmöglichkeiten der Raumplanung und Raumordnung beurteilt. Hierzu werden relevante Steuerungsinstrumente hinsichtlich der Förderung einer energiebewussten Raumentwicklung und des Einsatzes erneuerbarer Energieträger in der Region analysiert. Es ist eine

³⁰ Kaltschmitt et al. 2013: 3

³¹ Vgl. Quaschning 2015: 15

³² Quaschning 2015: 15

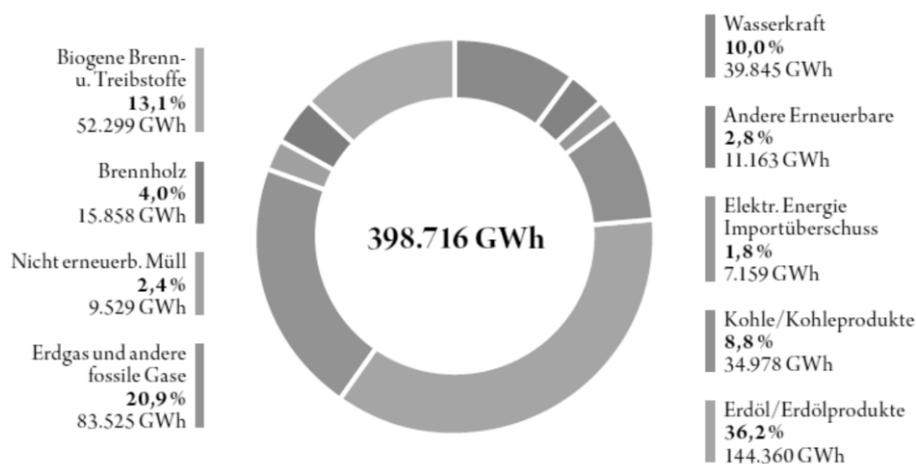
1. Einleitung

Recherche und Analyse der vorliegenden Literatur vorgesehen, welche durch leitfadengestützte Experteninterviews ergänzt wird. Hierzu wurden fünf Interviews geführt, wobei Expertisen aus den Bereichen Politik, Verwaltung, Forschung sowie von einem privaten Ingenieurbüro für Raumplanung und einer Energie- und Umweltinstitution eingeholt worden sind. Der Interviewleitfaden (siehe Anhang) ist durch eine Karte des Bezirks Baden gestützt worden, um während der Gespräche eine Übersicht der Untersuchungsregion zu ermöglichen. Die Auswertung erfolgte mithilfe der Audioaufnahmen und Mitschriften dieser Erhebungen.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Die Nutzung erneuerbarer Energien hat in Österreich eine lange Tradition. Aus historischer Sicht hatten insbesondere die Biomasse- und Wasserkraftnutzung einen hohen volkswirtschaftlichen Stellenwert. Mittlerweile kann Österreich auf ein breites technologisches Spektrum zur Nutzung erneuerbarer Energien zurückgreifen.³³ Im Jahr 2016 betrug der energetische Bruttoinlandsverbrauch in Österreich 398.716 GWh, was 1.435 PJ entspricht. Der Anteil anrechenbarer erneuerbarer Energieträger lag im selben Jahr bei 33,5 %. Dabei haben die Wasserkraft mit 36,4 % und die feste Biomasse mit 29,6 % den größten Anteil am Gesamtaufkommen erneuerbarer Energieträger.³⁴ Diagramm 1 zeigt die Anteile der Energieträger am österreichischen Bruttoinlandsverbrauch.

Diagramm 1: Anteile der Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch in Österreich 2016³⁵



Im Folgenden werden in diesem Kapitel die theoretischen Grundlagen erneuerbarer Energieträger und die zur Verfügung stehenden Bestandsaufnahmeverfahren sowie Methoden der Potenzialanalyse dargelegt.

2.1. Theoretische und technische Grundlagen erneuerbarer Energieträger

Der Begriff erneuerbare oder regenerative Energien beschreibt jene Energiequellen, die unter Betrachtung des menschlichen Zeithorizonts als unerschöpflich gelten. Die regenerativen Energien lassen sich in die drei Bereiche Sonnenenergie, geothermische Energie und Planetenenergie (Gravitation) differenzieren. Weitere Energieformen wie Wind oder Niederschlag entstehen durch natürliche Energiewandlungen und können dann technisch genutzt werden, um Wärme, Elektrizität oder Brennstoffe bereitzustellen.³⁶

In nachstehender Abbildung sind die Quellen und Umwandlungsschritte der erneuerbaren Energieträger ersichtlich.

³³ Vgl. Haas/ Biermayr/ Kranzl 2006: 2

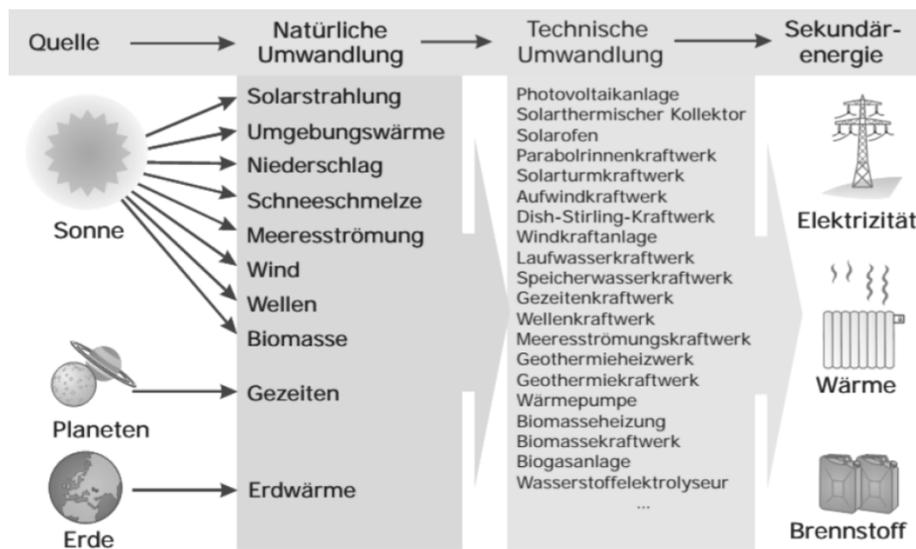
³⁴ Vgl. Biermayr 2017: 6

³⁵ Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online

³⁶ Vgl. Quaschnig 2015: 34

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

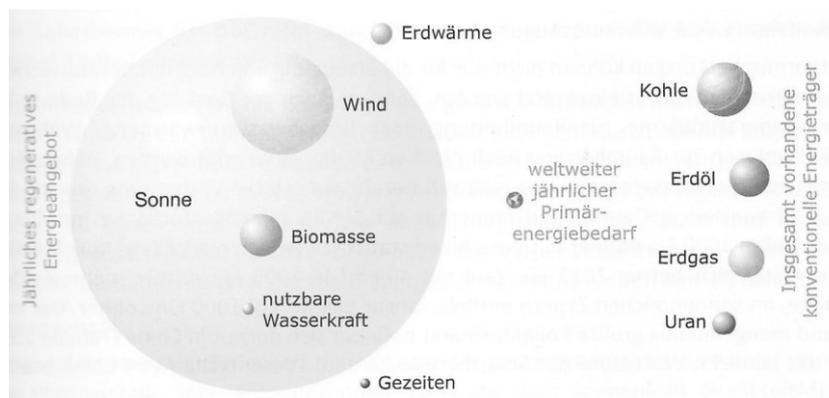
Abbildung 2: Quellen und Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energieträger³⁷



Die Sonne stellt bei Weitem die größte erneuerbare Energiequelle dar. Es gelangt eine jährliche Energiemenge von $3,9 \cdot 10^{24} \text{ J} = 1,08 \cdot 10^{18} \text{ kWh}$ von der Sonne auf die Erdoberfläche, was dem 10 000-fachen des Weltprimärenergiebedarfs entspricht und damit die Möglichkeiten der Energiebereitstellung durch alle verfügbaren fossilen oder nuklearen Energiereserven weitaus übertrifft. Dies bedeutet, dass durch die Nutzung eines Zehntausendstels, der auf die Erde einstrahlenden Solarenergie, der gesamte Weltenergiebedarf der Menschheit gedeckt werden könnte.³⁸

Abbildung 3 zeigt eine relative Gegenüberstellung konventioneller Energieträger zum jährlich verfügbaren erneuerbaren Energieangebot auf der Erde.

Abbildung 3: Energiekugeln - relative Gegenüberstellung des jährlichen regenerativen Energieangebots zu den insgesamt vorhandenen konventionellen Energieträgern³⁹



Durch die Nutzung regenerativer Energieträger könnte theoretisch der gesamte Weltenergiebedarf gedeckt werden. Eine große Herausforderung bei einer erhöhten Nutzung erneuerbarer Energien ist, dass eine grundlegend andere Energiewirtschaft aufzubauen wäre. Dies ist auf das stark wechselnde

³⁷ Quaschnig 2015: 35

³⁸ Vgl. Quaschnig: 36

³⁹ Quaschnig: 37

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Energieangebot erneuerbarer Energien zurückzuführen, wie beispielsweise bei der Windenergie. Eine auf regenerative Energieträger aufgebaute Energiewirtschaft muss neben der Wandlung in benötigte Energieformen (Wärme, Elektrizität oder Brennstoff), auch die Verfügbarkeit gewährleisten. Dies kann durch die Angleichung des Energiebedarfs an das Energieangebot, durch Energiespeicherung in entsprechender Dimension oder durch weltweite Energietransporte erreicht werden.⁴⁰

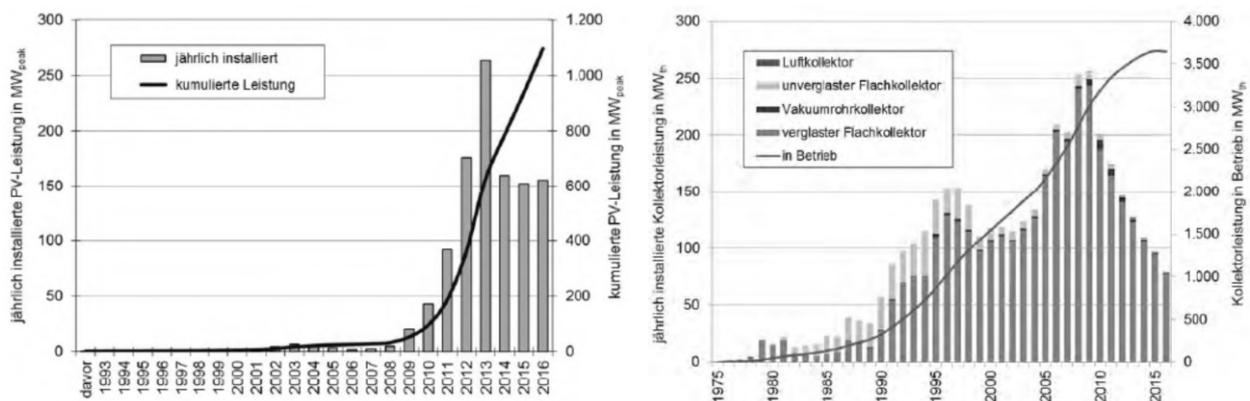
Für die regionale Energieplanung relevante erneuerbare Energieträger zur Energieerzeugung sind: Solarenergie, Wasserkraft, Windkraft, Biomasse sowie Geothermie und Umgebungswärme. Im Folgenden werden allgemeine Grundlagen sowie technische Aspekte der Nutzung dieser erneuerbaren Energien dargelegt.

2.1.1. Solarenergie

Grundlagen

In Österreich gab es im Jahr 2016 einen Endverbrauch an Solarenergie von 3.226 GWh. Hierbei lässt sich zwischen Photovoltaikanlagen zur Elektrizitätserzeugung und Solarthermie zur Wärmegewinnung differenzieren. Die in Betrieb befindlichen Photovoltaikanlagen lieferten einen Elektrizitätsertrag von 1.096 GWh, während der Nutzwärmeertrag thermischer Sonnenkollektoren, mit einer Fläche von rund 520 ha, bei ca. 2.130 GWh lag.⁴¹ Nachstehende Diagramme zeigen die Marktentwicklungen von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen in Österreich.

Diagramm 2: Marktentwicklung der Photovoltaik- und Solarthermieanlagen in Österreich⁴²



Allgemein wird Solarenergie als die von der Sonne durch Kernfusion erzeugte Energie definiert, welche teilweise als elektromagnetische Strahlung zur Erde gelangt. Diese Energie kann direkt durch die Sonneneinstrahlung auf Kollektoren zur Erzeugung von Elektrizität (Photovoltaik) und Wärme (Solarthermie) genutzt werden.⁴³ Von der Solarstrahlung gelangen im Mittel etwa 1367 W/m² (Solarkonstante) auf den oberen Rand der Erdatmosphäre. Der Winkel, in dem die Strahlung auf die Atmosphäre trifft, ist entscheidend für die Reduktion der Strahlungsenergie bis zur Erdoberfläche. Da die Strahlung im Winter flacher einfällt als im Sommer, wird sie durch die Atmosphäre stärker abgeschwächt. Des Weiteren ist zu beachten, dass aufgrund der lokalen Klimaverhältnisse, der elliptischen Erdumlaufbahn sowie der um 23,5° geneigten Erdachse, das solare Energieangebot

⁴⁰ Vgl. Quaschnig: 34f.

⁴¹ Vgl. Biermayr et al. 2017: 13f.

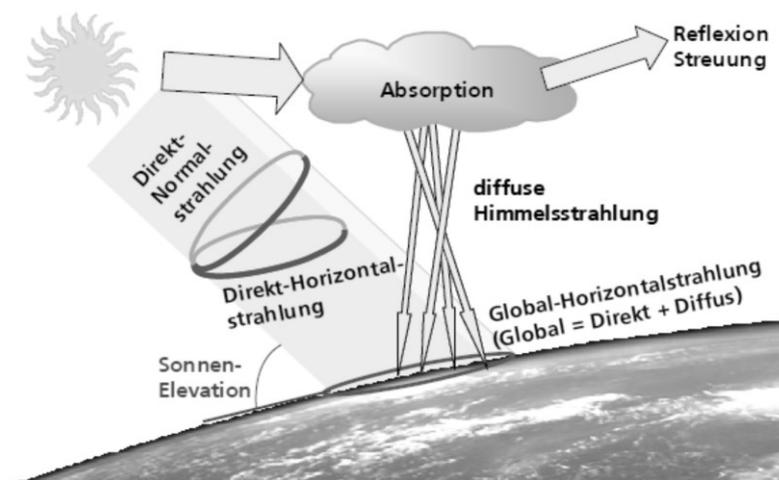
⁴² Biermayr et al. 2017: 13f.

⁴³ Vgl. Erneuerbare Energie Österreich 2017a: online

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

räumlich und zeitlich stark variiert.⁴⁴ Diese Strahlungsschwächung innerhalb der Atmosphäre wird als Extinktion bezeichnet. Hierbei werden verschiedene Mechanismen wirksam, wie die Streuung und die Absorption. Die Streuung definiert eine Ablenkung der Strahlung aus ihrer Einfallsrichtung, welche u. a. an Luftmoleküle, Wassertropfen, Eiskristallen und Aerosolpartikeln erfolgt. Bei der Absorption handelt es sich um die Umwandlung der Strahlung in andere Energieformen, im Allgemeinen in Wärme. Diese Absorption erfolgt beispielsweise an Aerosol-, Wolken- und Niederschlagspartikeln.⁴⁵ Von der Atmosphäre, den Wolken und dem Erdboden werden insgesamt ca. 30 % der eingestrahlten Energie reflektiert. Etwa 70 % der Solarstrahlung werden absorbiert und in Wärme transformiert. Aufgrund des Wärmeaustausches mit dem Weltall ergibt sich somit ein thermodynamisches Gleichgewicht auf der Erdoberfläche.⁴⁶

Abbildung 4: Weg des Sonnenlichts durch die Atmosphäre⁴⁷



Die Globalstrahlung unterliegt tages- und jahreszeitlichen Schwankungen und ergibt sich aus der Summe von Direktstrahlung und Diffusstrahlung, welche den energetisch nutzbaren Strahlungsanteil darstellt. Neben den kürzeren Tageszeiten im Winter ist auch die solare Einstrahlung durch einen flacheren Einfallswinkel auf ebene Flächen stark gedämpft, was durch die Neigung von Flächen in Strahlungsrichtung in gewissem Maß ausgeglichen werden kann.⁴⁸

Die direkte Strahlung trifft ungehindert auf die Oberfläche, während die diffuse Strahlung, beispielsweise aufgrund von Wolken oder anderen Objekten reflektiert bzw. gestreut wird und somit aus verschiedenen Richtungen eintrifft. Die Globalstrahlung setzt sich in mitteleuropäischen Breitengraden aus ca. 40 % direkter und 60 % diffuser Strahlung zusammen.⁴⁹ Das durchschnittliche solare Angebot wird durch die Umrechnung von Leistung in Energie mit folgender Formel ermittelt: $E \text{ [kWh]} = P \text{ [kW]} \cdot \Delta t \text{ [h]}$.⁵⁰ In Österreich beträgt das gemittelte solare Angebot je nach Region zwischen 1 100 und 1 400 kWh/(m²a).⁵¹ Es ergibt sich ein Jahresmittelwert von 1250 kWh/m², was einer

⁴⁴ Vgl. Watter 2015: 7f.

⁴⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 58f.

⁴⁶ Vgl. Watter 2015: 9

⁴⁷ Quaschnig/Geuder/Ortmanns 2002: online

⁴⁸ Vgl. Watter 2015: 10

⁴⁹ Vgl. OÖ Energiesparverband o.J.: 2

⁵⁰ Vgl. Watter 2015: 11

⁵¹ Vgl. OÖ Energiesparverband o.J.: 3

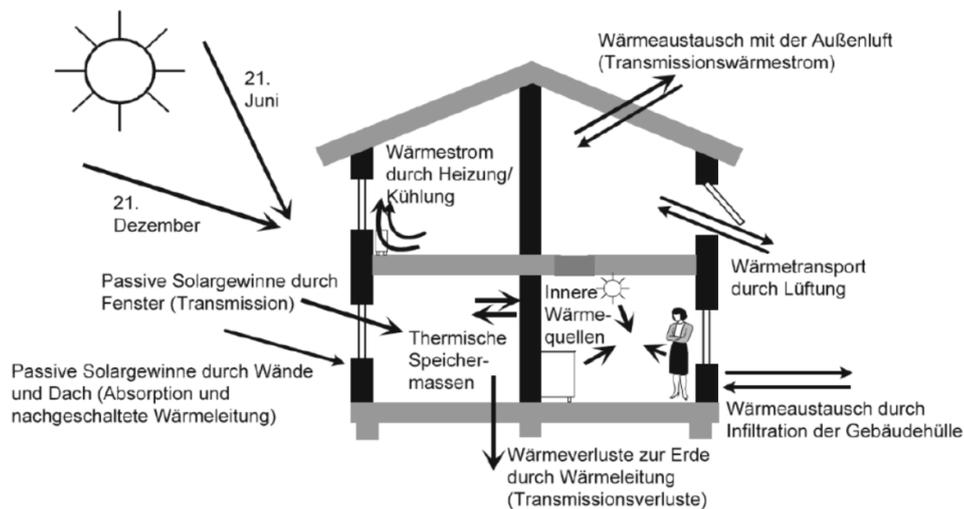
2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

gemittelten Leistung von 1250 [kWh] : (365 [Tage] · 24 [Stunden]) = 0,14269 kW/m², also rund 143 W/m², entspricht.

Es wird zwischen direkter und indirekter Sonnenenergienutzung unterschieden. Beim direkten Einsatz wird die einstrahlende Solarenergie durch technische Anlagen direkt zur Energiebereitstellung umgewandelt. Bei der indirekten Nutzung der Sonnenenergie wird zunächst die Sonnenwärme in andere Energieformen konvertiert, was auf natürliche Energiewandlungen innerhalb der Atmosphäre zurückzuführen ist.⁵² Die Sonnenenergie ist also auch für andere erneuerbare Energien verantwortlich. Wind entsteht durch sonnenerwärmte und kalte Luft, Biomasse wächst nur mit Hilfe der Sonne, welche die Fotosynthese ermöglicht und Regen fällt, da das Wasser durch die Sonneneinstrahlung verdunstet.⁵³

Neben der aktiven Nutzung der Solarenergie mittels anlagentechnischer Systeme gibt es auch die Möglichkeit einer passiven Solarenergienutzung. Hierbei sind die Architektur und Orientierung des Gebäudes entscheidend. Bei passiven Solarsystemen wird die Gebäudestruktur bzw. -konstruktion direkt als Wärmeenergiespeicher genutzt, was beispielsweise aufgrund einer optimierten Ausrichtung und Bauweise ermöglicht wird. In einem Gebäude finden unterschiedliche Energieflüsse statt, die im Wesentlichen Energieeinträge und Wärmeverluste betreffen.⁵⁴ Folgende Abbildung zeigt die prinzipiellen Energiebewegungen innerhalb von Gebäuden.

Abbildung 5: Wesentliche Energieflüsse innerhalb eines Gebäudes⁵⁵



Grundlegend basiert die passive Solarenergienutzung auf der Absorption kurzwelliger Strahlung. Dies geschieht an den äußeren Bauteilen und auch innerhalb des Gebäudes, wenn das Sonnenlicht durch eine transparente Außenfläche in den Innenraum scheint (Transmission). Die absorbierte Solarenergie erwärmt somit die entsprechenden Bauteile, welche die Energie über Konvektion und langwellige Strahlung wieder an die Umgebung abgeben. Für die Aufnahme der Sonnenenergie sind die Ausrichtung und Verschattung des Gebäudes sowie der Absorptionskoeffizient der jeweiligen Absorberfläche von Bedeutung.⁵⁶ Als Grundsätze des solaren Bauens können folgende Prinzipien

⁵² Vgl. Quaschnig 2015: 36

⁵³ Vgl. Erneuerbare Energie Österreich 2017a: online

⁵⁴ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 139

⁵⁵ Kaltschmitt et al. 2013: 144

⁵⁶ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 144ff.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

genannt werden:

- Optimierte Ausrichtung der Gebäude zur Sonne
- Minimierung der Außenfläche zum Volumen des Gebäudes (günstiges A/V - Verhältnis)
- Klimatische Zonierung von Wohnräumen
- Selektive Verschattung (Schutz vor starker Sonneneinstrahlung im Sommer)
- Verwendung von Speichermassen zum Temperatenausgleich⁵⁷

Technische Aspekte der Solarenergienutzung

Folgend werden Möglichkeiten vorgestellt, wie mithilfe technischer Anlagen die eintreffende Solarstrahlung für die energetische Nutzung umgewandelt wird.

Die direkte energetische Nutzung der Solarstrahlung kann u. a. durch folgende technische Anlagen ermöglicht werden:

- Solarkollektoren zur Wärmeerzeugung
- Photovoltaik bzw. Solarzellen zur Stromerzeugung
- Solarthermische Kraftwerke
- Photolyseeinrichtungen zur Brennstoffproduktion⁵⁸

Solarthermische Kraftwerke sind für österreichische Breitengrade nicht von Relevanz, da sich bezüglich des Energieertrags nur Gebiete mit hoher solarer Direktbestrahlung eignen.⁵⁹ Im Folgenden werden Solarkollektoren zur Wärmeerzeugung und Photovoltaikanlagen zur Stromerzeugung detaillierter beschrieben.

• **Solarthermie (Solarkollektoren zur Wärmeerzeugung)**

Bei der solaren Wärmeerzeugung durch Kollektoren handelt es sich um die Nutzung von nicht konzentrierter Solarthermie. Derartige Kollektoranlagen haben mittlerweile eine weltweite Verbreitung erfahren und werden vorwiegend für die Erwärmung von Trinkwasser eingesetzt. Im Jahr 2013 waren in Österreich je 1000 Einwohnerinnen und Einwohner 494 m² Kollektorfläche installiert. Eine passive Nutzung der Sonnenenergie auf *Gebäudeebene* kann durch eine optimierte Ausrichtung, innovative Glasfassaden oder transparente Wärmedämmungssysteme ermöglicht werden. Durch die Kombination aus passiver und aktiver Solarenergienutzung besteht die Möglichkeit sogenannte Nullenergiehäuser zu realisieren, die ihren Energiebedarf an Wärme ausschließlich aus der Sonnenenergie beziehen. Mittlerweile gibt es bereits Plusenergiehäuser, die mehr Energie produzieren, als für den Betrieb benötigt wird.⁶⁰

Hinsichtlich der technischen Nutzungsmöglichkeiten der Solarthermie lassen sich folgende Einsatzgebiete identifizieren: Schwimmbaderwärmung, Trinkwassererwärmung, Niedertemperaturwärme für die Raumheizung, Kühlung, Prozesswärme sowie solarthermische Stromerzeugung. Das Einsatzgebiet ist also sehr vielseitig, wobei derzeit die am weitesten verbreiteten Formen die Trinkwassererwärmung mittels geschlossener Kollektorsysteme und die Schwimmbaderwärmung mit

⁵⁷ Vgl. Hegger 2003: 14

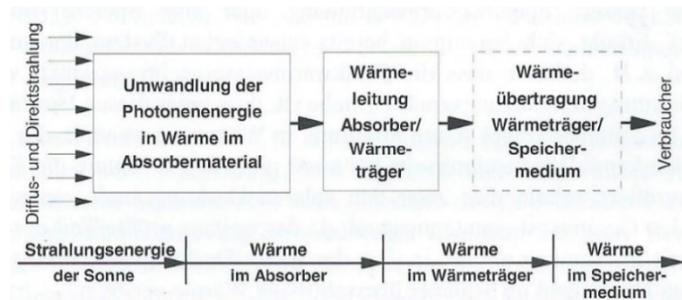
⁵⁸ Vgl. Quaschnig 2015: 37

⁵⁹ Vgl. Quaschnig 2015: 37

⁶⁰ Vgl. Quaschnig 2015: 38f.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

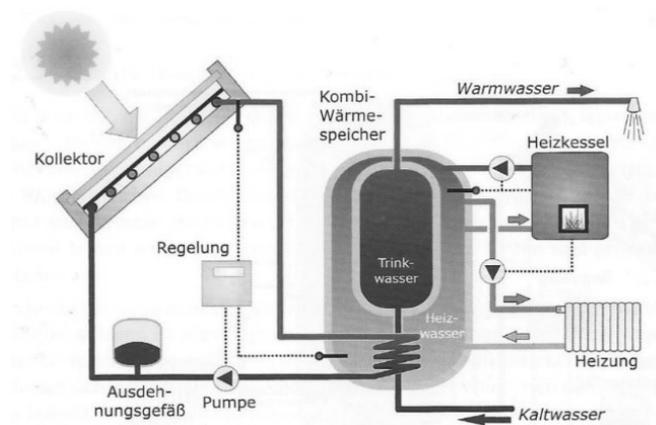
Abbildung 7: Energiewandlungskette der solarthermischen Wärmenutzung⁶⁷



Es gibt eine Vielzahl an solarthermischen Systemen, wie beispielsweise Schwimmbadheizungen, Heizungen für Raumwärme bzw. Trinkwassererwärmungsanlagen, solare Klimaanlage oder Nahwärmeversorgungssysteme. Folgend werden ausgewählte solarthermische Systeme zur Wärmeerzeugung vorgestellt.

Bei der solaren Trinkwassererwärmung kommen Flachkollektoren, Vakuumflachkollektoren, Vakuumröhrenkollektoren und Speicherkollektoren zum Einsatz. Ein komplettes System zur Trinkwassererwärmung besteht neben dem Kollektor, in dem Wasser durch den Absorber erwärmt wird, u. a. noch aus einem Speicher, einer Pumpe und einer komplexen Steuerung, um eine gute, zeitlich unabhängige Trinkwassererwärmung zu gewährleisten.⁶⁸ Durch eine entsprechend größere Dimensionierung der Kollektoren und des Speichers kann mit solchen solarthermischen Systemen auch Heizwärme bereitgestellt werden. Dies reicht von einer solaren Heizungsunterstützung bis zu rein solarthermisch betriebenen Heizungen.⁶⁹ Folgende Abbildung zeigt exemplarisch ein solarthermisches Heizungsunterstützungssystem auf Objektebene.

Abbildung 8: Solarthermisches System zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung⁷⁰



Auf der räumlichen Ebene von Siedlungen besteht die Möglichkeit mehrere Solaranlagen auf Hausdächern in ein solares Nahwärmenetz zu integrieren, wie in Abbildung 9 ersichtlich. Ein solches Wärmenetz benötigt einen zentralen Wärmespeicher, der ausreichend dimensioniert ist, um Wärmeverluste möglichst zu minimieren und somit die Wärme über einen längeren Zeitraum speichern zu können. Es ist allerdings zu beachten, dass ein umfangreiches Rohrsystem höhere Kosten

⁶⁷ Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 163

⁶⁸ Vgl. Quaschnig 2015: 102

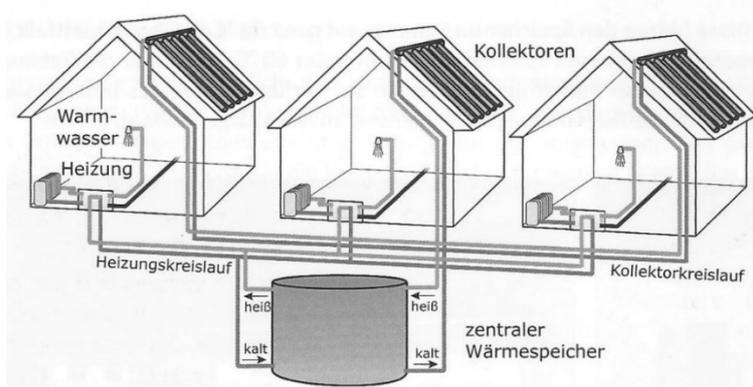
⁶⁹ Vgl. Quaschnig 2015: 107f.

⁷⁰ Quaschnig 2015: 107

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

verursacht und höhere Leitungsverluste aufweist.⁷¹

Abbildung 9: Prinzip der solaren Nahwärmeversorgung⁷²



- **Photovoltaik (Solarzellen zur Elektrizitätserzeugung)**

Die Photovoltaik ist eine vielversprechende Technik zur Nutzung der Sonnenenergie für die Elektrizitätserzeugung, indem Solarzellen elektrische Energie gewinnen. Es gilt diese Technologie sinnvoll einzusetzen, da bei übermäßigem Ausbau, tages- und jahreszeitlich bedingte Engpässe bzw. Überschüsse produziert würden und dadurch eine aufwändige Speicherinfrastruktur unerlässlich wäre. Zweckmäßig ist eine Kombination mit anderen regenerativen Energieträgern wie Windkraft, Wasserkraft oder Biomasse, da diese die Photovoltaik gut ergänzen können.⁷³

Die Energieumwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie erfolgt bei Photovoltaik-Anlagen mittels Solarzellen, die aus zwei Silizium-Schichten mit unterschiedlichen elektrischen Eigenschaften bestehen. An den Grenzflächen der Schichten entsteht ein elektrisches Feld, das bei Lichteinstrahlung die entstehenden freien Ladungsträger abtrennt. Hierbei wird zwischen den Metallkontakten der Zelle eine elektrische Spannung aufgebaut. Die Beleuchtungsstärke hat direkte Auswirkungen auf die Stromstärke.⁷⁴

Die prinzipielle Grundeinheit eines Sonnenenergiegenerators stellt das Solarmodul dar (siehe Abbildung 10). Ein solches Modul besteht aus den elektrisch miteinander verbundenen Solarzellen, den Einbettungsmaterialien inklusive der Frontscheibe und der Rückseitenabdeckung, den elektrischen Anschlusskabeln oder einer Anschlussbox sowie meist auch einem Rahmen. Die maximale Leistung eines Moduls wird durch die Anzahl der vorhandenen Zellen bestimmt. Die typische Baugröße liegt bei etwa 1,3 - 1,6 m². Unter Normbedingungen erzielen kristalline Siliziumzellen Leistungen von 180 - 260 W bei 48 - 60 in Serie verschalteten Zellen, während amorphe Siliziumzellen rund 100 W erreichen.⁷⁵ In folgender Abbildung ist der prinzipielle Aufbau eines Solarmoduls mit kristallinen Zellen dargestellt.

⁷¹ Vgl. Quaschnig 2015: 109

⁷² Quaschnig 2015: 110

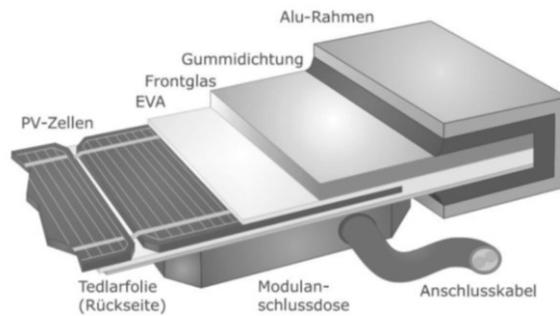
⁷³ Vgl. Quaschnig 2015: 39

⁷⁴ Vgl. OÖ Energiesparverband o.J.: 4

⁷⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 389

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

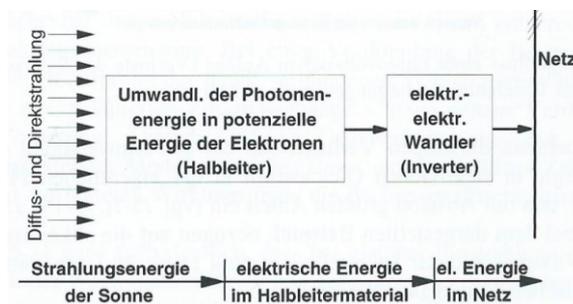
Abbildung 10: Prinzipieller Aufbau eines Solarmoduls⁷⁶



Wie bei allen Technologien der solaren Energiegewinnung ist die Neigung und Ausrichtung der Module entscheidend für den Solarertrag, wobei ein möglichst hoher Anteil an Direktstrahlung genutzt werden sollte. Weiters ist darauf zu achten, dass keine Schatten anderer Objekte den direkten Lichteinfall stören. Eine 6 - 10 m² große Photovoltaikanlage kann eine maximale Leistung von rund 1 000 Watt erreichen und wird deshalb auch als 1 kWp-Anlage (Wp = Watt-Peak) definiert. In Österreich kann eine 1 kWp installierte Leistung je nach Standort einen Energieertrag zwischen 900 - 1 100 kWh pro Jahr generieren.⁷⁷ Je nachdem ob es sich um netzgebundene oder netzunabhängige Photovoltaiksysteme handelt, sind weitere Systemkomponenten, wie beispielsweise Wechselrichter (Inselwechselrichter oder Netzwechselrichter), Aufständerung, Batterien und Laderegler erforderlich. Des Weiteren stellen Gleichstromverbindungskabel zwischen Modulen und Wechselrichtern einen wesentlichen Kostenfaktor dar. Darüber hinaus sind Sicherungen, Erdung, Blitzschutz, Freischalteinrichtungen, Zähler sowie Unter- bzw. Überspannungsrelais mit einzuplanen. Photovoltaikkraftwerke benötigen einen Transformator, um Einspeisungen in die nächst höhere Netzebene vornehmen zu können.⁷⁸

Ausgehend von der eingestrahelten Sonnenenergie sind mehrere Energiewandlungsstufen notwendig, um die Bereitstellung von netzkompatiblem Wechselstrom zu ermöglichen. Anfangs wird die solare Strahlungsenergie (Energieinhalt der Photonen) in potenzielle Energie im Halbleitermaterial umgewandelt, was dazu führt, dass Solarzellen diese Energie in Form von Gleichstrom bereitstellen. Dieser wird durch einen nachgeschalteten Wechselrichter mit den entsprechenden Spezifikationen in Wechselstrom umgewandelt und somit die Netzeinspeisung ermöglicht.⁷⁹ Die folgende Abbildung zeigt die Stufen der Energiewandlungskette photovoltaischer Stromerzeugung.

Abbildung 11: Energiewandlungskette der photovoltaischen Stromerzeugung⁸⁰



⁷⁶ Quaschnig 2015: 195

⁷⁷ Vgl. OÖ Energiesparverband o.J.: 8

⁷⁸ Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 230-247

⁷⁹ Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 255f.

⁸⁰ Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 255

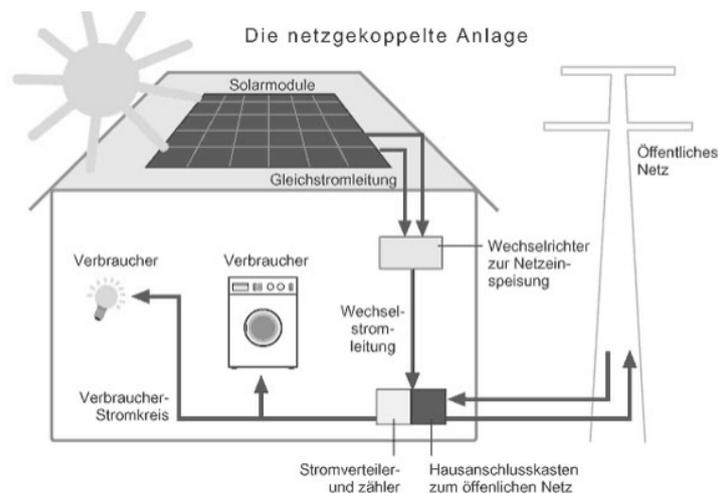
2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Bei netzunabhängigen Systemen wird zwischen netzfreien und netzfernen Anwendungen differenziert. Bei netzfreien Anwendungen wird eine photovoltaische Energieversorgung meist aus Gründen der Wirtschaftlichkeit, der Handhabbarkeit oder des Umweltschutzes als Alternative zum öffentlichen Versorgungsnetz eingesetzt. Die Solargeneratorleistung liegt bei solchen Anlagen zwischen wenigen mW und einigen 100 W. Eine netzferne photovoltaische Energieversorgung liegt vor, wenn aus technischen oder ökonomischen Gründen, beispielsweise wegen großen Entfernungen, der Zugang zum öffentlichen Netz nicht realisiert werden kann.

Bei größeren Anlagen wird hierbei auch von Inselanlagen oder autonomen Energieversorgungssystemen gesprochen. Bezüglich der Systemkonzepte von unabhängigen Stromversorgungssystemen wird zwischen Photovoltaiksystemen mit Batteriespeicher und Hybridsystemen mit zusätzlichen Stromerzeugern unterschieden. Entsprechend der Jahreszeiten und der Witterungsverhältnisse können Hybridsysteme derartige Schwankungen ausgleichen sowie eine gleichmäßigere Energieversorgung gewährleisten.⁸¹

Netzgekoppelte Photovoltaiksysteme können die gewonnene elektrische Energie über einen Wechselrichter in das öffentliche Elektrizitätsversorgungsnetz einspeisen.⁸² Der prinzipielle Aufbau eines solchen Systems wird in nachstehender Darstellung veranschaulicht.

Abbildung 12: Photovoltaikanlage mit direkter Einspeisung ins öffentliche Versorgungsnetz⁸³



Bei netzgekoppelten Photovoltaikanlagen lässt sich zwischen dezentralen Systemen, quasizentralen Systemen und zentralen Systemen unterscheiden. Bei dezentralen Systemen werden relativ kleine Photovoltaikanlagen, mit Leistungen von wenigen kW, betrieben. Diese Anlagen sind über einen der Leistung angepassten Wechselrichter mit dem Elektrizitätsversorgungsnetz verbunden, wobei hier meist einphasig ins Niederspannungsnetz eingespeist wird. Quasizentrale Systeme sind eine seltene Mischform zwischen kleinen Photovoltaikanlagen und großen photovoltaischen Kraftwerken, deren Leistung von einigen 100 kW bis zu 20 MW reichen kann. Die Anbindung an das öffentliche Versorgungsnetz erfolgt über einen größeren Wechselrichter. Außerdem ist ein Transformator erforderlich, da bei dieser Anlagenkonzeption ins Mittelspannungsnetz eingespeist wird. Bezüglich einer praktischen Umsetzung haben diese Systeme bisher jedoch keine Bedeutung. Zentrale Systeme

⁸¹ Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 247ff.

⁸² Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 253

⁸³ EVI SOLARMEILE Hildesheim GmbH & Co. KG 2014: online

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

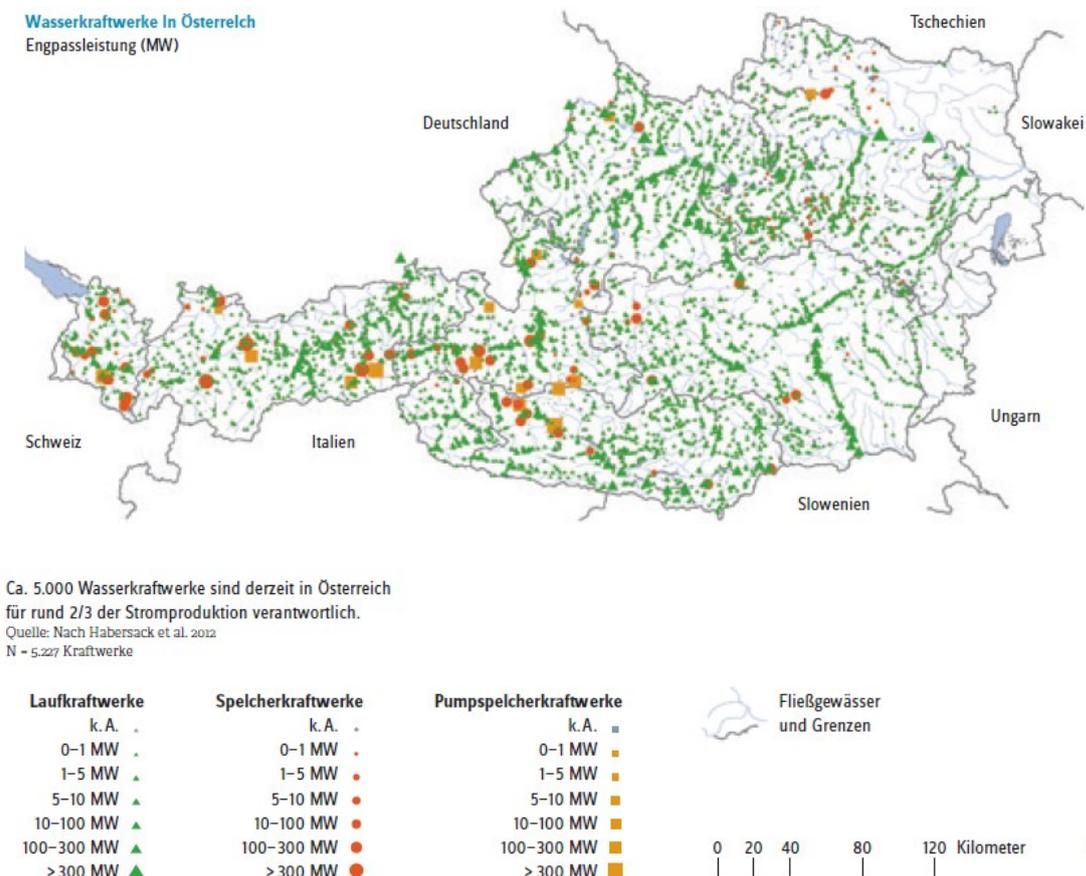
weisen derzeit Leistungen von einigen 100 kW bis 5 MW auf. Derartige Photovoltaikkraftwerke werden vorwiegend auf brachliegenden Freiflächen oder großen Dachflächen realisiert. Die hier erzeugte elektrische Energie wird über ein oder mehrere Wechselrichter sowie einen Transformator ins Nieder- oder Mittelspannungsnetz eingespeist.⁸⁴

2.1.2. Wasserkraft

Grundlagen

Im Jahr 2015 waren in Österreich ca. 2.900 Wasserkraftwerke installiert, die Elektrizität ins öffentliche Netz einspeisen. Hinzu kommen etwa 2.000 Kleinanlagen, welche für den Eigenbedarf Strom erzeugen. Das technisch-wirtschaftlich realisierbare Wasserkraftpotenzial wird für Österreich mit rund 56 TWh angegeben, wovon bereits 70 % ausgebaut sind.⁸⁵ Im Jahr 2016 gab es in Österreich einen energetischen Endverbrauch von 40.902 GWh an Elektrizität aus der Wasserkraft.⁸⁶ Die folgende Karte zeigt die räumliche Verteilung der Wasserkraftwerke in Österreich, differenziert nach dem Kraftwerkstyp und der Engpassleistung.

Karte 1: Räumliche Verteilung der Wasserkraftwerke in Österreich⁸⁷



Grundsätzlich ist die Wasserkraft der einstrahlenden Sonnenenergie auf die Erde zuzuschreiben. Die Verdunstung der Meere, der kontinentalen Gewässer und der Pflanzen führt zum Aufstieg von

⁸⁴ Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 254f.

⁸⁵ Vgl. Umweltdachverband GmbH 2015: 7, 12

⁸⁶ Vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online

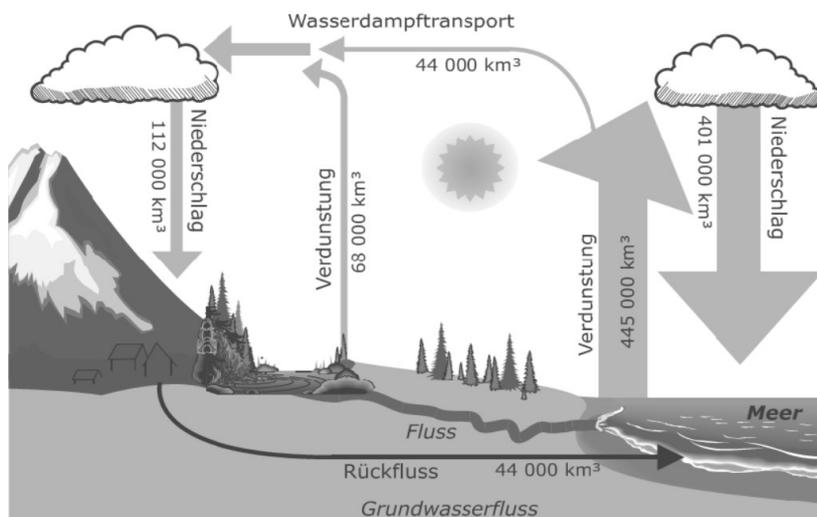
⁸⁷ Umweltdachverband GmbH 2015: 10

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Wasserdampf in die Atmosphäre, welcher nach einem Transport durch Luftbewegungen wieder auf die Erde niederfällt. Bei diesem Prozess werden ca. 22 % der Sonnenenergie umgewandelt, die auf die Erde einstrahlt. Die Energiemenge, welche aus den Gewässern gewonnen werden kann, ist abhängig von der Höhe, in der das Wasser lokalisiert ist, sowie vom Volumen des Wasservorrats. Die Wasserkraft ist weltweit die bedeutendste erneuerbare Energiequelle hinsichtlich der Elektrizitätserzeugung, wobei aufgrund der geografischen Bedingungen die Anteile der einzelnen Staaten unterschiedlich verteilt sind. In Norwegen wird beispielsweise nahezu der gesamte Elektrizitätsbedarf durch die Wasserkraft gedeckt. In Ländern wie Brasilien, Kanada oder der Schweiz liegt der Anteil an der Stromproduktion über 50 %.⁸⁸ In Österreich lag der Anteil der Wasserkraft an der elektrischen Energieerzeugung im Jahr 2015 bei 60 %.⁸⁹

Bei der Wasserkraft gibt es einerseits Schwankungen innerhalb eines Jahres und andererseits auch Schwankungen zwischen verschiedenen Jahren, aufgrund der klimatischen Unterschiede. Abbildung 13 zeigt das Prinzip des Wasserkreislaufs auf der Erde. Dieser wird anhand des mittleren Abflusses des Rheins bei Rheinfelden (Deutschland), in einem Zeitraum ca. 50 Jahren dargestellt.⁹⁰ Wegen ihrer relativen Regelmäßigkeit und der kontinuierlichen Verfügbarkeit ermöglicht die Wasserkraft im Vergleich zu anderen regenerativen Energieträgern, wie beispielsweise der Photovoltaik oder der Windkraft, eine gute Prognostizierbarkeit hinsichtlich der Einspeisung. Somit fallen aufgrund der guten Kompatibilität zum bestehenden Energiesystem keine systembedingten Zusatzkosten an.⁹¹

Abbildung 13: Prinzip des Wasserkreislaufs auf der Erde⁹²



Das energetische Angebot der Wasserkraft ist direkt an Flussläufe gebunden. Des Weiteren haben auch die Niederschlags- und Schmelzwassermenge sowie die zugrunde liegenden Höhenunterschiede einen bedeutenden Einfluss auf den Energieertrag. Das Fließverhalten wird durch den Abfluss Q bestimmt, welcher den Volumenstrom des Wassers beschreibt und den Pegelstand W , der die Höhe der Wasseroberfläche eines betrachteten Punktes über dem Grund angibt.⁹³

⁸⁸ Vgl. Quaschnig 2015: 327f.

⁸⁹ Vgl. Statistik Austria 2016: 7

⁹⁰ Vgl. Quaschnig 2015: 329

⁹¹ Vgl. Süwag Energie AG 2005: 3

⁹² Quaschnig 2015: 329

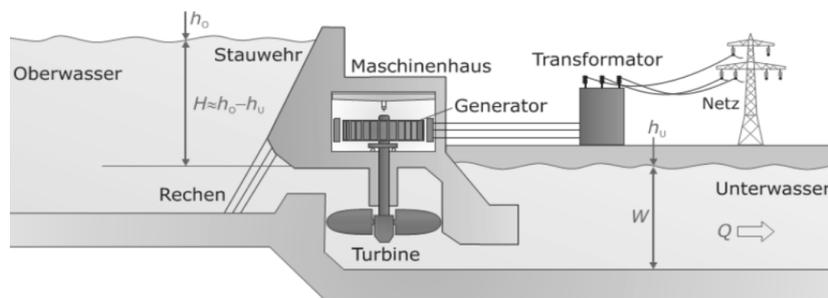
⁹³ Vgl. Quaschnig 2015: 329

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Technische Aspekte der Wasserkraftnutzung

Die Elektrizitätserzeugung mittels Wasserkraft erfolgt über Laufwasser-, Speicherwasser-, Pumpspeicher- und Gezeitenkraftwerke. Hierbei wird die kinetische Energie des Wassers in den Turbinen der Wasserkraftwerke in elektrische Energie umgewandelt.⁹⁴ Mittels Wasserkraftanlagen wird die potenzielle Energie des Wassers nutzbar gemacht.⁹⁵ Flusskraftwerke bzw. Laufwasserkraftwerke funktionieren, indem ein Wehr einen Rückstau bildet, wodurch ein Höhenunterschied im Kraftwerksbereich entsteht. Die durch das Wasser in Bewegung gesetzte Turbine treibt einen elektrischen Generator an, dessen Spannung schließlich mittels eines Transformators in die erforderliche Netzspannung umgewandelt wird.⁹⁶ Die folgende Abbildung beschreibt das Prinzip eines Laufwasserkraftwerks.

Abbildung 14: Schematischer Aufbau eines Laufwasserkraftwerks⁹⁷



Die elektrische Leistung eines Wasserkraftwerks ergibt sich, indem der Turbinen- und Generatorwirkungsgrad, sowie weitere Verluste oder Ausfallzeiten berücksichtigt werden. Diese werden mit einem Verlustfaktor ausgedrückt und bewegen sich meist zwischen 3 - 10 %. Der Gesamtwirkungsgrad im Nennbetrieb wird schließlich durch die Bruttoengpassleistung bestimmt. Je nach Kraftwerkstyp ergeben sich Gesamtwirkungsgrade von 60 - 90 %.⁹⁸ Das potenzielle Regelarbeitsvermögen einer Laufwasserkraftanlage lässt sich nach folgendem Prinzip berechnen.

Abbildung 15: Berechnung des potenziellen Regelarbeitsvermögens einer Wasserkraftanlage⁹⁹

Berechnung des potenziellen Regelarbeitsvermögens	
Technisches Potential [W] = $g \cdot Q \cdot H \cdot \rho \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot \eta_U$	
g [m/s ²]	= Erdbeschleunigung von 9,81
Q [m ³ /s]	= Wasserdurchsatz
H [m]	= Fallhöhe
ρ [kg/l]	= Dichte des Wassers
η_T	= Wirkungsgrad Turbine ($\eta=0,86$)
η_G	= Wirkungsgrad Generator ($\eta=0,95$)
η_U	= Wirkungsgrad Transformator ($\eta=0,99$)
h [h/a]	= Volllaststunden pro Jahr
Potenzielles Regelarbeitsvermögen = Technisches Potenzial * h	

Speicherwasserkraftwerke können natürliche Schwankungen des Wasserangebots ausgleichen. Hierbei wird mittels eines Stauwehrs das Oberwasser aufgestaut. Dabei sorgt der erhöhte Wasserstand

⁹⁴ Vgl. Erneuerbare Energie Österreich 2017b: online

⁹⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 555

⁹⁶ Vgl. Quaschnig 2015: 332

⁹⁷ Quaschnig 2015: 332

⁹⁸ Vgl. Quaschnig 2015: 333

⁹⁹ Energieagentur der Regionen 2011: 73

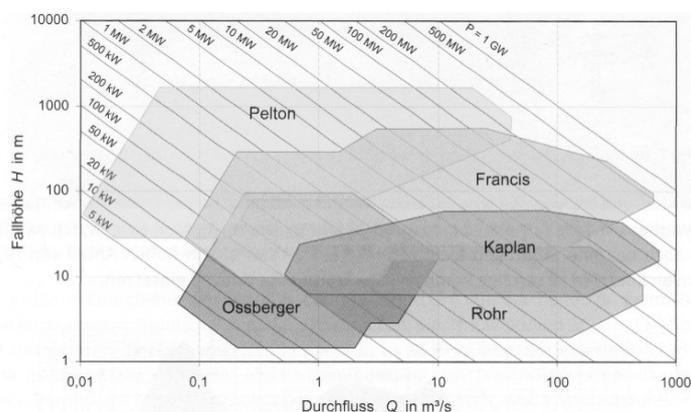
2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

für den notwendigen Druck und einen gleichmäßigen Wasserfluss. Große Kraftwerke dieser Bauart sind jedoch umstritten, da ein Bau eines solchen Kraftwerks einen sehr starken Eingriff in den Naturhaushalt darstellt. Als bekanntes Beispiel dient der Assuan-Staudamm in Ägypten, durch dessen Bau die Überschwemmungen ausblieben, welche für die Nährstoffversorgung angrenzender Gebiete von großer Bedeutung waren. Als Folge davon führt die künstliche Bewässerung zu einer zunehmenden Bodenversalzung, während auch weitere negative Erosionserscheinungen auftreten. Beim Bau von Wasserkraftwerken sollte stets auf eine gute Integration in die Flussläufe und die Natur Bedacht genommen werden, um negative ökologische Auswirkungen zu minimieren.¹⁰⁰

Pumpspeicherkraftwerke nutzen nicht das natürliche Wasserangebot, sondern dienen der Speicherung von Energie. Bei diesem Kraftwerkstyp wird das Wasser bei einem Überangebot an Elektrizität, mittels elektrischer Pumpen, von einem tiefer liegenden Becken in ein höher gelegenes transportiert. Wenn Elektrizitätsbedarf besteht, wird das Wasser aus dem Oberbecken über eine Druckrohrleitung ins Unterbecken transportiert. Dabei wird eine Turbine angetrieben, welche den benötigten Strom generiert. Es wird zwischen Anlagentypen mit und ohne natürlichen Zufluss differenziert, wobei Kraftwerke ohne natürlichen Zufluss als reine Energiespeicher fungieren und damit nicht zur Nutzung erneuerbarer Energieträger gezählt werden.¹⁰¹

Von den Bauformen können Wasserkraftanlagen nach ihrer Fallhöhe in Niederdruckanlagen (bis ca. 20 m), Mitteldruckanlagen (20 bis 100 m) und Hochdruckanlagen (100 bis max. 2.000 m) differenziert werden. In der Praxis gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Mischformen, wobei die Grenzen fließend verlaufen. Darüber hinaus ist der Begriff Kleinwasserkraft, welcher oft verwendet wird, nicht eindeutig definiert. In Deutschland wird von Kleinwasserkraft gesprochen, wenn die Leistung unter 1 MW liegt, während in der Schweiz Anlagen unter 300 kW als Kleinwasserkraftwerke bezeichnet werden.¹⁰² Der Verein Kleinwasserkraft Österreich ordnet Anlagen mit einer Engpassleistung von bis zu 10 MW als Kleinwasserkraftanlagen ein.¹⁰³ Je nach Fallhöhe (H in m) und dem Durchfluss (Q in m^3/s) werden verschiedene Turbinen eingesetzt, wie folgende Grafik veranschaulicht.¹⁰⁴

Diagramm 3: Einsatzgebiete unterschiedlicher Wasserturbinen in Abhängigkeit von Fallhöhe H und Durchfluss Q ¹⁰⁵



¹⁰⁰ Vgl. Quaschnig 2015: 334f.

¹⁰¹ Vgl. Quaschnig 2015: 335

¹⁰² Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 352f., 356

¹⁰³ Vgl. Verein Kleinwasserkraft Österreich o.J.: online

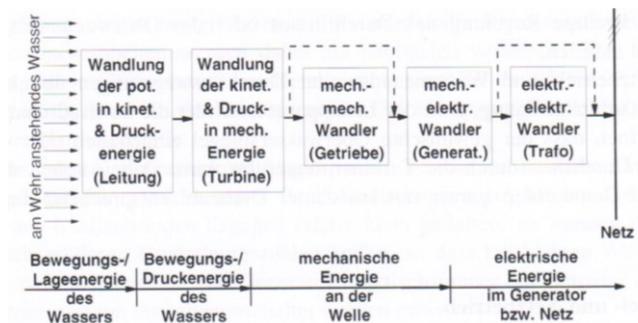
¹⁰⁴ Vgl. Quaschnig 2015: 338

¹⁰⁵ Quaschnig 2015: 338

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Weitere wesentliche Systemelemente sind Leitungen, Getriebe, Generator und Transformator, die in Kombination eine Energiewandlungskette bilden (siehe Abbildung 16), in der technisch unvermeidbare Verluste auftreten. Daraus resultiert, dass die Energieausbeute geringer ist als die potenzielle Energie zwischen Ober- und Unterwasser.¹⁰⁶

Abbildung 16: Energiewandlungskette der Wasserkraftnutzung¹⁰⁷



Werden alle Verluste der Systemkomponenten innerhalb der Energiewandlungskette zusammengefasst, sind Gesamtwirkungsgrade im Volllastbereich von ca. 80 % erreichbar, wobei teilweise auch knapp über 90 % möglich sind. Aufgrund der Tatsache, dass Wasserkraftanlagen oft unter Teillast betrieben werden, ist bei modernen Kraftwerken im Jahresdurchschnitt mit Nutzungsgraden von 70 - 90 % zu rechnen.¹⁰⁸

2.1.3. Windenergie

Grundlagen

Im Jahr 2016 gab es in Österreich ein Endenergieverbrauch von 5.350 GWh Elektrizität aus der Windkraft.¹⁰⁹ 2017 waren in Österreich 1.260 Windkraftanlagen mit einer Gesamtleistung von 2.844 Megawatt installiert. Mit der somit erzeugten Energie kann im Mittel mehr als 1,9 Mio. Haushalte bzw. rund 50 % aller österreichischen Haushalte mit Elektrizität versorgt werden.¹¹⁰ Karte 2 zeigt die regionale Verteilung der Windkraftwerke in Österreich. Hierbei ist zu erkennen, dass die Windenergienutzung insbesondere in den östlich gelegenen Bundesländern eine hohe Relevanz hat, was auf die topografischen Bedingungen zurückzuführen ist.

Grundlegend entsteht der Wind, indem es zu Temperaturunterschieden auf der Erde kommt, was dem Einfluss der Sonne zuzuschreiben ist. Somit ist die Windenergie als indirekte Art der Sonnenenergie zu verstehen, während durch den Wind wesentlich höhere Leistungsdichten erreicht werden können, was jedoch von der vorliegenden Windgeschwindigkeit abhängt. Das Dargebot der Windenergie kann je räumlicher Betrachtungsebene sehr unterschiedlich ausfallen, wobei mehrere Faktoren ausschlaggebend sind. Global betrachtet kommt es zu einem Energietransport zwischen dem Äquator und den Polen. Einerseits strahlt am Äquator, aufgrund der geringeren Distanz zur Sonne, mehr Solarenergie ein und andererseits wird an den Polen mehr Energie ins Weltall reflektiert. Bei diesem globalen Wärmetransport handelt es sich um einen großräumigen Austausch von Luftmassen. Neben diesen Ausgleichströmungen kommt es auch in kleinerem Umfang zu Luftströmungen, welche durch

¹⁰⁶ Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 370f.

¹⁰⁷ Kaltschmitt et al. 2013: 591

¹⁰⁸ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 591f.

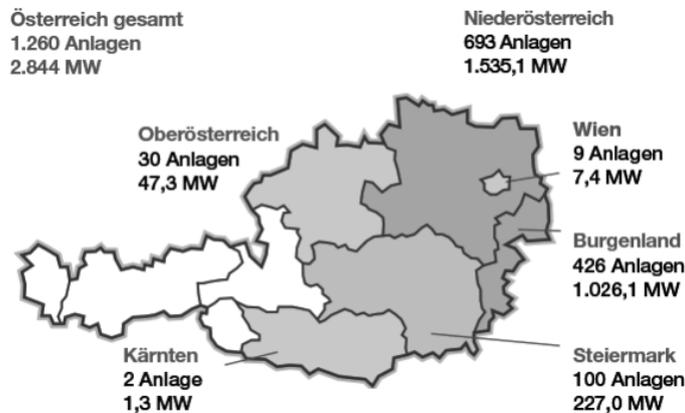
¹⁰⁹ Vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online

¹¹⁰ Vgl. Interessengemeinschaft Windkraft Österreich - IGW 2018a: online

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

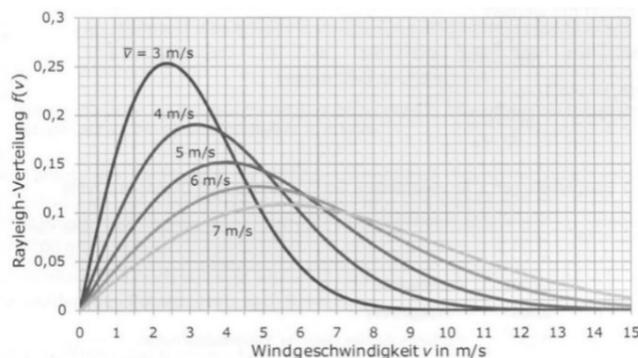
den Einfluss von Hoch- und Tiefdruckgebieten zustande kommen. Da sich der Wind auf glatten Oberflächen nahezu ungebremst bewegen kann, ist das Windangebot insbesondere in Küstengebieten sehr hoch. Hier kommt es zusätzlich zu lokalen Druckunterschieden bzw. Ausgleichsströmungen, weil das Land im Allgemeinen tagsüber stärker erwärmt wird als das Wasser.¹¹¹

Karte 2: Regionale Verteilung der Windenergieerzeugung in Österreich nach Bundesländern (Ende 2017)¹¹²



Das Jahresangebot an Windenergie für einen bestimmten Standort kann über die mittlere Windgeschwindigkeit bestimmt werden, der meist Windgeschwindigkeitsverteilungen zugrunde liegen, die aus Vergleichsmessungen oder über statistische Parameter ermittelt werden. Die mittlere Windgeschwindigkeit für einen betrachteten Standort ist bedingt aussagekräftig, da keine Angaben über die zeitliche Regel- bzw. Gleichmäßigkeit des Windangebots vorliegen. Mittels einer Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit können die Windverhältnisse für einen bestimmten Standort besser dargestellt werden, welche auf einer Häufigkeitsverteilung von Windgeschwindigkeitsintervallen oder einer statistischen Funktion basiert. Hierbei kommen als statistische Funktionen die Weibull- oder Rayleigh-Verteilung zur Anwendung. Durch die Rayleigh-Verteilung kann auf Grundlage der mittleren Windgeschwindigkeit eine Windgeschwindigkeitsverteilung berechnet werden, wie in Diagramm 4 dargestellt. Dementsprechend sind für eine Leistungsprognose die Windgeschwindigkeit und Häufigkeitsverteilung von Bedeutung.¹¹³

Diagramm 4: Rayleigh-Verteilung für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten¹¹⁴



Das Geländeprofil und die Oberflächenbeschaffenheit haben einen großen Einfluss auf die

¹¹¹ Vgl. Quaschnig 2015: 272ff.

¹¹² Interessengemeinschaft Windkraft Österreich-IGW o.J.: online

¹¹³ Vgl. Watter 2015: 56

¹¹⁴ Quaschnig 2015: 277

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Windgeschwindigkeit. Grundsätzlich wird die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe gemessen, wobei durch Geländeerhöhungen, wie beispielsweise Hügel, Anhöhen und Bergkuppen die Windgeschwindigkeit kleinräumig stark schwanken kann. Des Weiteren können Bauwerke, Pflanzen und Bodenunebenheiten in der Nähe eines Windkraftstandorts die Windgeschwindigkeit stark abbremsen. Hierbei gilt zu beachten, dass sich die gesamte Rotorfläche einer Windkraftanlage über dem Dreifachen der Hindernishöhe eines Objekts befinden muss oder eine genügend große Distanz zum Hindernis einzuhalten ist. Vereinzelt sollten Abstände bis zum 35-fachen der Höhe einer Barriere eingehalten werden, da es sonst zu Defiziten der nutzbaren Windenergie durch veränderte Windverhältnisse kommen kann.¹¹⁵

Technische Aspekte der Windenergienutzung

Die kinetische Energie der Luftströmung, als indirekte Form der Sonnenenergie, kann in Windkraftanlagen zur Elektrizitätserzeugung genutzt werden. Dabei wird durch die Luftströmung ein Rotor in Drehung versetzt, welcher mittels einer Drehachse einen Stromgenerator antreibt.¹¹⁶ Die Energie, welche dem Wind durch eine Windkraftanlage entzogen wird, bezieht sich auf eine Zeitspanne bzw. einen abgegrenzten Zeitraum, während die Wind- und Betriebsverhältnisse ständigen Änderungen ausgesetzt sind. Aufgrund dieser Tatsache wird generell die Leistung („Augenblickswert der Energie“) betrachtet und hieraus die Arbeit (Betrag der Nutzenergie) durch eine zeitliche Aufsummierung berechnet.¹¹⁷

Die Verfügbarkeit von Windkraftanlagen am Markt reicht von Kleinstanlagen bis zu großtechnischen Lösungen.¹¹⁸ Grundsätzlich wird dem Wind mittels modernen Windenergiekonvertern die Energie durch Rotoren entzogen, die sich aus einem oder mehreren Rotorblättern zusammensetzen. Die Windleistung verursacht eine Drehbewegung des Rotors, wodurch die mechanische Leistung an der Rotorwelle umgewandelt wird. Folgend kann die Leistung an der Welle als Moment, abhängig von der Drehzahl, abgenommen und an eine Arbeitsmaschine (Generator, Pumpe) weitergeleitet werden.¹¹⁹ Die im Wind enthaltene Leistung berechnet sich durch die Dichte ρ der Luft, welche eine Fläche A mit der Geschwindigkeit v passiert. Die Leistung des Windes wird durch die Formel $P = \frac{1}{2} \rho A v^3$ beschrieben, während zu beachten ist, dass sich die Dichte der Luft (kg/m^3) einerseits mit der Temperatur und andererseits proportional zum Luftdruck ändert.¹²⁰ Folgende Tabelle veranschaulicht den Zusammenhang der Luftdichte ρ in Abhängigkeit zur Temperatur ϑ , bei konstantem Luftdruck p .

Tabelle 1: Dichte der Luft in Abhängigkeit zur Temperatur ($\rho = 1 \text{ bar} = 1000 \text{ hPa}$)¹²¹

Temperatur in °C	-20	-10	0	10	20	30	40
Dichte ρ in kg/m^3	1,377	1,324	1,275	1,230	1,188	1,149	1,112

„Bei der Nutzung der Windkraft soll dem Wind Leistung entnommen werden. Dies erfolgt, indem der Wind durch eine technische Anlage (...) von der Windgeschwindigkeit v_1 auf die Windgeschwindigkeit v_2 abgebremst und die dadurch entstehende Leistungsdifferenz genutzt wird. (...) Der Massenstrom \dot{m}

¹¹⁵ Vgl. Quaschnig 2015: 277f.

¹¹⁶ Vgl. Erneuerbare Energie Österreich 2017c: online

¹¹⁷ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 453

¹¹⁸ Vgl. Watter 2015: 57

¹¹⁹ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 453

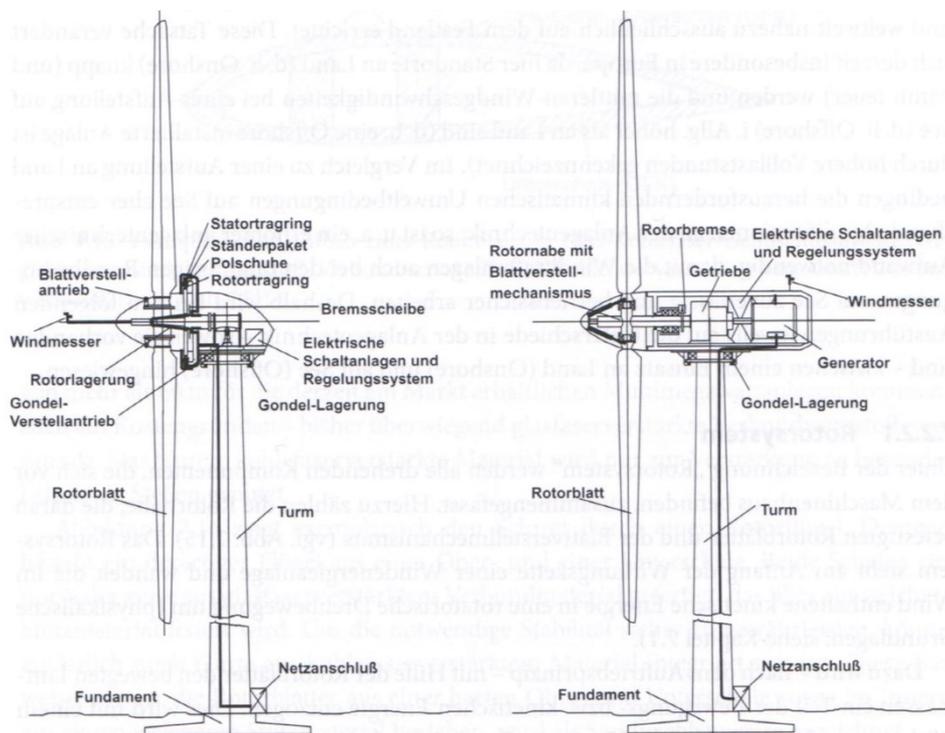
¹²⁰ Vgl. Quaschnig 2015: 280

¹²¹ Quaschnig 2015: 280 (eigene Darstellung)

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

der Luft ist (...) vor und hinter dem Windrad identisch.“¹²² Es gibt eine Vielzahl an technischen Ausführungsformen von Windkraftanlagen. Unterschiedliche Klassifikationsmerkmale können dabei beispielsweise die Stellung der Rotorachse (horizontal, vertikal) oder die Anzahl der Rotorblätter sein. In den Industriestaaten wird der Markt für Windenergieanlagen nahezu zur Gänze durch Horizontalbauweisen mit Dreiblattrotoren zur Stromerzeugung dominiert. Die verschiedenen konventionellen Anlagen unterscheiden sich u. a. durch folgende Eigenschaften: Art und Höhe der Rotordrehzahl, Möglichkeiten der Leistungsregelung, Möglichkeiten der Sturmsicherung, Vorhandensein eines Getriebes, Art des Generators und Art der Netzkoppelung.¹²³ Folgende Abbildung zeigt den prinzipiellen Aufbau marktgängiger Horizontalachsenanlagen mit Dreiblattrotor (links mit und rechts ohne Getriebe), inklusive der wichtigsten Systemelemente.

Abbildung 17: Prinzipieller Aufbau konventioneller Horizontalachsenanlagen¹²⁴



Bei der Netzanbindung von Windenergieanlagen bzw. Windparks ist am Netzanbindungspunkt die prognostizierte Netzbeeinflussung zu beachten, wobei einerseits kurzzeitige Leistungsschwankungen und andererseits länger andauernde Spannungsveränderungen einzubeziehen sind. Dies wird bestimmt, indem das Verhältnis von der Anlagenleistung zur Netzkurzschlussleistung am Verknüpfungspunkt eruiert wird. Bei Überschreitung bestimmter Werte ist die Anbindung erst an Standorten höherer Netzkurzschlussleistungen möglich, um negative Auswirkungen auf andere Verbrauchsgeräte die an das Netz angeschlossen sind zu vermeiden. Bei der Stromeinspeisung in das örtliche Netz wird zwischen der Anbindung an das Mittelspannungs- (20 kV), das Hoch- (110 kV) oder Höchstspannungsnetz (220 kV) differenziert, was sich auf die Auslegung der Netzanbindungskomponenten auswirkt.¹²⁵

¹²² Quaschnig 2015: 280

¹²³ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 471f.

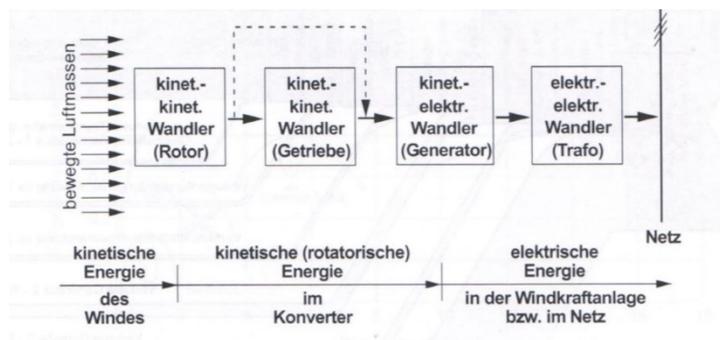
¹²⁴ Kaltschmitt et al. 2013: 473

¹²⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 502

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Die Nutzung der Windkraft erfolgt, indem den bewegten Luftmassen Energie entzogen wird, um diese gemäß der Energiewandlungskette (siehe Abbildung 18) üblicherweise in Elektrizität umzuwandeln. Zunächst wird die kinetische Energie des Windes mittels eines Rotors in eine Rotationsbewegung und somit in mechanische Energie des Triebstrangs konvertiert. Darauf folgend wird mithilfe eines mechanisch-elektrischen Wandler (Generator) elektrische Energie erzeugt. Des Weiteren kann es notwendig sein einen elektrisch-elektrischen Wandler (Transformator) am Anknüpfungspunkt zum öffentlichen Netz, in das die Windkraftanlage einspeist, anzubringen, um der richtigen Spezifikation zu entsprechen. Hierbei besteht auch die Möglichkeit, eine indirekte Netzkoppelung mittels eines Gleichstromzwischenkreises oder eines Direktumrichters vorzunehmen.¹²⁶

Abbildung 18: Energiewandlungskette einer Windkraftanlage¹²⁷



Bei diesen Umwandlungsschritten innerhalb der Energiewandlungskette sind diverse Verlustmechanismen wirksam, sodass derzeit verfügbare Windenergieanlagen im Bestpunkt einen maximalen Wirkungsgrad von 45 % erreichen können. Die abnehmbare elektrische Leistung am Generatorausgang lässt sich prinzipiell berechnen, indem ausgehend von der im Wind enthaltenen Leistung die aerodynamischen, mechanischen und elektrischen Verluste abgezogen werden. Darüber hinaus kann sich der Nettoenergieertrag aufgrund Hilfsenergieaufwendungen für die Windrichtungsnachführung und den Blattverstellmechanismus weiter reduzieren.¹²⁸

2.1.4. Biomasse

Grundlagen

Als Biomasse wird die gesamte durch Pflanzen, Tiere und Menschen aufkommende oder produzierte organische Substanz bezeichnet. Die für energetische Zwecke nutzbare Biomasse kommt hierbei aus der Land- und Forstwirtschaft sowie aus Reststoffen, wie beispielsweise Abfällen. Im Allgemeinen werden pflanzliche Produkte zur energetischen Nutzung nach fester (z. B. Holz), flüssiger (Biotreibstoffe) und gasförmiger (Biogas) Biomasse differenziert. Je nach Aggregatzustand kann die Biomasse zur Energiegewinnung (Wärme, Kälte, Elektrizität) und zur Treibstoffgewinnung (z. B. Biodiesel, Pflanzenöle) genutzt werden. Dabei gilt Biomasse in Form von Holz als die älteste anthropogen genutzte Energieform. In Österreich wird vorwiegend feste Biomasse aus Holz zur Wärmebereitstellung genutzt.¹²⁹ Nachstehende Aufzählung zeigt den energetischen Endverbrauch von Biomasseprodukten im Jahr 2016 (insgesamt 60.285 GWh), differenziert nach den spezifischen Energieträgern:

¹²⁶ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 505

¹²⁷ Kaltschmitt et al. 2013: 505

¹²⁸ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 505f.

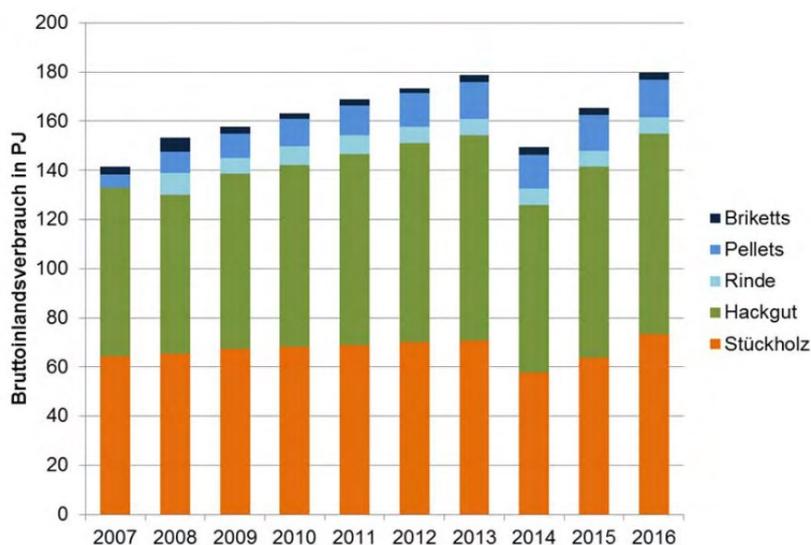
¹²⁹ Vgl. Erneuerbare Energie Österreich 2017d: online

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

- Biogas: 1.334 GWh
- Biokraftstoffe: 6.451 GWh
- Fernwärme (erneuerbarer Anteil): 11.024 GWh
- Holzbrennstoffe: 33.278 GWh
- Laugen: 8.198 GWh¹³⁰

Die Nutzung fester Biomasse für energetische Zwecke kann in Österreich auf eine lange Tradition zurückblicken und stellt somit eine der tragenden Säulen der erneuerbaren Energienutzung dar. Im Diagramm 5 ist die Marktentwicklung fester Biobrennstoffe in Österreich von 2007-2016 ersichtlich. Hierbei ist festzustellen, dass prinzipiell ein kontinuierlicher Anstieg des Bruttoinlandsverbrauchs zu verzeichnen ist, wobei 2014 aufgrund relativ hoher Durchschnittstemperaturen ein temporärer Rückgang stattfand.¹³¹

Diagramm 5: Verbrauch fester Biobrennstoffe in Österreich von 2006-2017 in Petajoule (PJ)¹³²



Im Allgemeinen werden organische Stoffe, natürlich wachsende oder lebende Materie und Abfallstoffe von Lebewesen als Biomasse bezeichnet. Hierbei werden fossile Energieträger, die ebenfalls durch Umwandlungsprozesse aus Biomasse entstanden sind, nicht berücksichtigt. Das gesamte Pflanzenwachstum basiert auf der einstrahlenden Sonnenenergie und ermöglicht letztlich das Leben auf der Erde.¹³³ Die Photosynthese stellt die Grundlage für die Erzeugung organischer Stoffe unter Einfluss von Lichtenergie dar. Dabei wird die elektromagnetische Energie des Lichts mittels lichtabsorbierender Farbstoffe aufgenommen und in chemische Energie konvertiert, um diese Energie in weiterer Folge für die Synthese energiereicher organischer Verbindung zu verwenden.¹³⁴ Prinzipiell wird über Farbstoffe wie Chlorophyll das Wasser H_2O mittels der eintreffenden Sonnenstrahlung gespalten. Folglich wird aus dem Wasserstoff H und dem Kohlendioxid CO_2 der Luft Biomasse $C_kH_mO_n$ gebildet und Sauerstoff O_2 freigesetzt. Die so entstandene Biomasse kann auf verschiedenste Arten energetisch genutzt werden. Hierbei wird so viel CO_2 emittiert, wie die Pflanze während ihres Wachstums aus der Luft gebunden hat. Somit gilt Biomasse als klimaneutrale erneuerbare

¹³⁰ Vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online

¹³¹ Vgl. Biermayr et al. 2017: 11

¹³² Biermayr et al. 2017: 11

¹³³ Vgl. Quaschnig 2015: 365

¹³⁴ Vgl. Watter 2015: 175

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Energiequelle, sofern nicht mehr Biomasse genutzt wird, als wieder nachwächst.¹³⁵

Es ist festzuhalten, dass es einige Kritikpunkte hinsichtlich der Bioenergienutzung zu beachten gilt. Wenngleich Biomasse als CO₂-neutral einzustufen ist, entstehen durch die Verbrennung weitere Emissionen wie Stickoxide oder Feinstaub, wobei sich diese prinzipiell durch entsprechende Filter zurückhalten lassen. Des Weiteren ist vor dem Hintergrund beschränkter Flächenverfügbarkeit und der Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion eine nachhaltige Nutzung der verfügbaren Biomasse zur Energiebereitstellung anzustreben.¹³⁶

Technische Aspekte der Biomassenutzung

Grundsätzlich wird zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern differenziert. Zur festen Biomasse zählen Holz, feste Bioabfälle, Stroh und Energiepflanzen. Es gibt eine große Vielfalt an Holzprodukten, wie beispielsweise Sägeabfälle, Rundholz, Scheitholz, Holzbriketts oder Holzpellets, wobei der Heizwert von Holz (in kWh/kg) im Wesentlichen vom Wassergehalt abhängt.¹³⁷ „Der Heizwert H_U (...) ist die bei einer Verbrennung maximal nutzbare Wärmemenge, bei der es nicht zu einer Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes kommt (...).“¹³⁸ Frische holzartige Biomasse hat einen typischen Wassergehalt von 40-60 %, während er bei Grünpflanzen bis zu 80 % betragen kann. Nach einer ausreichenden Trocknungszeit von bis zu zwei Jahren bezeichnet man die Biomasse als lufttrocken. Im Mittel wird dann von einem Wassergehalt von 15 % ausgegangen, wobei der Wassergehalt technisch getrockneter Biomasseprodukte wie Holzpellets unter 10 % beträgt. Es ist festzuhalten, dass sich der massenbezogene Heizwert unterschiedlicher Holzarten bei gleichem Trocknungsgrad kaum unterscheidet. Aufgrund verschiedener Dichten der Holzarten ergeben sich teils deutliche Differenzen beim volumenbezogenen Heizwert.¹³⁹

Bei flüssigen Bioenergieträgern wird zwischen Pflanzenölen, Biodiesel, Bioalkoholen und Biomass-to-Liquid (BtL) - Treibstoffen unterschieden. Diese Biomasseprodukte werden vorwiegend als Ersatz für fossile Brennstoffe verwendet. Der Heizwert von Biokraftstoffen variiert stark, wobei reines Pflanzenöl den höchsten volumenbezogenen Heizwert aufweist. Dieser liegt nur geringfügig unter dem von konventionellem Dieselmotorkraftstoff. Bei gasförmigen Bioenergieträgern dienen unterschiedlichste Biomasseressourcen als Ausgangsstoffe, wie Klärschlamm, tierische Exkremente, Futter- und Lebensmittelreste, Altfette sowie andere biologische Abfälle. Mais- oder Grassilage hat hierbei einen besonders hohen Ertrag, während zu bedenken ist, dass diese auch als Futtermittel genutzt wird. In Biogasanlagen können diese Biomasserohstoffe unter anaeroben Bedingungen durch bakterielle Faulung vergoren werden, wobei brennbares Biogas für die thermische und elektrische Nutzung entsteht, das hauptsächlich aus Methan (CH₄) sowie Kohlendioxid (CO₂) besteht.¹⁴⁰ In nachstehender Abbildung sind die unterschiedlichen Möglichkeiten der Energiebereitstellung aus Biomasse schematisch zusammengefasst.

¹³⁵ Vgl. Quaschnig 2015: 365

¹³⁶ Vgl. Quaschnig 2015: 376

¹³⁷ Vgl. Quaschnig 2015: 367f.

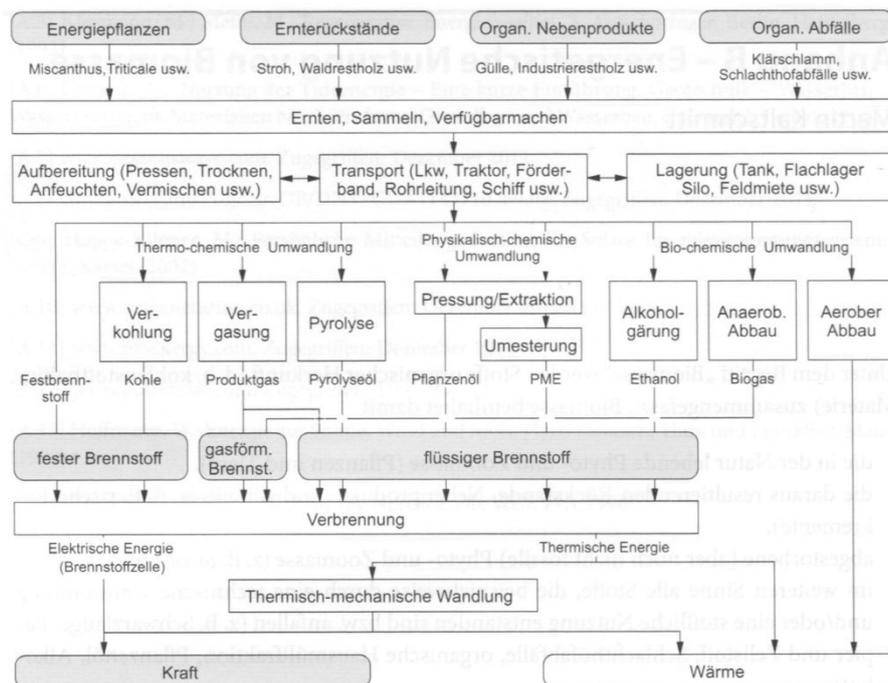
¹³⁸ Watter 2015: 180

¹³⁹ Vgl. Quaschnig 2015: 368f.

¹⁴⁰ Vgl. Quaschnig 2015: 371, 374f.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Abbildung 19: Möglichkeiten der Energiebereitstellung aus Biomasse¹⁴¹



Die energetische Nutzung von Biomasse erfordert eine Bereitstellungskette, mit der eine gegebene oder schwankende Endenergienachfrage gedeckt werden soll. Diese beinhaltet alle Prozesse von der Produktion der Energiepflanzen oder der Verfügbarmachung von Rückständen bzw. Abfällen organischen Ursprungs bis zur Endenergieversorgung, womit der Produktionsweg organischer Stoffe von der Primärenergie, über die Sekundärenergie (z. B. Holzbriketts, Holzpellets), bis zur End- bzw. Nutzenergie beschrieben wird. Die Bereitstellungskette lässt sich in die Abschnitte Biomasseproduktion bzw. -verfügbarmachung, Bereitstellung, Nutzung sowie Verwertung und Entsorgung von Nebenprodukten bzw. Abfällen gliedern. Für eine gute Versorgungssicherheit sind Art und Qualität der verfügbaren Biomasse entscheidend, sowie die Kenntnis des zeitlichen Verlaufs des Biomasseangebots und der Energienachfrage, unter Beachtung der jahreszeitlichen Schwankungen, wodurch sich gegebenenfalls Lagernotwendigkeiten ergeben. Jedenfalls muss eine gefundene Kombination aus Biomasseprodukten zur Energieversorgung an regionale bzw. räumliche Rahmenbedingungen angepasst, sowie ökologisch, ökonomisch und sozial verträglich sein.¹⁴²

Die thermische Nutzung fester Biomasseprodukte erfolgt in gängigen Heizungsanlagen, wie offenen oder geschlossene Kaminen, Kaminöfen, Kachelöfen, Pellets-, Stückholz- und Hackschnitzelheizungen sowie Biomasseheizwerke. In konventionellen Gas- und Ölheizungen können gasförmige und flüssige Bioenergieträger zum Einsatz kommen. Über die thermische Nutzung hinaus kann Biomasse auch für die Elektrizitätsproduktion verwendet werden, indem in Biomassekraftwerken die Energie umgewandelt wird.¹⁴³

¹⁴¹ Kaltschmitt et al. 2013: 894

¹⁴² Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 894f.

¹⁴³ Vgl. Quaschnig 2015: 377f., 380

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

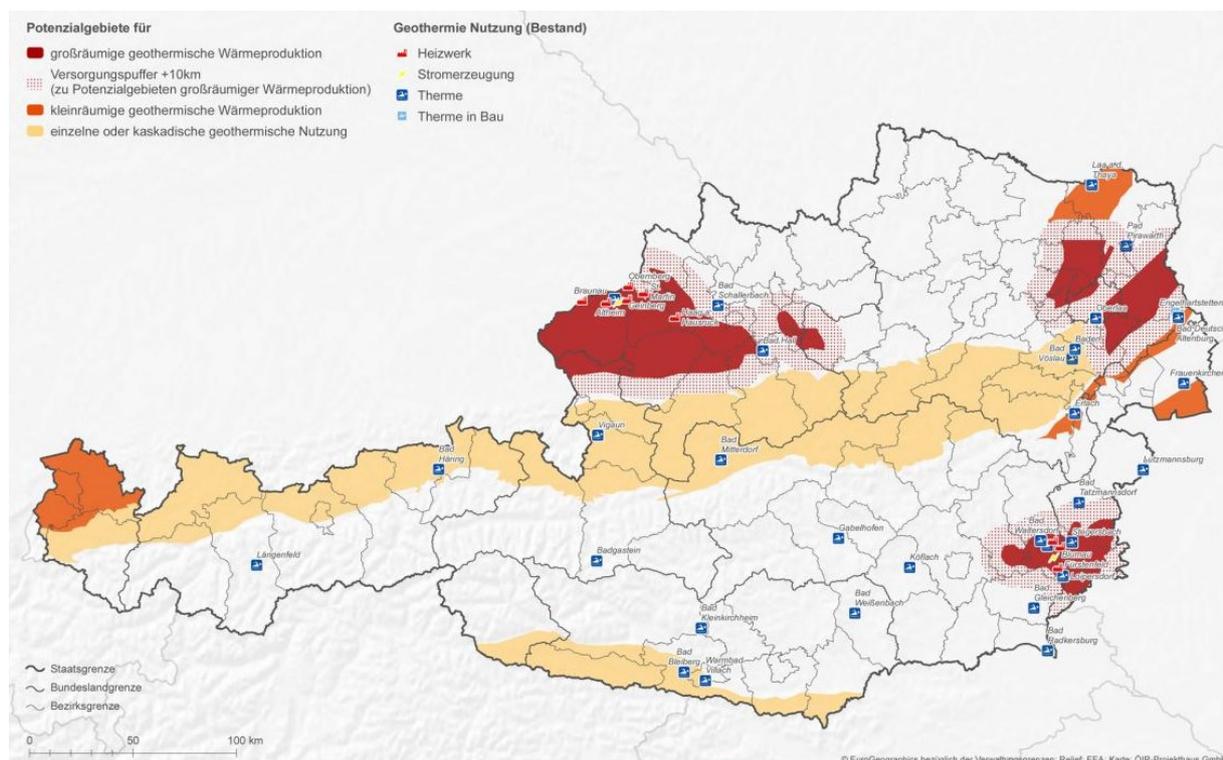
2.1.5. Geothermie und Umgebungswärme

Grundlagen

Im Allgemeinen beschäftigt sich die Geothermie mit der im Untergrund vorhandenen Erdwärme. Die Temperatur im Erdinneren nimmt mit der Tiefe stetig zu und erreicht im Bereich des Erdkerns über 4.000 °C. Erdwärme wird bereits seit Jahrhunderten in natürlich aufgeheizten Thermalwässern vorwiegend zur Regeneration genutzt, während sie heutzutage auch die Gewinnung emissionsfreier Energie verwendet wird. Hinsichtlich der energetischen Nutzung wird zwischen tiefer und oberflächennaher Geothermie und Umgebungswärme differenziert. Bei der tiefen Geothermie wird aus natürlichem Thermalwasser für die Wärme und Elektrizität gewonnen. Im Gegensatz dazu wird bei der oberflächennahen Geothermie mittels Sonden bzw. Kollektoren in einigen Metern bis < 150 m Tiefe ein künstlicher Wärmestrom erzeugt. Derartige Systeme funktionieren in Kombination mit Wärmepumpen und können auch zur Raumkühlung dienen.¹⁴⁴

Im Jahr 2016 gab es in Österreich einen energetischen Endverbrauch an Geothermie von 83 GWh und 2.414 GWh an Umgebungswärme.¹⁴⁵ Karte 3 zeigt den Bestand und die Potenzialgebiete hydrothermaler Geothermie, welche in Österreich erst in geringem Maße erschlossen sind.

Karte 3: Bestand und Potenzialgebiete hydrothermaler Geothermie in Österreich¹⁴⁶



Die Begriffsabgrenzung zwischen der oberflächennahen (seichten) Geothermie und der Tiefengeothermie fällt nicht eindeutig aus und wird in der vorliegenden Literatur unterschiedlich beziffert. In der Schweiz wird die Grenze mit 400 m angegeben, in Deutschland wird oft 100 m als Grenze genannt und in Österreich spricht man ab 150 m von Tiefengeothermie.¹⁴⁷ Nach Prinz et al.

¹⁴⁴ Vgl. Geologische Bundesanstalt o.J.: online

¹⁴⁵ Vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online

¹⁴⁶ Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR) o.J.: online

¹⁴⁷ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 621f.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

(2009) kann bei der oberflächennahen Geothermie eine weitere Unterteilung in Umgebungswärme aus dem Erdreich getroffen werden. Da bei räumlichen Erdwärme-Potenzialanalysen eine genaue Abgrenzung erforderlich ist, wird im Zuge dieser Arbeit folgende Einteilung festgelegt:

- Umgebungswärme (Bodentypen): 1 - 2 m
- Oberflächennahe Geothermie (Gesteinstypen): ≤ 400 m
- Tiefengeothermie (hydrothermale Aquiferen): > 400 m - 3.000 m¹⁴⁸

Bei der Nutzung geothermischer Ressourcen wird prinzipiell zwischen Heißwasser-Aquiferen (Thermalwasser), Störungszonen und heißen, trockenen kristallinen Gesteinen (z. B. Gneis, Granit) unterschieden. Heißwasser-Aquiferen sind eher selten. Des Weiteren sind mit der Verfügbarmachung heißer unterirdischer Wasserquellen hohe Bohrkosten (rund 1 Mio. €/km) verbunden, wobei auch das Risiko besteht nicht auf die erwarteten Vorkommen zu treffen. Der Vorteil der Tiefengeothermie liegt in der Möglichkeit das heiße Thermalwasser direkt energetisch zu nutzen. Dagegen haben heiße Tiefengesteine die größten Geothermiepotenziale. Um diese nutzen zu können, wird das sogenannte Hot-Dry-Rock-Verfahren (HDR) angewandt. Dabei werden durch eingepresstes kaltes Wasser Hohlräume ins heiße Gestein gesprengt, um anschließend injiziertes Wasser nach der Erwärmung zu fördern. Zu diesem Verfahren gibt es einzelne Demonstrationsprojekte in Zentraleuropa (Deutschland, Frankreich, Schweiz), bei denen Tiefen von 3.000 bis 5.000 m angestrebt werden.¹⁴⁹ Bei der oberflächennahen Geothermie wird die Wärme aus den unterschiedlichen Gesteinen (z. B. Granit, Gneis, Kalkstein, Ton) entzogen, während bei der Nutzung der Umgebungswärme die spezifische Wärmeentzugsleistung der Bodentypen (z. B. Braunerde, Tschernosem, Redzinen, Auböden) von Bedeutung ist.¹⁵⁰

Technische Aspekte der Geothermie- und Umgebungswärmenutzung

Als Geothermie wird die Nutzung der Energie verstanden, die unter der Erdkruste in Form von Wärme gespeichert vorliegt. Diese resultiert aus dem Zerfall natürlicher Radioisotope im Gestein und aus dem Wärmeaustausch mit tieferen Erdschichten. Die Anwendung von Wärmepumpen ermöglicht es die Wärme direkt zu nutzen, während sie auch mittels Kraft-Wärme-Koppelung in Elektrizität umgewandelt werden kann.¹⁵¹ Als Wärmepumpe bezeichnet man eine Maschine, die mittels einer mechanisch oder elektrisch betriebenen Pumpe Heizwärme aus Niedertemperaturwärmequellen zur Erzeugung von Wärme (Heizung, Warmwasser, Prozesswärme) gewinnt.¹⁵²

Zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie und Umgebungswärme sind Systeme zur Nutz- bzw. Endenergiebereitstellung erforderlich. Diese Anlagen bestehen üblicherweise aus drei Systemelementen:

- Wärmequellenanlage (ermöglicht Energieentzug aus dem oberflächennahen Erdreich)
- Wärmepumpe oder andere technische Einrichtung (erhöht die Temperatur auf ein technisch nutzbares Niveau)
- Wärmesenke (Anlage zur Nutzung der Wärme, die durch eine Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht wurde)¹⁵³

¹⁴⁸ Vgl. Prinz et al. 2009: 57, 63f.

¹⁴⁹ Vgl. Quaschnig 2015: 349f.

¹⁵⁰ Vgl. Prinz et al. 2009: 55, 64

¹⁵¹ Vgl. Erneuerbare Energie Österreich 2017e: online

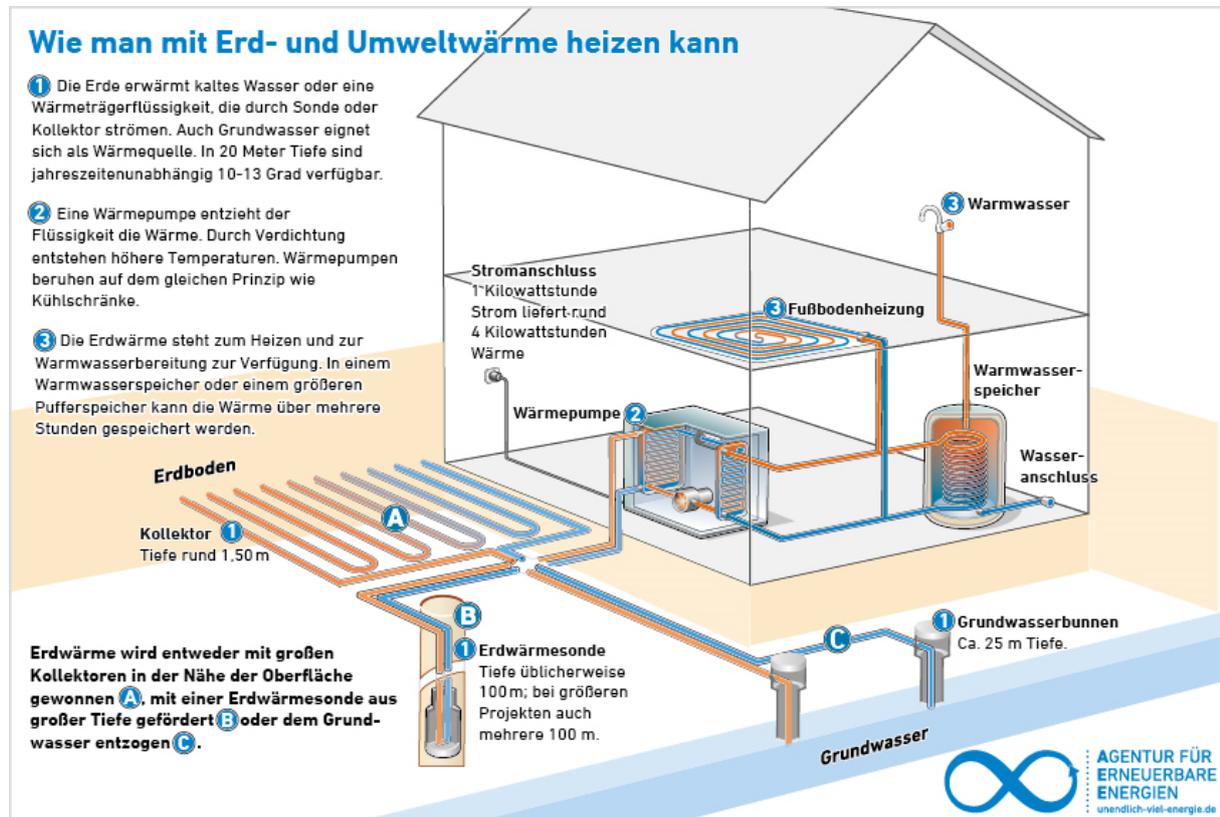
¹⁵² Vgl. Quaschnig 2015: 356

¹⁵³ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 623

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

In folgender Abbildung ist eine schematische Darstellung von Anlagearten zur Nutzung oberflächennaher Geothermie und Umgebungswärme, für eine dezentrale Wärmebereitstellung ersichtlich.

Abbildung 20: Nutzung seichter Geothermie mittels Kollektoren, Sonden und Grundwasserbrunnen¹⁵⁴

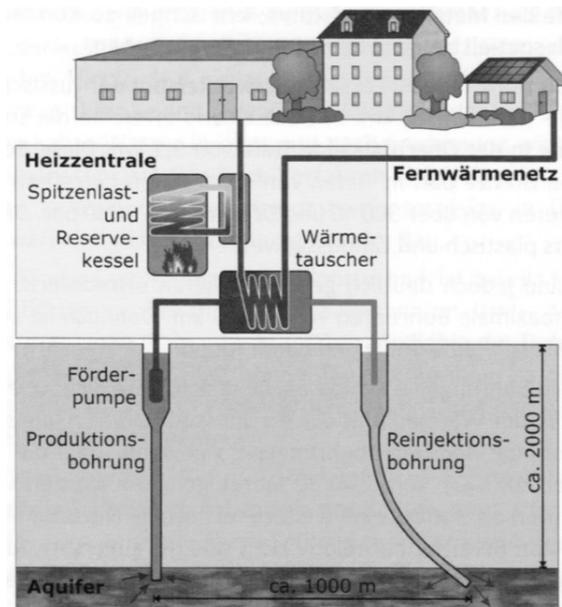


Im Gegensatz dazu wird bei geothermischen Heizwerken das Thermalwasser zur Wärmeversorgung genutzt, wobei sich eine Verteilung über ein Nah- oder Fernwärmenetz anbietet. Tiefenbohrungen sind allerdings mit erheblichen Kosten verbunden, während bei vorhandenen Bohrlöchern eine geothermale Wärmeversorgung leicht zu realisieren ist. Prinzipiell wird mittels einer Förderpumpe heißes Thermalwasser an die Oberfläche befördert, welches jedoch oft einen hohen Salzgehalt und geringfügige radioaktive Verunreinigungen aufweist, weshalb es nicht direkt zur Wärmeversorgung genutzt werden kann. Mit Hilfe eines Wärmetauschers kann dem Thermalwasser Wärme entzogen und in ein Fernwärmenetz abgegeben werden. Für die Wärmebereitstellung reichen Temperaturen von unter 100 °C aus, wodurch in geothermisch geeigneten Regionen meist Bohrtiefen von 2.000 m ausreichen.¹⁵⁵ Nachstehende Darstellung zeigt das Prinzip eines geothermischen Heizwerks.

¹⁵⁴ Agentur für erneuerbare Energien e. V. (o.J.): online

¹⁵⁵ Vgl. Quaschnig 2015: 351

Abbildung 21: Prinzip eines geothermischen Heizwerks¹⁵⁶



Darüber hinaus gibt es Möglichkeiten der geothermischen Stromerzeugung. In diese wird vor dem Hintergrund künftiger Klimaschutzmaßnahmen ebenfalls große Hoffnungen gesetzt werden. Dabei ist das Potenzial für solche Kraftwerke in Ländern mit geothermischen Anomalien besonders hoch. Beispielsweise sind in Island, Italien oder Indonesien bereits mehrere geothermische Kraftwerke in Betrieb.¹⁵⁷

2.2. Methoden der räumlichen Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger

In diesem Kapitel werden GIS-gestützte Methoden zur räumlichen Potenzialanalyse, differenziert nach den erneuerbaren Energieträgern, vorgestellt. Den Ausgangspunkt stellt die von den Research Studios Austria iSPACE entwickelte Methode dar, welche im Auftrag der ÖROK durchgeführt wurde. Im Projekt *Energie und Raumentwicklung - Räumliche Potenziale erneuerbarer Energieträger* erfolgte die Modellierung der Potenziale erneuerbarer Energien mit den Methoden der Geoinformatik, was eine räumliche Darstellung der Energiepotenziale ermöglicht.

Die Potenziale regenerativer Energieträger variieren stark je nach den regional spezifischen Gegebenheiten. Daher erfordert die Analyse von Potenzialen erneuerbarer Energien eine umfangreiche Integration verschiedener räumlicher Aspekte. Aufgrund dieser Tatsache ist eine räumlich differenzierte Betrachtung jedes einzelnen erneuerbaren Energieträgers erforderlich, wobei auch die unterschiedlichen Informationsschichten, wie beispielsweise Hangneigung, Exposition und Landbedeckung zusammengeführt werden müssen. Dies kann durch die Werkzeuge Geografischer Informationssysteme und durch die Verfahren der Geoinformatik erfüllt werden.¹⁵⁸ Hierbei ist eine gute Verfügbarkeit von fundierten, räumlich verorteten Daten entscheidend für die Qualität der Modellergebnisse.¹⁵⁹

¹⁵⁶ Quaschnig 2015: 352

¹⁵⁷ Vgl. Quaschnig 2015: 352

¹⁵⁸ Vgl. Prinz et al. 2009: 29

¹⁵⁹ Vgl. Biberacher et al. 2010: 33

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Ausgangspunkt für die Methodik der Potenzialmodellierung ist, dass die theoretisch verfügbaren Potenziale der einzelnen relevanten Energieträger modelliert werden.¹⁶⁰ „Das theoretische Potenzial beschreibt das in einer gegebenen Region innerhalb eines Zeitraums theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot (...) und markiert damit die Grenze des theoretisch realisierbaren Beitrages zur Energiebereitstellung.“¹⁶¹ Nach der Einbeziehung technischer Einschränkungen kann darauf folgend das Potenzial auf die technischen Möglichkeiten eingegrenzt werden. Die Modellierung der eingeschränkten technischen Potenziale wird unter Beachtung von naturräumlichen und raumordnungsrelevanten Restriktionen durchgeführt. Das eingeschränkte technische Potenzial wird ermittelt, indem das technische Potenzial mit den verbliebenen in Frage kommenden Flächen, unter Ausschluss nicht geeigneter Flächen, verschnitten wird.¹⁶²

In diesem Zusammenhang sind allerdings Flächenkonkurrenzaspekte zwischen unterschiedlichen Landnutzungen und mögliche Umweltwirkungen durch die Energieproduktion zu beachten, um dem Anspruch einer nachhaltigen Raumentwicklung gerecht zu werden.¹⁶³ Des Weiteren ist es aus Sicht der Raumplanung zweckmäßig die unterschiedlichen Nutzungsmöglichkeiten erneuerbarer Energien hinsichtlich der zu erwartenden Flächeninanspruchnahme und anderer relevanter Raumwirkungen zu unterscheiden. Bei der Nutzung von Solarpaneelen auf Dachflächen, Wasserkraft, Geothermie und Bioenergie aus Biomassereststoffen liegen keine zusätzlichen Flächenbedarfe oder negative Raumwirkungen vor.¹⁶⁴

Grundsätzlich kommen bei GIS-gestützten Methoden zur Potenzialanalyse erneuerbarer Energien, geographische und statistische Inputdaten zum Einsatz. Durch die Verschneidung und Prozessierung der Daten können die nutzbaren Flächen für die betrachteten regenerativen Energieträger ermittelt und räumlich visualisiert werden.¹⁶⁵ Es ist festzustellen, dass eine Analyse auf Grundlage von Vektordatensätzen sehr rechen- und zeitintensiv, weshalb meist Rasterdaten zur Anwendung kommen.¹⁶⁶ Hierbei ist es notwendig, dass alle Eingabedaten die gleiche räumliche Auflösung besitzen. In das Potenzialmodell werden somit die relevanten Datensätze je erneuerbarem Energieträger wie z. B. Informationen zur Topografie, Landnutzung, Globalstrahlung und Gebäudekataster integriert.¹⁶⁷

Da sich viele Kriterien auf die Nutzbarkeit potenzieller Flächen auswirken, ist eine umfangreiche Sammlung der relevanten Sachdaten eine Voraussetzung, um bei der Analyse möglichst viele Faktoren einzubeziehen.¹⁶⁸ Die erforderlichen Grundlagendaten werden in den nächsten Kapiteln, gesondert nach den erneuerbaren Energien, detaillierter betrachtet. In folgender Abbildung ist der prinzipielle Ablauf der Potenzialmodellierung dargestellt.

¹⁶⁰ Vgl. Prinz et al. 2009: 29

¹⁶¹ Neubarth/Kaltschmitt 2000: 22

¹⁶² Vgl. Prinz et al. 2009: 29ff.

¹⁶³ Vgl. Dumke/Fischbäck/Hirschler/Kronberger-Nabielek et al.: 258

¹⁶⁴ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)) 2015: 66

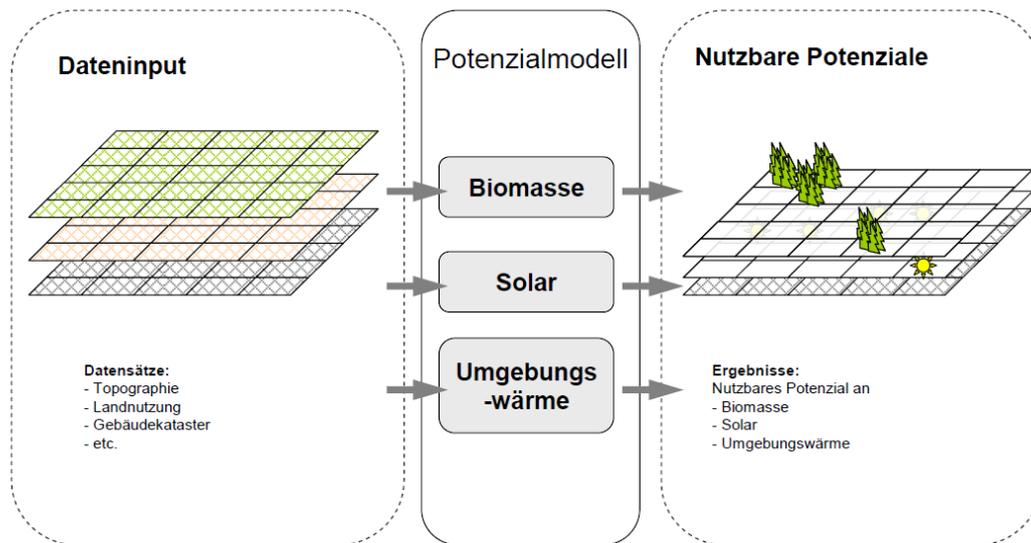
¹⁶⁵ Vgl. Biberacher et al. 2010: 27

¹⁶⁶ Vgl. Bundesanstalt für Immobilienaufgaben o.J.: 14

¹⁶⁷ Vgl. Biberacher et al. 2010: 27

¹⁶⁸ Vgl. Bundesanstalt für Immobilienaufgaben o.J.: 6

Abbildung 22: Prinzipieller Ablauf einer Potenzialmodellierung¹⁶⁹



Im Rahmen von räumlichen Potenzialanalysen erneuerbarer Energieträger sind auch Formen der Flächeninanspruchnahme und der Raumwirkungen zu beachten, da die Energieproduktion grundsätzlich Flächenbedarfe erfordert. Die räumlichen Wirkungen sind hierbei je nach Energiesparte spezifisch. Dies bedeutet, dass die in Anspruch genommenen Flächen nicht immer andere Nutzungen und Funktionen vollständig ausschließen, während beispielsweise durch Windkraftanlagen verursachte Raumwirkungen deutlich über die Anlagenstandorte hinausreichen. Daher sollten die spartenspezifischen Raumwirkungen bezüglich ihrer Ausdehnung und Qualität analysiert werden, um Restriktionen hinsichtlich der Einbeziehung von Schutzaspekten oder in Konkurrenz stehenden Nutzungen zu berücksichtigen. Somit kann die Verträglichkeit der Nutzung erneuerbarer Energieträger an einem bestimmten Standort, mit anderen auf diesen Flächen oder in der Umgebung vertretenen Interessen bzw. Einflüssen, beurteilt werden.¹⁷⁰

2.2.1. Solarenergiepotenzial

Grundsätzlich basiert die Modellierung des theoretischen Solarkraftpotenzials auf der räumlichen und zeitlichen Betrachtung der Sonneneinstrahlung sowie der Geländeform. Ausgehend von der täglich verfügbaren Globalstrahlung wird zunächst nach direkter (ca. 31 %) und diffuser Sonnenstrahlung unterschieden, um folgend die theoretische Strahlungsmenge durch die Integration von langjährigen Globalstrahlungsmessreihen zu kalibrieren.¹⁷¹ Auf Grundlage des digitalen Höhenmodells (DHM) und des Sonnenverlaufs wird für jede Rasterzelle, unter Berücksichtigung der Abschattungseffekte, die verfügbare direkte Solarstrahlung ermittelt. Durch Einbeziehung des Sonnenstandes, der halbstündig ausgewiesen wird, kann das Potenzial der direkten Sonnenstrahlung je m² auf die horizontale Fläche jeder Rasterzelle pro Tag kalkuliert werden. Die Monatswerte werden mittels einer Kumulierung des direkten Strahlungspotenzials für jede Rasterzelle bestimmt. Die diffuse Solarstrahlung wird ermittelt, indem der gesamte Himmel in Sektoren eingeteilt wird, welche vom Zenit- und Azimutwinkel abhängen. Die Summierung der Ergebnisse aus direkter und indirekter Strahlung, ergibt die monatlich verfügbare Globalstrahlung auf die horizontale Fläche für jede Rasterzelle in einem

¹⁶⁹ Biberacher et al. 2010: 28

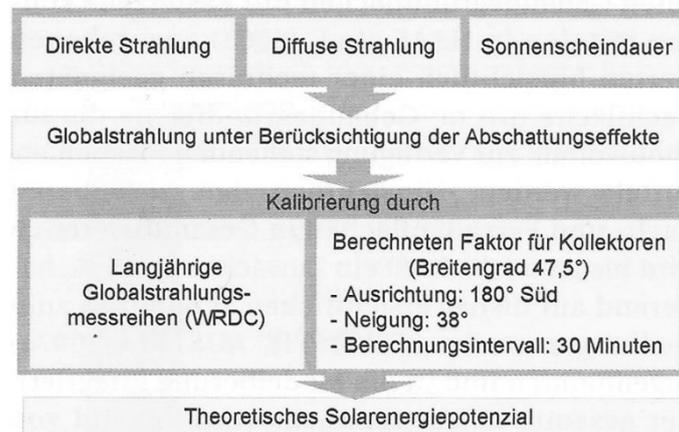
¹⁷⁰ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 40

¹⁷¹ Vgl. Prinz et al. 2009: 32

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Untersuchungsgebiet.¹⁷² Die Abschätzung der monatlich nutzbaren Strahlungsenergie erfolgt unter der Annahme, dass die Solarkollektoren südlich ausgerichtet und um 38° zur Horizontalen geneigt sind. Damit ergibt sich das theoretisch verfügbare Solarkraftpotenzial für Photovoltaik und Solarthermie.¹⁷³ Es ist anzumerken, dass unterschiedliche Annahmen über die Ausrichtung der Paneele in einer Potenzialanalyse zugrunde gelegt werden können. Folgende Abbildung zeigt die Modellierungsschritte zur Ermittlung des theoretischen Solarkraftpotenzials.

Abbildung 23: Modellierung des theoretischen Solarkraftpotenzials¹⁷⁴



In der Literatur werden unterschiedliche Neigungswinkel der Solarmodule zur Horizontalen empfohlen, um einen maximalen Energieertrag zu erzielen. Beispielsweise wird in Haas et al. (2003) angegeben, dass in österreichischen Breitengraden bei PV-Anlagen der ideale Winkel bei südlicher Ausrichtung 30° beträgt. Jedoch wird ebenfalls festgehalten, dass Abweichungen zwischen Süd-Ost und Süd-West keine wesentlichen Auswirkungen auf den Elektrizitätsertrag haben und es auch beim Neigungswinkel einen großen Toleranzbereich gibt. Für den Standort Linz ergibt sich z. B. zwischen 8° bis 53° Neigung eine Ertragsminderung von weniger als 5%.¹⁷⁵

Um das technische Potenzial zu berechnen, müssen die technischen Einschränkungen hinsichtlich der Wirkungsgrade der Solarthermie- und Photovoltaikanlagen einbezogen werden. Bis zum Jahr 2020 kann ein mittlerer technischer Wirkungsgrad von 14 % für Photovoltaikanlagen und 50 % für die solarthermische Nutzung zugrunde gelegt werden. Räumlich betrachtet weisen Regionen mit höheren Lagen und vorwiegend südlich ausgerichtetem Relief ein höheres Solarenergiepotenzial auf.¹⁷⁶ Ausgehend von den Berechnungen des technischen Potenzials wird folgend das eingeschränkte technische Potenzial, unter Einbeziehung der (räumlich) relevanten Restriktionen, abgeschätzt. Hierbei werden die Photovoltaik und die Solarthermie gesondert betrachtet.¹⁷⁷ Die zu beachtenden rechtlichen Nutzungseinschränkungen hinsichtlich geeigneter Flächen zur Solarenergienutzung beziehen sich auf die Raumordnung, den Naturschutz, die Bauordnung, den Denkmalschutz sowie andere Rechtsmaterien. Des Weiteren sollen auch Aspekte der Produktionskonkurrenz zwischen verschiedenen erneuerbaren Energietechnologien, als auch eine mögliche Flächenkonkurrenz

¹⁷² Vgl. Biberacher et al. 2010: 43

¹⁷³ Vgl. Prinz et al. 2009: 32

¹⁷⁴ Prinz et al. 2009: 33

¹⁷⁵ Vgl. Haas et al. 2003: 25

¹⁷⁶ Vgl. Prinz et al. 2009: 33

¹⁷⁷ Vgl. Prinz et al. 2009: 34

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

hinsichtlich anderer Nutzungen einbezogen werden.¹⁷⁸

Grundsätzlich lässt sich bei Photovoltaiksystemen zwischen Gebäude- und Freiflächenanlagen unterscheiden.¹⁷⁹ Für die Photovoltaiknutzung werden Dach- und Fassadenflächen sowie Ackerflächen und Wiesen als potenziell geeignete Flächen angenommen. Ausgehend von den Gebäudegrundflächen (Gebäudekataster) pro Rasterzelle, lassen sich die technisch geeigneten Dach- und Fassadenflächen errechnen.¹⁸⁰ Diese Methode ist für Regionen von Bedeutung, die über keine ausreichende Datengrundlage über Fassaden- und Dachflächen verfügen. Nach der Umrechnung der Grundflächenzahlen auf geeignete Dach- und Fassadenflächen, wird darauf folgend das PV-Potenzial unter Anwendung von Faktoren, bezüglich der architektonischen Eignung und des solaren Ertrags, für die nutzbaren Flächen errechnet.¹⁸¹ Bei der Solarthermienutzung werden ausschließlich Dachflächen zur Anlageninstallation in Betracht gezogen, da die Nähe zum Wärmebedarf, aufgrund der hohen Wärmeverluste während des Transports, von großer Bedeutung ist. Die Berechnung des Dachflächenpotenzials für die Solarthermie erfolgt analog der Berechnung zur Ermittlung der geeigneten Dachflächen für die Photovoltaik. Die somit ermittelten Potenziale stellen eine Grundlage für die Entwicklung von Szenarien dar, die sich auf die Möglichkeiten der Nutzung geeigneter Flächen beziehen.¹⁸²

Biberacher et al. (2010) beschreiben die Vorgehensweise zur Ermittlung des Faktors für geeignete Dachflächen. Hierbei werden die verfügbaren südlich ausgerichteten Dachflächen innerhalb eines Untersuchungsgebiets abgeschätzt. Den Ausgangspunkt stellt ein aus einem Bildmatching-Verfahren erstelltes Oberflächenmodell, mit einer Auflösung von 0,5 m², für einen Teilbereich eines Untersuchungsgebietes, dar. Dieses Oberflächenmodell wird folgend mit den Gebäudeflächen aus dem Gebäudekataster verschnitten, um die vorhandenen Dachflächen näherungsweise zu bestimmen. Von den identifizierten Dachflächen werden anschließend jene ausgewählt, die eine südöstliche bis südwestliche Ausrichtung aufweisen. Damit kann für das restliche Testgebiet ein repräsentativer Faktor ermittelt werden, der die Relation geeigneter Dachflächen für die Solarenergienutzung zu den gesamten Dachflächen in einem Gebiet beschreibt. Im hier beschriebenen Projekt wurde im Mittel ein Anteil von 35 % südlich ausgerichteter Dachflächen zu den gesamten Dachflächen ermittelt und auf das gesamte Untersuchungsgebiet übertragen. Mit dem Oberflächenmodell ist es möglich, die Neigungen der Dachflächen zu ermitteln, wodurch sich die Einstrahlungswerte auf die reale Fläche berechnen lassen.¹⁸³ Auf Grundlage evidenter Tendenzen wird ein Zuwachs der Dach- und Fassadenflächen für Österreich prognostiziert, was in die Kalkulation einbezogen werden kann.¹⁸⁴

Bei der Potenzialanalyse für PV-Freiflächenanlagen können potenzielle Freiflächen im Wesentlichen in die drei Gebietskategorien eingeteilt werden: Gewerbegebiete, Konversions- und versiegelte Flächen sowie Flächen an Schienen und Autobahnen. Im Projekt „*GIS-basierte Ermittlung von Freiflächen-PV-Anlagen in Mecklenburg-Vorpommern*“ wird den Flächen entlang von Autobahnen und Schienen das größte Potenzial für die PV-Nutzung zugeschrieben. Für diese Potenzialanalyse wurden folgende

¹⁷⁸ Vgl. Stanzer/Novak et al. 2010: 16

¹⁷⁹ Vgl. Holst/Kertscher/Grenzdörffer 2012: 12

¹⁸⁰ Vgl. Prinz et al. 2009: 34

¹⁸¹ Vgl. Haas et al. 2003: 97

¹⁸² Vgl. Prinz et al. 2009: 38

¹⁸³ Vgl. Biberacher et al. 2010: 49ff.

¹⁸⁴ Vgl. Prinz et al. 2009: 34

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Geodaten verwendet:

- Verkehrsinfrastruktur: Schienen, Autobahnen
- Amtliche Geobasisdaten: DGM, Feldblockkataster, Schutzgebiete
- Energieinfrastruktur: 110 KV-Leitungsnetz, Umspannwerke.¹⁸⁵

Der Ausgangspunkt dieser GIS-Analyse ist die einschränkende Faktoren zu definieren und in ein GIS-Modell zu implementieren. Diese Rahmenbedingungen werden in einem Anforderungskatalog angeführt. Hier werden u. a. die Abstände zu den untersuchten Verkehrswegen festgelegt, Ausschlusszonen aufgrund von Schutzgebieten definiert und eine Größe von mindestens 3 ha für eine PV-Anlage vorgeschrieben. Des Weiteren werden drei Eignungskategorien definiert, wobei die effizienteste Nutzung auf Flächen mit südlicher Ausrichtung, mit einer maximalen Abweichung von 45° (135°-180°-225°) möglich ist. Technisch wird die GIS-Analyse mit der Software ArcGIS 10 unter Verwendung des ModelBuilders durchgeführt. Durch dieses Modellierungstool können eine Reihe von Geodatenverarbeitungsprozessen aneinandergereiht und somit die Verarbeitungsschritte zur Identifikation der Potenzialflächen zum Teil automatisiert werden. Der hohe Automatisierungsgrad ermöglicht es mit geringem Arbeitsaufwand Daten zu aktualisieren und diese Methode auf andere Untersuchungsgebiete, bei gleichen Inputdaten, anzuwenden.¹⁸⁶ Hierbei sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

- Maximaler Abstand von 110 m von der Außenkante hochrangiger Verkehrswege (Autobahnen und Schienenwege)
- Minimaler Abstand von 40 m zur Fahrbahn von Autobahnen (Anbauverbotszone)
- Minimaler Abstand von 20 m zur Gleisachse von Schienenwegen
- Mindestgröße einer PV-Anlage zur wirtschaftlichen Nutzung von 3 ha
- Nähe zu möglichen Netzverknüpfungspunkten (Umspannwerk bzw. HS- oder MS-Leitungsnetz)
- Nutzung von PV-Anlagen auf ausgewählten Grünlandflächen (Acker- und Grünland; Ausschluss von Forstgebieten, bebauten Gebieten etc.)
- Naturschutzgebiete, Nationalparks und Biosphärenreservate werden ausgeschlossen

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass je nach methodischem Ansatz folgende Datengrundlage bei räumlichen Solarpotenzialanalysen zur Anwendung kommen:

- Daten aus Globalstrahlungsmessungen
- Digitales Geländemodell (DGM) bzw. Digitales Oberflächenmodell (DOM)
- Flächennutzungsklassen/ Landbedeckungsklassen (CORINE Land Cover)
- Gebäudekataster bzw. Dachflächenkataster
- Verkehrsinfrastruktur
- Energieinfrastruktur
- Schutzgebiete

In Bezug auf die Flächen-, Umwelt- und Raumwirkungen wird bei der Nutzung der Solarenergie in Freiflächen- und gebäudegebundene Anlagen differenziert.

Bei PV-Freiflächenanlagen besteht eine direkte Flächenkonkurrenz zu anderen Funktionen, wie landwirtschaftlichen Nutzungen, (potenziellen) Wohngebieten sowie Gewerbe- und Verkehrsflächen,

¹⁸⁵ Vgl. Holst/Kertscher/Grenzdörffer 2012: 12f.

¹⁸⁶ Vgl. Holst/Kertscher/Grenzdörffer 2012: 13ff.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

auf denen die Errichtung ausgeschlossen ist. Ökologische Schutzfunktionen werden hingegen nicht oder in sehr geringem Maße beeinträchtigt. Hinsichtlich der unterschiedlichen Raum- und Umweltfunktionen können bedingt durch spezifische Standortqualitäten entsprechende Konflikte auftreten, die es zu beachten gilt. Hierbei können fünf Kategorien von Konfliktgruppen unterschieden werden: Abiotik, Flora, Fauna, Mensch und Sonstige.¹⁸⁷ In nachstehender Tabelle sind die zu beachtenden Aspekte bezüglich der unterschiedlichen Konfliktgruppen ersichtlich.

Tabelle 2: Konflikte bezüglich der Flächeninanspruchnahme für PV-Freiflächenanlagen¹⁸⁸

Konfliktgruppen	Flächen- bzw. Standortqualitäten besonderer Empfindlichkeit
Abiotik	
Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts durch anlagenbedingte Bodenversiegelung und -überschirmung mit negativen Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser) - Gebiete mit besonders geringer Vorbelastung
Flora	
Baubedingte Veränderung der biotischen Standortfaktoren	<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonders empfindlichen Habitaten (Habitatfunktionen) - Gebiete mit besonders geringer Vorbelastung
Fauna	
Entzug des Lebensraums für die Fauna durch die Einzäunung des Betriebsgeländes (Barriereeffekt)	<ul style="list-style-type: none"> - Brut-, Nahrungs- und Rasthabitat besonders empfindlicher Groß- und Mittelsäuger - Verbindungsflächen zwischen Einzelpopulationen einer Metapopulation - Lebensräume wandernder Arten
Lebensraumverluste und Beeinträchtigungen durch direkte Flächeninanspruchnahme	<ul style="list-style-type: none"> - Brut-, Nahrungs- und Rasthabitat besonders empfindlicher Groß- und Mittelsäuger
Mensch	
Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und der Erholungsfunktion für den Menschen durch Einführung technischer Bauwerke (PV-Freiflächenanlagen)	<ul style="list-style-type: none"> - Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion - Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit - Gebiete mit besonderen Kultur-, Bau- und Bodendenkmälern - Gebiete mit besonderer Sichtschutzfunktion
Beeinträchtigungen für Menschen durch visuelle Wirkungen und optische Emissionen	<ul style="list-style-type: none"> - Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung - Kuppen oder Tallagen mit besonderem Erholungswert - Sichtachsen mit besonderem Erholungswert
Weitere	
Verdrängung von Nutzungen mit besonderer Funktion	<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderem Bestandsschutz

¹⁸⁷ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 50f.

¹⁸⁸ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 51 (eigene Darstellung)

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Gebäudegebundene Solaranlagen erzeugen generell keine direkte Nutzungskonkurrenz, wobei die photovoltaische zur solarthermischen Energieerzeugung in Konkurrenz steht. Bezüglich anderer Schutz- und Nutzungsfunktionen besteht also keine direkte Relevanz. Jedoch gehen von Solaranlagen auf Dach- und Fassadenflächen durchaus ästhetische Wirkungen aus. Zudem können auch Denkmalschutzvorgaben die solaren Nutzungsmöglichkeiten einschränken. Inwieweit derartige Belange in eine Potenzialanalyse einfließen können, hängt von der Größe des zu untersuchenden Gebietes ab.¹⁸⁹

2.2.2. Wasserkraftpotenzial

Allgemein wird das theoretische Wasserkraftpotenzial auf Grundlage des lokalen Niederschlags sowie des Abflusses berechnet. Des Weiteren ist vom Niederschlag die Verdunstung abzuziehen, während der Abfluss von der Beschaffenheit der Geländeoberfläche abhängt. Über die lokalen Höhenunterschiede und die kumulierten Zuflüsse, lässt sich durch Einbeziehung der Gravitation das energetische Wasserkraftpotenzial ermitteln.¹⁹⁰ Zur Analyse von regionalen Wasserkraftpotenzialen ist eine Vielzahl an Informationen notwendig. Hierbei sind beispielsweise Eigenschaften der Einzugsgebiete, Flussverläufe, Anlagenwirkungsgarde, Produktionsdaten bereits vorhandener Kraftwerksstandorte sowie ökologische Kriterien und ökonomische Aspekte zu beachten. Je nach Detailgrad oder Schwerpunkt einer Untersuchung können unterschiedliche Datengrundlagen in die Berechnungen einfließen.¹⁹¹

Zu Beginn der Modellierung werden die Fließrichtung des Wassers sowie die lokalen Höhenunterschiede ermittelt, was auf Basis des digitalen Höhenmodells erfolgt. Anschließend können der kumulierte Abfluss und das daraus resultierende energetische Potenzial berechnet werden. Dies bedeutet, dass die lokal zur Verfügung stehende Wassermenge und das Zusammenwirken dieser mit den Höhenunterschieden im Gelände zur Berechnung herangezogen werden. Dabei sind physikalische Größen wie die Wasserdichte und die Erdbeschleunigung zu berücksichtigen. Abschließend werden Potenzialverluste im Bereich des offenen Karstes und Auswirkungen auf das tatsächliche Abflussliniensystem in das Modell implementiert sowie ein unterer Schwellenwert der Wasserkraftnutzung definiert.¹⁹²

In Abbildung 24 sind die Datengrundlagen und die Verfahrensschritte zur Analyse des Wasserkraftpotenzials ersichtlich. Bezüglich der Jahresniederschlagsdaten ist anzumerken, dass auch Gebiete um die jeweilige Untersuchungsregion einzubeziehen sind, da Zuflüsse wesentliche Auswirkungen auf die Wasserbilanz haben.¹⁹³

¹⁸⁹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 53

¹⁹⁰ Vgl. Prinz et al. 2009: 42

¹⁹¹ Vgl. Öttl et al. 2012: 2

¹⁹² Vgl. Prinz et al. 2009: 42

¹⁹³ Vgl. Öttl et al. 2012: 1

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Abbildung 24: Modellierung des theoretischen und technischen Wasserkraftpotenzials¹⁹⁴



Öttl et al. (2012) beschreiben die methodische Vorgehensweise einer GIS-basierten Wasserkraftpotenzialanalyse am Beispiel von Südtirol. Der Berechnung des jährlichen Abflusslinienpotenzials liegen zwei physikalische Zusammenhänge zugrunde. Einerseits die vereinfachte Wasserhaushaltsgleichung und andererseits die Formel der potenziellen Energie (siehe Abbildung 25). Die Wasserhaushaltsgleichung beinhaltet die Parameter der langjährigen Jahresniederschlagswerte, der Verdunstung (Evapotranspiration) sowie ein Speicherglied, das die Abflussverzögerung angibt. Da der Rückhalt des Niederschlags im langjährigen Durchschnitt, mit Ausnahme von Gletschern, gegen Null geht, kann Speicherglied (ΔS) in erster Näherung außer Acht gelassen werden.

Bei Berechnungen von monatlichen Potenzialen ist eine derartige Vereinfachung allerdings nicht zweckmäßig. Hierbei ist, je nach regionalen Gegebenheiten, zusätzlich ein Schneespeichermodell zu entwickeln und zu implementieren. Bei Vorliegen der Niederschlags- und Verdunstungswerte im Rasterdatenformat kann mittels der vereinfachten Wasserhaushaltsgleichung der wirksame Abfluss je Rasterzelle erhoben werden. Das Resultat stellt die nutzbare Wassermenge in mm für die hydroelektrische Produktion je Rasterzelle dar. Durch die entsprechende Umwandlung der Wassermenge in die Masseneinheit kg , liefert die Wasserhaushaltsgleichung den Eingangsparameter Masse m . Dieser kann in weiterer Folge in die Formel der potenziellen Energie eingesetzt werden (siehe Abbildung 25).¹⁹⁵

Abbildung 25: Formeln der Wasserhaushaltsgleichung und der potenziellen Energie¹⁹⁶

$A = N - V \pm \Delta S$	$\Delta E = m \cdot g \cdot \Delta h$
Formel 1: Wasserhaushaltsgleichung	Formel 2: Formel der potenziellen Energie
A.....Abflusshöhe in mm	ΔEpotenzielle Energiedifferenz [J]
N.....Niederschlagshöhe im Einzugsgebiet in mm	m.....Masse [kg]
V.....Verdunstung oder Evapotranspiration in mm	g.....Erdbeschleunigung [m/s ²]
ΔSRücklage oder Aufbrauch von Wasser im Einzugsgebiet (Speicherglied) in mm	ΔhHöhendifferenz [m]

Daher gilt es den räumlichen Bezug der potenziellen Energie zu den Flüssen im Untersuchungsgebiet herzustellen, da das erschließbare Abflusslinienpotenzial entlang von Flussverläufen liegt. Zunächst werden anhand des digitalen Höhenmodells etwaige Senken aufgefüllt, um anschließend die Richtung der stärksten Absenkung der benachbarten Zellen zu ermitteln. Durch eine Zahlenkodierung für die Himmelsrichtungen (2^0 bis 2^7) wird berechnet, in welche Richtung das Wasser fließen würde, wenn es auf die betrachtete Rasterzelle niedergeht. Hiermit ergibt sich ein kodierte Raster, aus dem das

¹⁹⁴ Prinz et al. 2009: 42

¹⁹⁵ Vgl. Öttl et al. 2012: 3f.

¹⁹⁶ Öttl et al. 2012: 3f.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Strömungsnetzwerk und somit die realen Flussverläufe erhoben werden können. Dazu sind die bergwärts liegenden Rasterzellen abzufragen, welche in die jeweils untersuchte Zelle münden. Die in diese betrachtete Zelle fließende Wassermenge kann mit den Ergebnissen der vereinfachten Wasserhaushaltsgleichung in eine Gewichts- bzw. Volumeneinheit umgerechnet werden. Mittels des digitalen Höhenmodells wird neben der Masse m des Wassers auch die Höhendifferenz (Δh) ermittelt. Hierfür werden die geodätischen Höhen der acht benachbarten Rasterzellen in Bezug auf die betrachtete Zelle identifiziert und die geringste Höhe ausgewiesen. Aufgrund der Differenzbildung aus dem digitalen Höhenmodell und minimaler Nachbarzelle wird die Höhendifferenz jeder Zelle entlang der tatsächlichen Fließrichtung ausgegeben. Die Ergebnisse dieser Berechnungen ($m, \Delta h$) können nun in die Formel der potenziellen Energie eingesetzt werden, um das energetische Jahrespotenzial je Rasterzelle zu ermitteln. Das Resultat dieser Kalkulation ist das Abflusslinienpotenzial in GWh/a auf einer bestimmten Fläche in m^2 .¹⁹⁷

Bezüglich der Modellvalidierung wird ein Toleranzband mit einer maximalen Abweichung von $\pm 20\%$ festgelegt, in dem die simulierten Abflüsse im Vergleich zu den gemessenen langjährigen Mittelwerten liegen müssen, sodass substantielle Aussagen über das Energiepotenzial getroffen werden können. Des Weiteren ist eine Abschätzung des Optimierungs- bzw. Neuerschließungspotenzials möglich, indem bestehende Kraftwerke nachgebildet werden, wobei hier detaillierte Standortanalysen erforderlich wären.¹⁹⁸

Die Ermittlung des technischen Wasserkraftpotenzials erfolgt unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade von Turbine, Getriebe und Generator. Darüber hinaus sind Transformationsverluste und der Eigenbedarf der Wasserkraftwerke einzuberechnen. Unter Einbeziehung aller Elemente der Energiewandlungskette kann zur Berechnung des technischen Wasserkraftpotenzials ein mittlerer Gesamtsystemwirkungsgrad von 80% angenommen werden. Ausgehend von den Ergebnissen des technischen Potentials, werden für die Analyse des eingeschränkten technischen Wasserkraftpotenzials weitere Restriktionsfaktoren in das Modell einbezogen. Diese weitere Einschränkung bezieht sich auf ökologische Aspekte und erfolgt über den Ausschluss von Schutzgebieten. Die Integration weiterer ökologischer Parameter, wie beispielsweise Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie, erfordert hingegen die Verfügbarkeit zusätzlicher räumlich differenzierter Daten.¹⁹⁹

Zur Modellierung des Wasserkraftpotenzials sind folgende Datensätze erforderlich:

- Digitales Höhenmodell
- Mittlere Jahresniederschlagsdaten (ZAMG)
- Mittlere jährliche Gebietsverdunstungsdaten
- Hydrogeologie aus dem Hydrologischen Atlas (HAÖ)
- Landbedeckungsklassen (CORINE Land Cover)²⁰⁰

In Bezug auf mögliche Flächenbedarfe kann die Wasserkraftnutzung als nicht freiflächenrelevant eingestuft werden. Allfällig entstehende Raumwirkungen durch den Ausbau der Wasserkraft sind auf

¹⁹⁷ Vgl. Öttl et al. 2012: 4f.

¹⁹⁸ Vgl. Öttl et al. 2012: 8

¹⁹⁹ Vgl. Prinz et al. 2009: 42ff.

²⁰⁰ Vgl. Prinz et al. 2009: 42

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

regionaler und überregionaler Ebene schwierig darstellbar.²⁰¹ Hinsichtlich der Barrierewirkung von Wehr- und Turbinenanlagen ist festzuhalten, dass derartige Bauwerke eine Unterbrechung der Durchgängigkeit von Fließgewässern zur Folge haben. Daraus resultiert eine Zerteilung und Verkleinerung des Gewässerlebensraums, woraus eine Ver- bzw. Behinderung von Laich-, Nahrungs-, Ausbreitungs- und Kompensationswanderungen entsteht. Damit negative Auswirkungen der Wasserkraftnutzung auf den Gewässerhaushalt minimiert werden, sind bauliche Maßnahmen erforderlich. Hierfür können naturnahe Umgehungsgerinne oder Fischtreppe installiert werden, wobei naturnah gestaltete Umgehungsgerinne aufgrund ihrer Funktionalität zu bevorzugen sind.²⁰²

2.2.3. Windkraftpotenzial

Für die Analyse des theoretischen Windkraftpotenzials dienen Klimadaten von geografisch verorteten Windmessstationen, aus denen mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten berechnet werden können. Für die Modellierung werden ebenfalls ein digitales Höhenmodell sowie die Klassifikation der Landbedeckung (CLC) benötigt. Voraussetzung für eine gute Qualität der Potenzialerhebung sind möglichst flächendeckende Informationen über die vorherrschenden Windverhältnisse im Untersuchungsgebiet. Mittels eines GIS-Modells können die Windgeschwindigkeiten über ein weitläufiges Gebiet abgeschätzt werden. Die somit berechneten flächendeckenden Windgeschwindigkeiten werden an die vorliegenden topografischen Eigenschaften angepasst, wodurch je nach Oberflächenbeschaffenheit des Geländes unterschiedliche Windverhältnisse berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung der Landbedeckung und der Oberflächenrauheit erlaubt eine weitere räumliche Differenzierung der Windkraftpotenziale. Auf Grundlage der so ermittelten Windgeschwindigkeiten erfolgt, unter Anwendung der physikalischen Formel für die kinetische Energie $E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ ($m = \text{Masse}$; $v = \text{Geschwindigkeit}$), die Berechnung des theoretischen Windkraftpotenzials.²⁰³ Die kinetische Energie „hängt nur vom Betrag der Geschwindigkeit und der Masse eines Körpers ab“²⁰⁴. Die Masse m ergibt sich aus der Dichte ρ und dem Volumen V ($m = \rho \cdot V$). Aus der Masse m berechnet sich der Luftmassenstrom der Luft mit der Dichte ρ , welche eine Fläche A mit der Geschwindigkeit v durchströmt ($m = \rho \cdot A \cdot v$). Dadurch ergibt sich folgende Formel zur Berechnung der Leistung des Windes: $P = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$. Die Dichte der Luft ist dabei abhängig vom vorliegenden Luftdruck und der Temperatur, wobei sich die Dichte proportional zum Luftdruck ändert.²⁰⁵

In Abbildung 26 sind die Modellierungsschritte zur Erhebung des theoretischen und technischen Windkraftpotenzials dargestellt.

²⁰¹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 54

²⁰² Vgl. Kaltschmitt/Streicher/Wiese 2006: 384

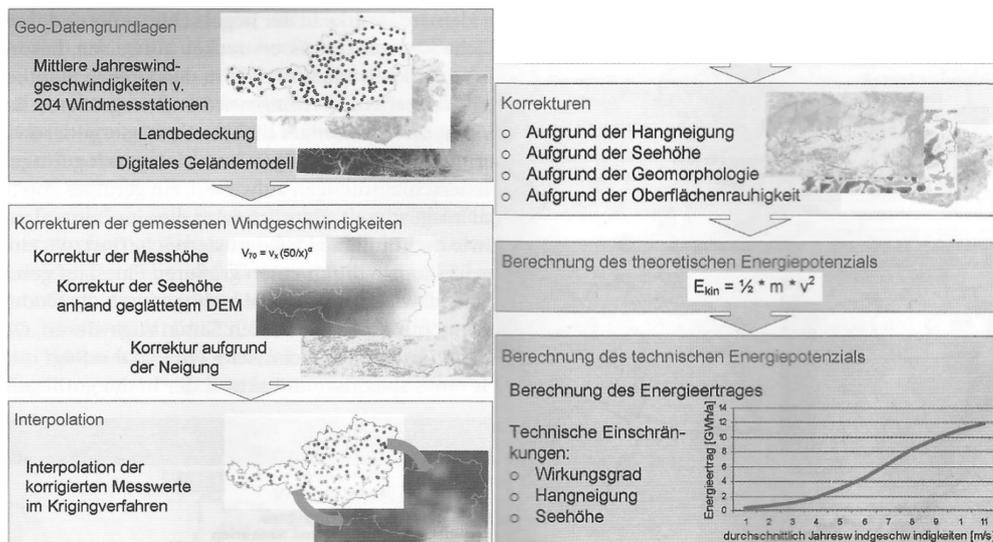
²⁰³ Vgl. Prinz et al. 2009: 44

²⁰⁴ Matzdorf 2017: online

²⁰⁵ Vgl. Quaschnig 2015: 280

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Abbildung 26: Modellierung des theoretischen und technischen Windkraftpotenzials²⁰⁶



Zur Modellierung des technischen Potenzials werden folgende technische Einschränkungen angenommen: typische Stromausbeute einer Standardturbine (Wirkungsgrad), eine maximale Hangneigung von 15° und eine maximale Seehöhe von 2000m.²⁰⁷

Bei der Ermittlung der nutzbaren Potenzialflächen für Windenergieanlagen können je nach Analyseansatz unterschiedliche einschränkende Parameter in die Berechnung einfließen. Während Windenergieanlagen vorwiegend auf offenem Land außerhalb von Schutzgebieten und Wäldern errichtet werden, ist beispielsweise auch eine bedingte Nutzung in Wäldern und in bestimmten Typen von Schutzgebieten nicht gänzlich ausgeschlossen. Der Deutsche Bundesverband für Windenergie schließt Nationalparks, Naturschutzgebiete, bebaute Flächen, Gewässer, Gletscher und Dauerschneegebiete von einer möglichen Windenergienutzung aus. Hingegen können Landschaftsschutzgebiete, Naturparks, Biosphärenreservate sowie Flora- und Fauna-Habitate unter gewissen Bedingungen als geeignet betrachtet werden können.²⁰⁸

Die Reduzierung auf das eingeschränkte technische Potenzial erfolgt also über die Einbeziehung weiterer windkraftspezifischer restriktiver Faktoren. Dabei werden naturräumliche Gegebenheit sowie Aspekte der Siedlungsentwicklung berücksichtigt und somit folgende Flächen in der Windkraftpotenzialanalyse ausgeschlossen: Siedlungsgebiete, Schutzgebiete, Straßennetz, Eisenbahnnetz und Flughäfen. Darüber hinaus sind zu diesen Ausschlussflächen Mindestabstände einzuhalten, welche grundsätzlich auf gesetzlichen Vorgaben basieren, jedoch auch auf Grundlage vorliegender Literatur oder themenspezifischer ExpertInnen-Workshops adaptiert respektive erweitert werden können.²⁰⁹

Es ist festzuhalten, dass für die Windkraftpotenzialanalyse folgende Geo-Datengrundlagen benötigt werden:

- Mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten von Windmessstationen (ZAMG)

²⁰⁶ Prinz et al. 2009: 44

²⁰⁷ Vgl. Prinz et al. 2009: 44f.

²⁰⁸ Vgl. Bofinger et al. 2012: 6f.

²⁰⁹ Vgl. Prinz et al. 2009: 45f.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

- Klassifizierung der Landbedeckung (CORINE Land Cover)
- Digitales Geländemodell (DGM)

Hinsichtlich der Flächen-, Umwelt- und Raumwirkungen durch Windenergieanlagen sind Flächenkonkurrenzaspekte zu beachten. Hierbei sind gegenüber der Windenergienutzung weniger empfindliche Flächennutzungen, wie landwirtschaftliche Flächen, sowie Gewerbegebiete und Verkehrsflächen nicht vollständig als Potenzialflächen auszuschließen. Wohngebiete oder Naturschutzgebiete sind grundsätzlich von der Windenergienutzung auszuschließen sowie gesetzliche oder aus der Fachliteratur empfohlene Abstände zu diesen empfindlichen Flächennutzungen einzuhalten. Die zu berücksichtigenden Schutzgüter betreffend lassen sich vier Konfliktgruppen mit relevanten Wirkungszusammenhängen gegenüber der Windenergienutzung identifizieren.²¹⁰ Dies wird in nachstehender Tabelle veranschaulicht.

Tabelle 3: Konflikte bezüglich der Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung der Windenergienutzung²¹¹

Konfliktgruppen	Flächen- bzw. Standortqualitäten besonderer Empfindlichkeit
Abiotik	
Direkter Flächenverlust	- Gebiete mit besonders empfindlichen abiotischen Funktionen (Boden und Wasser)
Fauna	
Individuenverlust von Vögeln durch Kollisionen an Onshore-Windenergieanlagen	- Brut-, Rast und Nahrungshabitate besonders störungsempfindlicher Avifauna - Korridore von Zugvögeln
Individuenverlust von Fledermäusen durch Kollisionen an Onshore-Windenergieanlagen	- Brut- und Nahrungshabitate von Fledermäusen - Korridore von Fledermäusen
Störung von Brut- und Rastvögeln durch sich drehende Windenergieanlagen und dadurch Meidung des Gebiets mit Lebensraumverlust	- Zugkorridore von Vögeln - Brut-, Nahrungs- und Rasthabitate empfindlicher Vogelarten
Mensch	
Beeinträchtigung des Landschaftsbildes/Erholungsfunktion für den Menschen durch Einführung technischer Bauwerke (Windenergieanlagen)	- Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion - Gebiete mit besonderer Eigenart, Vielfalt und Schönheit
Störung des Menschen durch betriebsbedingte Geräuschemissionen der sich drehenden Windenergieanlagen	- Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung - Gebiete mit besonderen Schallschutzanforderungen - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion
Störung des Menschen durch Schattenwurf der drehenden Rotoren	- Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion

²¹⁰ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 43f.

²¹¹ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 44f. (eigene Darstellung)

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Stresswirkung der Hinderniskennzeichnung auf den Menschen	<ul style="list-style-type: none">- Wohn- und Siedlungsgebiete einschließlich Umgebung- Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion
Weitere	
Verdrängung von Nutzungen mit besonderer Funktion	<ul style="list-style-type: none">- Gebiete mit besonderem Bestandsschutz

Die Intensität der ausgelösten Konflikte hängt von der Empfindlichkeit der schutzwürdigen Flächen ab, woraus sich Flächen- und Standortqualitäten ableiten lassen, die entweder keine oder nur eine eingeschränkte Windenergienutzung zulassen. Somit lassen sich unterschiedliche Eignungsklassen ausweisen. Im Zuge der räumlichen Potenzialanalyse sind die in obenstehender Tabelle angeführten Aspekte adäquat einzubeziehen.²¹²

2.2.4. Biomassepotenzial

Aufgrund der vielfältigen Vegetationsformen und den differenzierten Nutzungsmöglichkeiten der Biomasse zur Energieproduktion können bei der räumlichen Analyse des Biomassepotenzials unterschiedliche methodische Vorgehensweisen angewandt werden. Hierbei kann allgemein eine Einteilung in landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Biomasse vorgenommen werden, während auch die Potenziale einzelner Biomasseprodukte, wie beispielsweise Erntereststoffe (z. B. Stroh) oder Landschaftspflegegras, betrachtet werden können.

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) (2008) in Deutschland hält fest, dass Biomasseprodukte zur energetischen Verwertung grundsätzlich in Abfall- und Reststoffe sowie in Energiepflanzen eingeteilt werden. Dabei hat die Verwendung biogener Abfall- und Reststoffe zur Energieerzeugung den Vorteil, dass keine zusätzlichen Flächen benötigt werden und somit keine Konkurrenzen zu bestehenden Landnutzungen entstehen.²¹³ „Insgesamt räumt der WBGU der energetischen Verwertung von biogenem Abfall sowie Reststoffen (...) grundsätzlich eine höhere Priorität ein als der Nutzung von Energiepflanzen“²¹⁴.

In der ÖROK-Studie „Energie und Raumentwicklung - Räumliche Potenziale erneuerbarer Energieträger“ wurde die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Biomasse in die Potenzialanalyse einbezogen. Bezüglich der agrarischen Nutzung werden Acker- und Grünlandflächen betrachtet, wobei angenommen wird, dass die zur Verfügung stehende agrarische Biomasse in Biogas und folgend in Wärme oder Elektrizität konvertiert wird. Die Ermittlung des theoretischen Biomassepotenzials erfolgt auf Grundlage der CORINE-Landbedeckungsklassen, denen spezifische Ertragswerte zugewiesen werden, sowie einem Digitalen Höhenmodell (DHM). Es fließen alle land- und forstwirtschaftlichen Flächen ein, wobei Nutzungskonkurrenzaspekte, wie beispielsweise die Lebensmittelproduktion, nicht berücksichtigt werden.²¹⁵ Tabelle 4 zeigt die zugewiesenen potenziellen Energieerträge differenziert nach den betrachteten Landbedeckungsklassen.

²¹² Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 44

²¹³ Vgl. Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2008: 217

²¹⁴ Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2008: 217

²¹⁵ Vgl. Prinz et al. 2009: 50

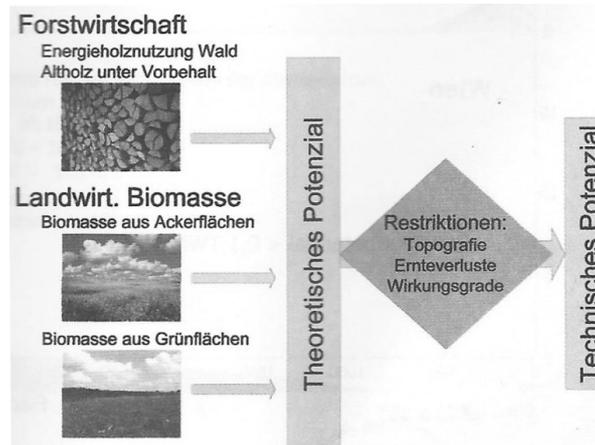
2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Tabelle 4: Potenzieller flächenbezogener Energieertrag von Biomasseprodukten nach Landbedeckungsklassen²¹⁶

Landbedeckungsklasse	Potenzieller Ertrag [MWh/(ha·a)]
Nicht bewässertes Ackerland	47
Wiesen und Weiden	35
Komplexe Parzellenstruktur	38
Landwirtschaftliche Flächen mit Flächen natürlicher Vegetation	15
Laubwälder	16
Nadelwälder	16
Mischwälder	16

Die Modellierung des technischen Biomassepotenzials erfolgt, indem unterschiedliche Restriktionen, wie die Topografie, Ernteverluste und die Wirkungsgrade einbezogen werden. Hierbei werden die Produkte der land- und forstwirtschaftlichen Biomasse gesondert ermittelt, da unterschiedliche Einschränkungen zum Tragen kommen.²¹⁷ In Abbildung 27 ist die prinzipielle Vorgehensweise zur Modellierung des theoretischen und technischen Biomassepotenzials skizziert.

Abbildung 27: Modellierung des theoretischen und technischen Biomassepotenzials²¹⁸



In Bezug auf die forstwirtschaftliche Biomasse werden folgende technische Einschränkungen festgelegt:

- Flächen mit einer Hangneigung von > 50 % werden als nicht nutzbar ausgewiesen
- Gebiete über 1.800 m Seehöhe werden von der Nutzung ausgeschlossen
- Es wird ein mittlerer Wirkungsgrad von 80 % zugrunde gelegt²¹⁹

Die angenommenen technischen Einschränkungen hinsichtlich der agrarischen Biomasse sind:

- Flächen mit Hangneigungen > 35 % werden ausgeschlossen
- Gebiete über 1.500 m Seehöhe gelten als nicht nutzbar
- Es wird ein mittlerer Ernteverlust von 15 % geschätzt
- Bei Biogasanlagen wird ein mittlerer Wirkungsgrad von 71 % angenommen (43 % Wärme und

²¹⁶ Vgl. Prinz et al. 2009: 51, nach Mittlböck et al. 2006

²¹⁷ Vgl. Prinz et al. 2009: 50

²¹⁸ Prinz et al. 2009: 50

²¹⁹ Vgl. Prinz et al. 2009: 51

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

28 % Strom)²²⁰

Ausgehend vom technischen Potenzial wird das eingeschränkte technische Biomassepotenzial ermittelt. In Biberacher et al. werden Flächen in Schutzgebieten wie Biotopen, Naturschutzgebieten, Wasserschutzgebieten, Natura 2000 Gebieten und schutzwirksamen Wäldern prinzipiell von einer möglichen energetischen Nutzung ausgeschlossen.²²¹ Die land- und forstwirtschaftlichen Flächen werden nach ihrer Zugehörigkeit zu Schutzgebieten eingeteilt in Flächen außerhalb von Schutzgebieten, Flächen in weniger strengen Schutzgebieten (z. B. Landschaftsschutzgebiete, Naturparks), Flächen in mäßig strengen Schutzgebieten (z. B. Nationalparks) sowie Flächen in strengen Schutzgebieten (z. B. Naturschutzgebiete, Pflanzenschutzgebiete). Die somit kategorisierten Flächen werden mit den Ergebnissen der technischen Potenzialanalyse verschnitten, um die eingeschränkten technischen Biomassepotenziale je Gebietskategorie zu ermitteln. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass bei diesem methodischen Ansatz die Landnutzungskonkurrenz nicht einbezogen wurde und die so ermittelten energetischen Potenziale landwirtschaftlicher Flächen in Konkurrenz mit der Nahrungs- oder Futtermittelproduktion stehen.²²² Im Zusammenhang der zunehmenden Nutzungskonkurrenz auf landwirtschaftlichen Flächen, wird in politischen Diskussionen vermehrt ein Maximalwert von 30 % zur energetischen Nutzung der Biomasse genannt. Auf Grünlandstandorten sollten nicht mehr als 20 % eingesetzt werden.²²³ Jedenfalls sollte die jährliche Biomassenutzung die jährlich zur Verfügung stehende Biokapazität nicht übersteigen, um eine ökologisch nachhaltige Produktionsweise zu gewährleisten. *„Die Biokapazität quantifiziert das Vermögen der Natur zur Generierung erneuerbarer Ressourcen“*²²⁴.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass zur Modellierung des Biomassepotenzials folgende Datensätze erforderlich sind:

- Digitales Höhenmodell (DHM)
- Landbedeckungsklassen (CORINE Land Cover)

Aufgrund der Flächenkonkurrenzen zwischen Energiepflanzenanbau und der Nahrungsmittelproduktion gewinnt die Energieerzeugung aus Biomassereststoffen zunehmend an Bedeutung. Des Weiteren ist die energetische Nutzung mit einer vorteilhaften Treibhausbilanz verbunden, wobei bezüglich der Verwertungspfade die Verbrennung oder die Vergärung zu Biogas im Vordergrund stehen.²²⁵ Schicketanz (2012) beschreibt im Projekt *„Grünlandenergie Havelland - Eine übertragbare Potenzialanalyse“* übertragbare Strategien zur energetischen Verwertung von Landschaftspflegegras und Substraten aus der Gewässerpflege. Der Fokus liegt auf der Entwicklung von Methoden zur geodatengestützten, differenzierten Potenzialanalyse, mit dem Ziel, räumlich und qualitativ differenzierbare Erkenntnisse zu regional anfallenden Biomassen und der energetischen Nutzungspotenziale zu gewinnen. Die Biomassepotenzialanalyse wird auf Grundlage einer statistischen Auswertung durchgeführt, die durch Experten- und Expertinnenwissen gestützt wird. Folgend wurden die ermittelten Einflussfaktoren in eine Datenbank übertragen und unter Anwendung eines Geografischen Informationssystems in ihrer räumlichen Verteilung analysiert. Die Verschneidung

²²⁰ Vgl. Prinz et al. 2009: 51

²²¹ Vgl. Biberacher et al. 2010: 39, 41

²²² Vgl. Prinz et al. 2009: 52, 54

²²³ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 64f.

²²⁴ WWF 2012: 38

²²⁵ Vgl. Schicketanz 2012: 20

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

relevanter Geodaten, unter Berücksichtigung festgelegter Berechnungspfade, ermöglicht für jede Potenzialfläche spezifische Werte für den Biomassertrag und die Biomassequalität auszuweisen sowie deren räumliche Lage zu ermitteln. Im nächsten Verfahrensschritt wurden unter Beachtung diverser Restriktionen die mobilisierbaren Potenziale hergeleitet. Hierzu wurden etwaige Biomasseverluste und Nutzungskonkurrenzen in die Auswertung einbezogen. Folglich lässt sich das regionale Biomassepotenzial differenziert nach den Kategorien Grünland, Gewässerunterhaltung und Biotoppflege ermitteln.²²⁶

Im Gegensatz zum energetischen Einsatz von Biomasse aus landwirtschaftlichen Nutzflächen haben Energieanlagen und die Nutzung von Biomassereststoffen nur geringe Effekte auf Raumwirkungen. Abgesehen von direkten Nutzungskonkurrenzen können je nach räumlichen Eigenschaften weitere Konflikte hinsichtlich vorliegender Raum- und Umweltfunktionen auftreten. Dabei können vier Konfliktgruppen (siehe Tabelle 5) unterschieden werden, wobei je nach Empfindlichkeit von Schutzgütern und deren Konfliktintensität gegenüber dem Biomasseanbau unterschiedliche Flächen- und Standortqualitäten ausgewiesen werden können, welche bezüglich der jeweilig festgelegten planerischen Zielsetzung in die Potenzialanalyse einbezogen werden können.²²⁷

Tabelle 5: Potenzielle Konflikte des Biomasseanbaus mit Schutzbelangen²²⁸

Konfliktgruppen	Flächen- bzw. Standortqualitäten besonderer Empfindlichkeit
Fauna	
Verlust von Lebensräumen und ökologischen Naturhaushaltsfunktionen durch Grünlandintensivierung und -umbruch	<ul style="list-style-type: none"> - Brut- und Nahrungshabitat besonders angepasster, empfindlicher Avifauna - Lebensräume empfindlicher und Standortangepasster Arten - Besondere Synergien zwischen Arteninventar und Lebensraum
Verlust von Kohlenstoffsinken durch Grünlandumbruch oder Waldumwandlung	<ul style="list-style-type: none"> - Moor- und Waldstandorte mit hoher CO₂-Senkenfunktion
Abiotik	
Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts durch Verschmutzung und Belastung von Wasser, Boden und Luft	<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete besonderer Empfindlichkeit gegenüber Einträgen in den Boden und Gewässer
Beeinträchtigung des Landschaftswasserhaushalts durch Energiepflanzenbau mit hohem Wasserbedarf	<ul style="list-style-type: none"> - Standorte empfindlicher Bodenfunktion - Trockene Standorte - Standorte mit geringem Wasserrückhalt
Verlust von Brachflächen durch den Energiepflanzenanbau	<ul style="list-style-type: none"> - Brachflächen mit empfindlichen Entwicklungsstadien - Brachflächen die als Lebensraum empfindlicher Arten dienen
Flora	

²²⁶ Vgl. Schicketanz 2012: 21ff.

²²⁷ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 63

²²⁸ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 64 (eigene Darstellung)

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Verlust von Agrobiodiversität durch Verengung der Fruchtfolgen im Energiepflanzenanbau	<ul style="list-style-type: none"> - Nahrungshabitat besonders an die traditionelle landwirtschaftliche Nutzung angepasster empfindlicher Fauna - Lebensräume besonders an die traditionelle landwirtschaftliche Nutzung angepasster empfindlicher Fauna - Besondere Synergien zwischen Arteninventar und Lebensraum
Verlust von heimischen Arten durch invasive Kulturen	<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderer Empfindlichkeit gegenüber invasiven Kulturen
Mensch	
Beeinträchtigung des Landschaftsbildes/Erholungsfunktion für den Menschen durch hochwüchsige Energiepflanzen auf Acker und Grünland	<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit besonderer Erholungsfunktion - Kuppen oder Tallagen mit besonderem Erholungswert - Sichtachsen mit besonderem Erholungswert

Neben den oben genannten umweltrelevanten Aspekten sind bezüglich der Biomassenutzung zur Energieproduktion und den Umweltwirkungen des Kraftwerkbetriebs, ist auch die Entfernung zwischen der Potenzialquelle und dem Kraftwerk zu berücksichtigen, da diese Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf die Umweltbilanz haben. Da Biomasse häufig zur Wärmebereitstellung über Verteilnetze eingesetzt wird, ist eine geringe Distanz zwischen Erzeuger und Verbraucher entscheidend für einen effizienten Einsatz. Bei Transportwegen ab 10 km ist mit erheblichen Wirtschaftlichkeitsverlusten zu rechnen.²²⁹

Hinsichtlich der Emissionen des Kraftwerkbetriebs ist festzustellen, dass die Biomassenutzung CO₂-neutral ist. Jedoch besteht eine nicht unwesentliche Belastung durch weitere Luftschadstoffe wie SO₂, NO_x, C_xH_y sowie Feinstaub, welche bei der Verbrennung von Biomasse emittiert werden. Diese ist beispielsweise höher als bei der energetischen Nutzung von Erdgas. Auch bei der Verbrennung von Steinkohle oder Öl entstehen bei den Emissionsarten, ausgenommen dem CO₂, teilweise geringere Schadstoffbelastungen als bei der Biomasse.²³⁰

2.2.5. Geothermiepotenzial

Bei der räumlichen Geothermiepotenzialanalyse lässt sich zwischen hydrothermalen Geothermie (Tiefengeothermie) und oberflächennaher Geothermie differenzieren.

Hydrothermale Geothermie

Die Nutzung hydrothermalen Geothermie erfordert die geologische Eignung in Form von Niederdrucklagerstätten, die sich in Österreich bis etwa 3.000 m unter der Erdoberfläche befinden und Temperaturen von über 100 °C aufweisen.²³¹ Die Energiepotenziale sind abhängig von den geologischen Bedingungen und den damit verbundenen Temperaturen der hydrothermalen Aquiferen. Hierbei lassen sich drei Temperaturklassen unterscheiden: 100-130 °C, 130-160 °C und 160-190 °C. Die Tiefengeothermie ist allerdings als nicht regenerativ einzustufen, da das Potenzial eine

²²⁹ Vgl. Dumke 2017: 140f.

²³⁰ Vgl. Dumke 2017: 145

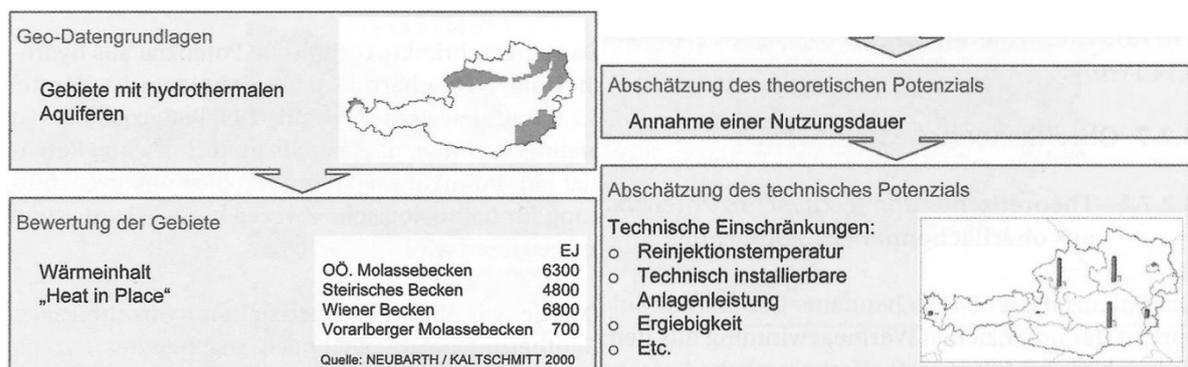
²³¹ Vgl. Prinz et al. 2009: 63

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

absolut nutzbare Energiemenge über eine bestimmte Nutzungsdauer darstellt und nicht als nutzbare Energiemenge pro Jahr angegeben werden kann. Dies bedeutet, dass ein erschlossenes Gesteinsvolumen oder eine Aquiferschicht durch die energetische Nutzung auskühlt und es Dekaden bis Jahrhunderte dauern kann, bis sich diese temperaturmäßig erneuert hat.²³²

In Österreich sind Gebiete mit hydrothermalen Aquiferen, die eine hinreichend große Wasserführung besitzen im ober- und niederösterreichischen Molassebecken, im Wiener Becken, im steirischen Becken sowie im Vorarlberger Molassebecken verortet. Den Ausgangspunkt der Modellierung stellen Geo-Datengrundlagen über Gebiete mit hydrothermalen Aquiferen dar. Für potenzielle Nutzungsgebiete muss vorerst eine Bewertung hinsichtlich der potenziellen Wärmeinhalte erfolgen, welche der Fachliteratur zu entnehmen ist (siehe Abbildung 28). Darauf folgend kann unter der Annahme einer 500-jährigen Nutzungsdauer das theoretische Potenzial berechnet werden. Für die Abschätzung des technischen Potenzials wird nach Neubarth/Kaltschmitt (2000) von einer Reinjektionstemperatur von 15 °C und einer technisch installierbaren thermischen Anlagenleistung von rund 240 MW ausgegangen. Da die Ergiebigkeit und Konkurrenznutzungen für balneologische Zwecke berücksichtigt werden, entspricht das technische Potenzial dem technisch eingeschränkten Potenzial.²³³ In nachstehender Abbildung sind die Verfahrensschritte zur Modellierung des theoretischen und technischen hydrothermalen Geothermiepotenzials ersichtlich.

Abbildung 28: Modellierung des hydrothermalen Geothermiepotenzials²³⁴



Die Nutzung der Tiefengeothermie kann als wenig freiflächenrelevant eingestuft werden, da sie lediglich am Anlagenstandort Fläche in Anspruch nimmt.²³⁵ Oberirdische Flächenbedarfe entstehen durch das Betriebsgelände und die Anlagenbestandteile des Kraftwerks sowie der Wärmetauschanlage, den Pumpenanlagen und dem Rohrleitungsnetz bzw. den Wärmenetzleitungen zu den Gebäuden.²³⁶ Auf diesen direkt genutzten Flächen ist die Realisierung anderer Nutzungsfunktionen ausgeschlossen, wobei die Nutzung der Tiefengeothermie in der Nähe von Wohngebieten auszuschließen ist, da tektonische Verwerfungen die Gebäudesicherheit beeinträchtigen können.²³⁷

Oberflächennahe Geothermie

Bei der oberflächennahen Geothermie wird die potenzielle Wärmegewinnung aus dem Erdreich bis zu

²³² Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 67

²³³ Vgl. Prinz et al. 2009: 63

²³⁴ Prinz et al. 2009: 63

²³⁵ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 55

²³⁶ Vgl. Dumke 2017: 57

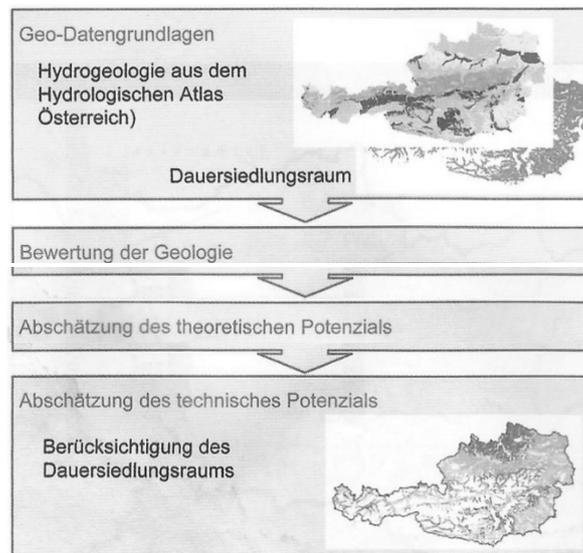
²³⁷ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 55

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

400 m Tiefe betrachtet. Es ist jedoch anzumerken, dass die meisten konventionellen Erdsonden bis ca. 100 m Tiefe reichen, wobei die meisten Sonden eine geringere Tiefe aufweisen. Die regional differierenden geologischen Bedingungen haben dabei erhebliche Auswirkungen auf das Energiepotenzial. Als Basis für die Modellierung des oberflächennahen Geothermepotenzials dienen Geo-Daten bezüglich der hydrogeologischen Verhältnisse aus dem Hydrologischen Atlas Österreichs, unter besonderer Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse. Den vorliegenden Gesteinen werden mittels der VDI Richtlinie 4640 (Richtlinie vom Verein Deutscher Ingenieure²³⁸) durchschnittliche thermische Entzugsleistungen zugeschrieben. Des Weiteren werden Annahmen über die Ausführung der Erdsonden getroffen, wie eine mittlere Sondentiefe bis 40 m und einem Sondenabstand von 10 m sowie eine Betriebsdauer von 2.400 Stunden pro Jahr.²³⁹

Bei der Ermittlung des technischen Potenzials ist die Nähe zum Abnehmer zu berücksichtigen, da Wärme nur über kurze Distanzen energetisch effizient transportiert werden kann. Dieses Kriterium wird anhand der Einbeziehung des Dauersiedlungsraums gelöst. In die Modellierung werden also nur jene Flächen berücksichtigt, die innerhalb des Dauersiedlungsraums liegen. Anschließend wird die Fläche des Dauersiedlungsraums um 30 % aufgrund der Verkehrsinfrastruktur sowie um 20 % wegen Infrastrukturelementen im Boden reduziert, welche eine Nutzung ausschließen.²⁴⁰ Es ist anzumerken, dass beim Vorliegen von Geodaten über die Flächenwidmung bzw. Baulandgebiete, diese bevorzugt anzuwenden sind, da diese eine exaktere Betrachtung gebäudebezogener Flächen ermöglichen. Die Nutzung der Wärmeenergie erfordert Wärmepumpen, für deren Betrieb elektrische Energie eingesetzt wird, während die zur Verfügung stehende Endenergie ca. das 4,5-fache der zugeführten Strommenge ergibt. Es ist festzustellen, dass Regionen mit hohen Flächenanteilen an Granit und Gneisuntergrund die größten Potenziale in Relation zur Fläche aufweisen.²⁴¹ Die folgende Abbildung beschreibt die Modellierungsschritte zur Ermittlung des oberflächennahen Erdwärmepotenzials.

Abbildung 29: Modellierung des Potenzials aus oberflächennaher Geothermie²⁴²



²³⁸ Vgl. Beuth Verlag GmbH 2019: online

²³⁹ Vgl. Prinz et al. 2009: 64

²⁴⁰ Vgl. Prinz et al. 2009: 64

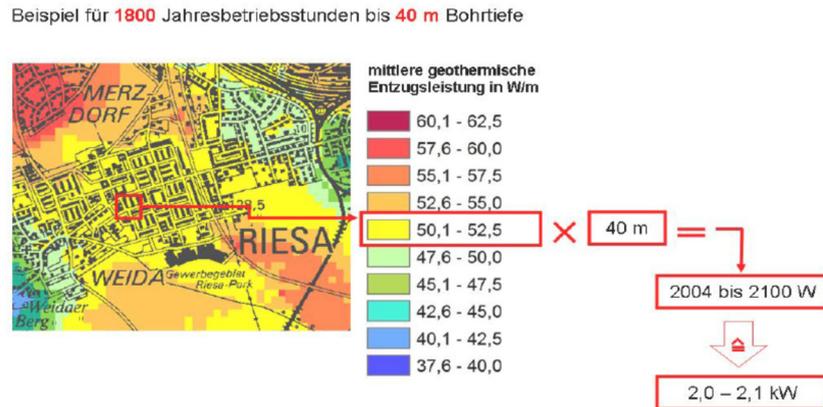
²⁴¹ Vgl. Prinz et al. 2009: 64

²⁴² Prinz et al. 2009: 64 (adaptiert)

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Anschließend wird das eingeschränkte technische Potenzial berechnet, wobei Flächen ermittelt werden, die direkt Gebäuden zuzuordnen sind (Baulandgebiete), was eine weitere Einschränkung des Dauersiedlungsraums darstellt. Abschließend wird das eingeschränkte technische Potenzial aus oberflächennaher Geothermie abgeschätzt, indem die nutzbaren Flächen mit dem räumlichen Energieertrag der Erdwärmesonden verschnitten werden.²⁴³ In nachstehender Abbildung ist das Prinzip zur Ermittlung der Wärmeentzugsleistung bei 40 m Bohrtiefe, unter der Annahme von 1.800 Jahresbetriebsstunden, ersichtlich.

Abbildung 30: Beispiel zur Ermittlung der Wärmeentzugsleistung aus einem 40 m tiefen Bohrloch²⁴⁴



Bei diesem Berechnungsbeispiel würde eine Erdwärmesonde, unter der Annahme von 40 m Bohrtiefe und 1.800 Jahresbetriebsstunden im Jahr, einen potenziellen Energieertrag von 3.600 - 3.780 kWh/a an Wärme bereitstellen.

Je nach Ausführung der Anlagen entstehen wie bei der Nutzung der hydrothermalen Geothermie Flächenbedarfe für das Betriebsgelände, wobei die oberflächennahe Geothermie ebenfalls nur als geringfügig freiflächenrelevant eingestuft werden kann. Bei kleineren Anlagen für einzelne oder wenige Gebäude ist ein zusätzlicher Flächenbedarf für einen Wärmespeicher erforderlich, der meist einen Wassertank mit mehreren 100 - 1000 Litern Volumen darstellt.²⁴⁵

2.2.6. Umgebungswärmepotenzial

Die Potenziale der Umgebungswärme lassen sich aus der Wärmeenergie im oberflächennahen Erdreich berechnen. Die Wärmebereitstellung erfolgt mittels horizontaler Erdkollektoren, welche in ein bis zwei Meter Tiefe verlegt werden. Die Umgebungswärmepotenziale aus bodennahen Luftschichten sowie die Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser werden im Zuge dieses Analyseverfahrens nicht berücksichtigt. Die Datengrundlage für die Modellierung stellt die Bodenkarte aus dem Hydrologischen Atlas Österreichs dar. Hiermit lässt sich aus den Bodenverhältnissen und den spezifischen Entzugsleistungen das Potenzial aus Umgebungswärme ermitteln. Die methodische Vorgehensweise der Umgebungswärmepotenzialanalyse erfolgt nahezu analog zur Potenzialanalyse für die oberflächennahe Geothermie. Das theoretische Potential wird unter Anwendung der VDI Richtlinie 4640 über die spezifischen Wärmeentzugsleistungen für Flächenkollektoren bei 2400 Betriebsstunden (siehe Tabelle 6) ermittelt und anschließend um technische Einschränkungen

²⁴³ Vgl. Prinz et al. 2009: 66

²⁴⁴ Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie 2014: 6

²⁴⁵ Vgl. Dumke 2017: 57

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

reduziert.²⁴⁶

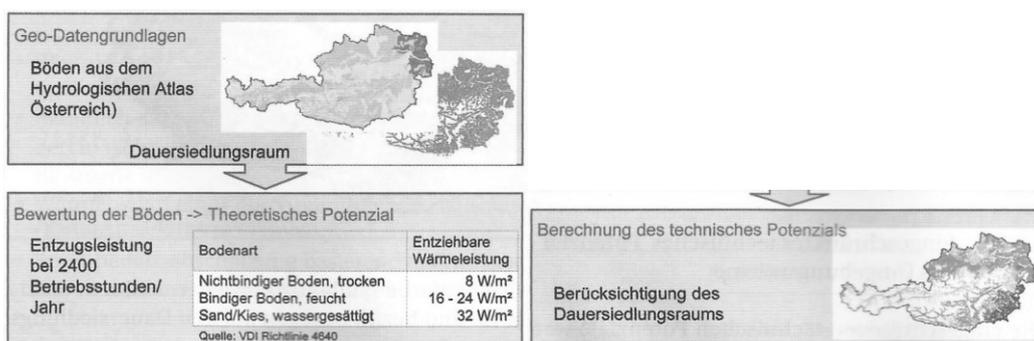
Tabelle 6: Entzugsleistungen für Flächenkollektoren nach Bodentyp (Bodentyp - HAÖ ATLAS, Entzugsleistung - VDI 4640)²⁴⁷

Bodentyp	Entzugsleistung [W/m ²]
Braunerde	20
Tschernosem	20
Rendzinen	8
Rohböden	8
Auböden	32
Moore	32
Podsole	8
Pseudogleye	32
Sonstige (v.a. anstehendes Gestein)	0

Aufgrund des Erfordernisses der Nähe von Erzeuger und Abnehmer wird der Dauersiedlungsraum herangezogen, um geeignete Flächen zu bestimmen. Aufgrund von unterirdischen Infrastrukturelementen wie beispielsweise Versorgungsleitungen für Zu- und Abwasser, Gas, Strom und Kommunikation werden die potenziellen Flächen um 20 % reduziert. Weiters werden 40 % für Flächen der Verkehrsinfrastruktur abgezogen, die keine Umgebungswärmenutzung zulassen.²⁴⁸ „Weitere Flächen, die als nicht geeignet für die Installation von Erdwärmeflächenkollektoren erachtet werden, sind Alpe, Gewässer, Verkehrsflächen, Wasserschutzgebiete und Waldflächen, welche anhand des Katasters identifiziert werden können.“²⁴⁹

Das somit abgeschätzte Potenzial stellt die Energie auf Umgebungswärmeniveau dar. Für die Nutzung der Umgebungswärme müssen zusätzlich etwa 29 % elektrische Energie zugeführt werden. Die Endenergie, welche zur Deckung des Wärmebedarfs verfügbar ist, ergibt ca. das 3,5-fache des eingesetzten Stroms, was einer Jahresarbeitszahl von 3,5 für moderne Anlagen entspricht.²⁵⁰ In folgender Abbildung sind die Modellierungsschritte zur Ermittlung des theoretischen und technischen Umgebungswärmpotenzials skizziert.

Abbildung 31: Modellierung des Umgebungswärmpotenzials²⁵¹



Für die Ermittlung des eingeschränkten technischen Potenzials wird der Dauersiedlungsraum auf

²⁴⁶ Vgl. Prinz et al. 2009: 57

²⁴⁷ Biberacher et al. 2010: 55 (eigene Darstellung)

²⁴⁸ Vgl. Prinz et al. 2009: 57

²⁴⁹ Biberacher et al. 2010: 55

²⁵⁰ Vgl. Prinz et al. 2009: 57

²⁵¹ Prinz et al. 2009: 57

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Flächen, die Gebäuden direkt zuordenbar sind dezimiert. Um eine räumlich differenzierte Abschätzung der Flächen vorzunehmen, die Gebäuden zugeordnet werden können, wird ein Modell entwickelt, welches auf folgenden Eingangsdaten beruht²⁵²:

- Siedlungsraum (250 m - Rasterdatensatz)
- Räumlich differenzierte Hauptwohnsitze
- Räumlich differenzierter Gebäudebestand (Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude)
- Wärmebedarf eines durchschnittlichen Haushalts
- Strombedarfsabschätzung (Basis: Anlagen mit Jahresarbeitszahl 3,5)
- Mittlere Personenzahl pro Haushalt
- Mittlere Gebäudefläche pro Einwohner
- Mittlere Gebäudefläche für Nicht-Wohngebäude

Um das eingeschränkte technische Potenzial abzuschätzen, werden abschließend die somit berechneten Flächen mit dem spezifischen Energieertrag pro Rasterzelle verschnitten.²⁵³

2.3. Zwischenfazit

Grundlagen erneuerbarer Energieträger

Theoretisch könnte das jährliche Energieangebot erneuerbarer Energieträger den jährlichen Weltenergiebedarf bei weitem decken. Wie in diesem Kapitel vorgestellt steht eine Vielzahl an technischen Anlagen zur Verfügung, um diese erneuerbaren Energiequellen nutzbar zu machen. Es ist allerdings festzuhalten, dass eine umfangreiche Nutzung erneuerbarer Energien einen Umbau der seit Jahrzehnten aufgebauten Energiewirtschaft erfordern würde, welche weitgehend auf der Nutzung fossiler Energieträger basiert. Fossile Energien haben dabei den Vorteil, dass eine stetige Verfügbarkeit gegeben ist, wodurch die Energie jederzeit genutzt werden kann, wenn Bedarf besteht. Dagegen herrscht bei einigen erneuerbaren Energieträgern ein zeitlich stark schwankendes Energieangebot. Daher stellt ein Umstieg auf vorwiegend erneuerbare Energien eine große Herausforderung für die bestehende Energiewirtschaft dar. Hierbei ist es wichtig durch Energiewandlungstechnologien die gewünschte Energieform (Elektrizität, Wärme, Treibstoff) bereitstellen zu können sowie die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Dies kann durch die Schaffung einer entsprechenden Speicherinfrastruktur mit ausreichenden Kapazitäten ermöglicht werden. Weitere Möglichkeiten sind beispielsweise weltweite Energietransporte oder Anpassungen des Energiebedarfs an das Energieangebot.²⁵⁴ Des Weiteren ist die Kenntnis der zeitlichen Angebotsvariationen erneuerbarer Energieträger im Jahres-, Monats- und Tagesverlauf, differenziert nach Wärme und Elektrizität, erforderlich. Das zeitlich verfügbare Angebot der unterschiedlichen regenerativen Energien kann dabei regional stark schwanken.²⁵⁵

Im Jahr 2016 wurden in Österreich 112.260 GWh an Endenergie aus erneuerbaren Energieträgern genutzt. Den größten Anteil an der erneuerbaren Energieproduktion haben dabei die Wasserkraft mit 36,4 % und die feste Biomasse in Form von Holzbrennstoffen mit 29,6 %. Folgendes Diagramm zeigt alle Anteile der erneuerbaren Energieträger sowie die gewonnenen Energiemengen.

²⁵² Vgl. Prinz et al. 2009: 59

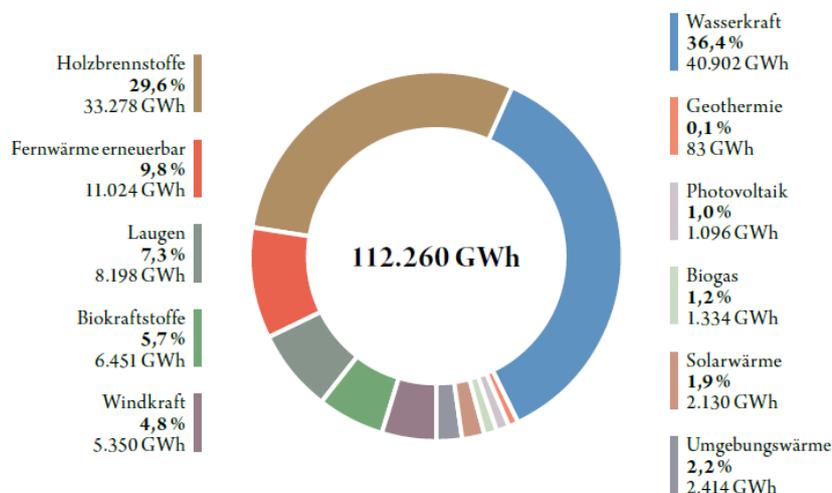
²⁵³ Vgl. Prinz et al. 2009: 59

²⁵⁴ Vgl. Quaschnig 2015: 34f.

²⁵⁵ Vgl. Kaltschmitt et al. 2013: 805f.

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Diagramm 6: Anteile erneuerbarer Energieträger in Österreich 2016²⁵⁶



Aufgrund der unterschiedlichen Energiedichten der einzelnen Energieträger ergeben sich auch unterschiedliche Flächenbedarfe hinsichtlich der Energieerträge. Beispielsweise weist die Solarenergie sehr hohe Flächenerträge auf, wohingegen Biomasseprodukte nur über relativ geringe Energiedichten verfügen, aber den Vorteil einer guten Speicherbarkeit haben. Bezüglich der Nutzung erneuerbarer Energiepotenziale ist jedenfalls eine objektive Betrachtung aller relevanten Faktoren, unter Berücksichtigung einer kompetitiven Flächennutzung, unerlässlich.²⁵⁷ In Prinz et al. (2009) wurde im Rahmen des Projekts *Energie und Raumentwicklung - Räumliche Potenziale erneuerbarer Energieträger* eine Potenzialanalyse erneuerbarer Energien für Österreich durchgeführt. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass mögliche Konkurrenznutzungen der Potenzialflächen, bezüglich der eingeschränkten technischen Potenziale, nicht berücksichtigt wurden.²⁵⁸ Tabelle 7 zeigt die eingeschränkten technischen Potenziale der einzelnen Energieträger, die daraus abgeleiteten Szenarien (2020) und welcher Anteil vom Szenario MAX im Jahr 2016 bereits genutzt wurde.

Tabelle 7: Eingeschränkte technische Potenziale erneuerbarer Energieträger, inklusive der Szenarien für 2020 sowie bereits genutzte Anteile 2016 von Szenario MAX 2020 in Österreich²⁵⁹

Energieträger	Eingeschränktes techn. Potenzial [GWh]	Szenario MIN 2020 [GWh]	Szenario MAX 2020 [GWh]	Genutzter Anteil (2016) von Szenario MAX ²⁶⁰
Photovoltaik	3 799 000	17 500	33 400	3,28 %
Solarthermie	99 000	15 000	54 200	3,93 %
Wasserkraft	83 000	41 500	66 400	61,60 %
Windkraft	26 200	7 100	10 800	49,54 %
Biomasse (exkl. Laugen)	107 300	41 200	59 200	87,98 %
Umgebungswärme	909 000	7 800	9 100	26,53 %
Geothermie	1.032 000	7 800	9 100	0,91 %
Summe (exkl. Laugen)	6.055.500	137.900	242.200	42,67 %

²⁵⁶ Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online

²⁵⁷ Vgl. Prinz et al. 2009: 70

²⁵⁸ Vgl. Prinz et al. 2009: 71

²⁵⁹ Vgl. Prinz et al. 2009: 71

²⁶⁰ Vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online (eigene Berechnung)

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Die energetischen Potenziale der Biomasse und Wasserkraft werden am stärksten genutzt, während die größten Ausbaupotenziale bei der Solarenergie und der Geothermie erkennbar sind. Die Windkraft und Umgebungswärme nehmen eine intermediäre Rolle, bezüglich des im Jahre 2016 genutzten Anteils am Szenario MAX 2020 ein. Insgesamt ergibt sich ein Ausbaupotenzial von rund 138.000 GWh, ausgehend von der Nutzung erneuerbarer Energien 2016, gemessen am Szenario MAX 2020, exklusive der Nutzung von Laugen. Abschließend ist festzuhalten, dass es nicht mehr zu klären gilt „ob die erneuerbaren Energien unsere Energieversorgung sicherstellen können, sondern welchen Anteil die unterschiedlichen erneuerbaren Energien erhalten werden, und im Hinblick auf den Treibhauseffekt, wie schnell diese zum Einsatz kommen.“²⁶¹

Methoden der räumlichen Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger

Die in diesem Kapitel vorgestellten Potenzialanalyseverfahren erlauben eine gesonderte Betrachtung der einzelnen relevanten erneuerbaren Energieträger für die regionale Energieraumplanung. Einerseits ist die Reduktion der theoretischen Potenziale zu den technischen und in weiterer Folge zu den eingeschränkten technischen Potenzialen eine wesentliche Verfahrensweise der Modellierung, wobei eine umfassende Integration unterschiedlicher räumlicher Aspekte und Einschränkungsfaktoren vorgenommen wird. Dies erfolgt differenziert nach den einzelnen Energieträgern, da jeweils spezifische Charakteristika in adäquater Weise zu berücksichtigen sind. Des Weiteren ist die Reduktion der eingeschränkten technischen Potenziale hin zu Planungsszenarien, hinsichtlich potenzieller Flächennutzungen für erneuerbare Energien, von besonderer Bedeutung, um einen raum- und umweltverträglichen Einsatz zu gewährleisten. Bei den gewählten Restriktionen, welche je nach Programmatik eines Planungsvorhabens variieren, können neben der Beachtung der naturräumlichen bzw. umweltrelevanten regionalen Gegebenheiten und der Einbeziehung der Siedlungsentwicklung auch politisch-gesellschaftliche sowie ökonomische Faktoren berücksichtigt werden. Weiters ist es zweckmäßig, Konkurrenznutzungen der Flächen zu berücksichtigen sowie die bereits genutzten Potenziale je Energieträger darzustellen. Auf österreichischer Ebene ist festzustellen, dass von den Wasserkraft- und Biomassepotenzialen bereits große Anteile genutzt werden, während die Solarenergie, die Umgebungswärme und die oberflächennahe Geothermie noch große Ausbaupotenziale aufweisen.²⁶² In nachstehender Tabelle sind die Geo-Datengrundlagen je erneuerbarem Energieträger aufgelistet, welche im Projekt *Energie und Raumentwicklung - Räumliche Potenziale erneuerbarer Energieträger* im Zuge der österreichweiten Energiepotenzialanalysen zur Anwendung kamen.

Tabelle 8: Geo-Datengrundlagen für die räumlichen Potenzialanalysen der erneuerbaren Energieträger

Erneuerbare Energieträger	Geo-Datengrundlagen
Solarenergie	<ul style="list-style-type: none">- Daten aus Globalstrahlungsmessungen- Digitales Geländemodell (DGM) bzw. Digitales Oberflächenmodell (DOM)- Flächennutzungsklassen/ Landbedeckungsklassen (CLC)- Gebäudekataster bzw. Dachflächenkataster- Verkehrsinfrastruktur- Energieinfrastruktur- Schutzgebiete

²⁶¹ Quaschnig 2015: 35

²⁶² Vgl. Prinz et al. 2009: 70

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Wasserkraft	<ul style="list-style-type: none"> - Digitales Geländemodell (DGM) - Mittlere Jahresniederschlagsdaten (ZAMG) - Mittlere jährliche Gebietsverdunstungsdaten - Hydrogeologie aus dem Hydrologischen Atlas (HAÖ) - Landbedeckungsklassen (CLC)
Windkraft	<ul style="list-style-type: none"> - Mittlere Jahreswindgeschwindigkeiten von Windmessstationen (ZAMG) - Klassifizierung der Landbedeckung (CLC) - Digitales Geländemodell (DGM)
Biomasse	<ul style="list-style-type: none"> - Landbedeckungsklassen (CLC) - Digitales Geländemodell (DGM)
Hydrothermale Geothermie	<ul style="list-style-type: none"> - Gebiete mit hydrothermalen Aquiferen
Oberflächennahe Geothermie	<ul style="list-style-type: none"> - Böden aus dem Hydrologischen Atlas Österreichs - Gesteinsarten
Umgebungswärme	<ul style="list-style-type: none"> - Böden aus dem Hydrologischen Atlas Österreichs - Bodentypen

Es ist festzuhalten, dass eine gute Datenverfügbarkeit entscheidend für die Qualität der Modellergebnisse ist. Einerseits ist bei bereits vorhandenen Sekundärdaten mit hohen Bereitstellungskosten zu rechnen, wobei andererseits bei Primärdatenerhebungen ebenfalls erhebliche personelle und zeitliche Ressourcen aufzuwenden sind. In diesem Kontext kann eine Adaptierung der methodischen Vorgehensweise hinsichtlich der Modellierung erfolgen, sodass teilweise oder ausschließlich auf kostenlos verfügbare Geodaten (Open Data) zurückgegriffen werden kann.

Eine weitere Verfahrensweise geht von der Ausweisung von Eignungs- und Ausschlussflächen für die einzelnen erneuerbaren Energieträger aus. Hierbei ist es notwendig die konkreten Flächenbedarfe je Leistungseinheit der erneuerbaren Energiesparten zu ermitteln, damit den Flächenpotenzialen die spezifischen Energiepotenziale zugewiesen werden können (siehe Tabelle 9).²⁶³ Es ist zu beachten, dass die unterschiedlichen Energiedichten der einzelnen Energieträger einen differenten Flächenbedarf für die Produktion der gleichen Energiemenge bedingen.²⁶⁴ Bei der Ermittlung von potenziellen Eignungszonen sind die spezifischen räumlichen Wirkungen qualitativ zu beschreiben, um Nutzungsrestriktionen bestimmter Räume abzuleiten und somit die Verträglichkeit des erneuerbaren Energieeinsatzes mit anderen relevanten Belangen zu gewährleisten.²⁶⁵ Eine Voraussetzung hierfür ist *„eine differenzierte Analyse der räumlichen Tragfähigkeit und eine daraus abgeleitete Ermittlung der raum- und umweltverträglichen Flächenpotenziale bezogen auf die verschiedenen Sparten Erneuerbarer Energien unter Berücksichtigung der damit verbundenen Raum- und Umweltwirkungen“*²⁶⁶.

Das Wasserkraftpotenzial kann ebenfalls nach der Ermittlung geeigneter Standorte mittels des durchschnittlichen Wasserdurchflusses, der Fallhöhe, der Wasserdichte und der Normalfallbeschleunigung unter Beachtung des Gesamtwirkungsgrades eines Laufwasserkraftwerks, abgeschätzt werden (siehe Abbildung 15, S. 22). Bezüglich der Abschätzung des Erd- und Umgebungswärmpotenzials ist anzumerken, dass der Katalog Flächenbedarfe der oberflächennahen (seichten)

²⁶³ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 40

²⁶⁴ Vgl. Prinz et al. 2009: 70

²⁶⁵ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 40

²⁶⁶ Schicketanz 2012: 20

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Geothermie ausweist. Zur genaueren Abschätzung dieser Potenziale, insbesondere der Umgebungswärme und Tiefengeothermie, sind Geodaten zu Bodentypen, Gesteinsarten sowie hydrothermalen Aquiferen erforderlich.

Das räumliche Konfliktrisiko der Nutzung erneuerbarer Energien und die damit verbundenen Restriktionen auf bestimmten Flächen sind im Wesentlichen von naturschutz-, immissionschutz- und raumordnungsrechtlichen Bestimmungen abhängig. Hierbei sind insbesondere folgende Belange zu berücksichtigen:

- Aktuelle Raum- bzw. Flächennutzungen (z. B. Landwirtschaft, Verkehr, Wohnen, Erholung)
- Abstandsregelungen (z. B. einzuhaltende Abstände von Windkraftanlagen zu Siedlungen)
- Geplante Nutzungen (z. B. diverse Vorranggebiete)
- Naturschutzbelange (z. B. Arten-, Biotop- und Landschaftsschutz)²⁶⁷

Die so ermittelten Flächenpotenziale der einzelnen erneuerbaren Energieträger, unter Beachtung der Raum- und Umweltverträglichkeit, können mittels des Katalogs „*Flächenbedarfe erneuerbarer Energieproduktion (m²/kWh·a)*“ in die jeweiligen Energiepotenziale umgerechnet werden. Dieser Katalog wurde im Rahmen der Forschungsarbeit *EnergieRaumPlanung für Smart City Quartiere und Smart City Regionen (ERP_hoch3)* entwickelt, um für Österreich die Flächenbedarfe unterschiedlicher erneuerbarer Energieträger vergleichbar zu machen. Hierbei wurde auch eine Bewertung der Landnutzungskonkurrenz und der Umweltbeeinträchtigungen der einzelnen erneuerbaren Energieträger vorgenommen. In folgender Tabelle ist diese „*Operationalisierung der Flächenbedarfe verschiedener erneuerbarer Energieformen*“ dargestellt.²⁶⁸

Tabelle 9: Flächenbedarfe erneuerbarer Energieproduktion nach Energieträgern (m²/kWh·a)²⁶⁹

	Energieträger	m ² /(kWh·a)	Land-nutzungs-konkurrenz *	Umwelt-beein-trächtigung *	kWh/(m ² ·a)
Wärme	Forstliche Biomasse, Restholz-Hackschnitzel-Verbrennung (österr. Durchschnittswert)	0,568182	1	1	1,76
	Agrarische Biomasse, Mais (österr. Durchschnitt bei der Wärmeproduktion - Biogasfeuerung)	0,169492	3	1	5,9
	Agrarische Biomasse im Kurzumtrieb (Pappeln), Hackschnitzel (österr. Durchschnittsertrag der Wärmeproduktion)	0,142045	3	1	7,04
	Seichte Geothermie (geschlossene Wärmetauscher-Systeme – Erdwärmesondenfeld in 100 m Tiefe, österr. Durchschnittsertrag)	0,032895	1	1	30,4
	Solarthermische Großanlage (auf großen Flachdächern oder freistehend, Lage: Wien)	0,008	2	1	125
	Solarthermische Warmwasseraufbereitung (kleine vollflächige Dachanlage, Lage: Wien)	0,003367	1	1	297

²⁶⁷ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 71f.

²⁶⁸ Vgl. Dumke/Fischbäck/Hirschler/Kronberger-Nabielek et al. 2014: 256ff.

²⁶⁹ Vgl. Dumke/Fischbäck/Hirschler/Kronberger-Nabielek et al. 2014: 260f. (eigene Darstellung)

2. Erneuerbare Energien in der Raumplanung

Elektrizität	Mittelgroße Windkraftanlage (Einzel- oder Reihenaufstellung; Leistung: 0,5 MW je Turbine; Lage: Waldviertel (NÖ))	0,098135	1	1	10,19
	Windpark (Clusteraufstellung; Leistung 3 MW je Turbine; Lage: Neusiedl (Bgd.))	0,08177	1	1	12,2
	Große Windkraftanlage (Einzel- oder Reihenaufstellung; Leistung 3 MW je Turbine; Lage: Neusiedl (Bgd.))	0,04	1	1	25
	Solarfeld-PV-Großkraftwerk (aufgeständerte Module im Freiland oder auf großen Flachdächern; Lage: Oberzeiring (Stmk.))	0,019231	2	1	52
	Photovoltaik Kleinanlage (vollflächige Dachanlage; Lage: Wien)	0,006897	1	1	145
	Laufwasserkraftwerk (mittelgroße Anlage; Leistung 1,8 MW; Lage: Ingering bei Spielberg (Stmk.))	0,000455	2	3	2 200

* 1 = gering; 2 = mittel; 3 = hoch

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass ausgehend von den ermittelten Eignungsflächen für erneuerbare Energien und den Flächenbedarfen erneuerbarer Energieproduktion das Potenzial der meisten relevanten Energieträger abgebildet werden kann. Zur Analyse der Flächenpotenziale werden folgende Geo-Daten benötigt:

- Flächennutzungsklassen/ Landbedeckungsklassen (Corine Land Cover)
- Digitales Geländemodell (DGM) bzw. Digitales Oberflächenmodell (DOM) → DHM
- Gebäudekataster bzw. Dachflächenkataster
- Fließgewässer
- Relevante Schutzgebietskategorien
- Verkehrsinfrastruktur

Die Nutzung erneuerbarer Energieträger ist auch hinsichtlich relevanter Flächeninanspruchnahmen zu bewerten. Vom deutschen Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (2015) wird die Nutzung folgender erneuerbarer Energieträger als flächenneutral kategorisiert:

- Solaranlagen auf Dachflächen
- Wasserkraft
- Tiefengeothermie
- Bioenergie aus Reststoffen²⁷⁰

Die hier beschriebenen Methoden der räumlichen Potenzialanalysen erneuerbarer Energieträger, inklusive aller relevanten einzubeziehenden Restriktionen, sind insbesondere für die Anwendung auf regionaler und überregionaler Ebene geeignet. Einzelne Energieformen können mittels dieser Verfahren auch auf kommunaler oder kleinräumigerer Ebene betrachtet werden, wie beispielsweise Potenziale von (gebäudegebundenen) Solaranlagen, Kleinwasserkraftwerken oder der Erd- und Umgebungswärme. Im Kapitel 3.2. wird für den Bezirk Baden (NÖ) eine räumliche Potenzialanalyse der hier beschriebenen erneuerbaren Energieträger durchgeführt. In Anlehnung an die in diesem Kapitel erläuterten Methoden, wird eine kombinierte Verfahrensweise zur Ermittlung der Energiepotenziale

²⁷⁰ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2015: 66

entwickelt.

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Im folgenden Kapitel werden anhand des Bezirks Baden in Niederösterreich, welcher exemplarisch als Untersuchungsgebiet dient, eine energetische Bestandsanalyse und anschließend eine GIS-gestützte räumliche Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger durchgeführt.

3.1. Daten und Fakten zum Bezirk Baden

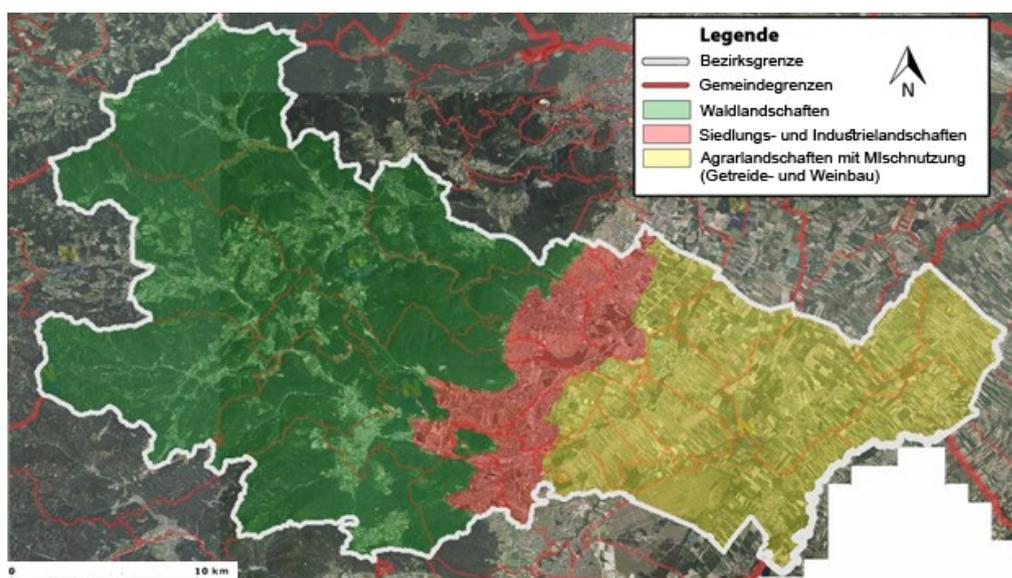
Der Bezirk Baden ist mit 145.235 Einwohnerinnen und Einwohnern (Stand: 1.1.2017) der bevölkerungsreichste Bezirk Niederösterreichs und erstreckt sich über eine Fläche von rund 753,64 km².²⁷¹ Der Anteil der Waldfläche, gemessen an der gesamten Bezirksfläche, beträgt rund 48 %.²⁷² Er gliedert sich in 30 Gemeinden und liegt ca. 30 km südsüdwestlich von Wien im Industrieviertel Niederösterreichs, wie in folgender Abbildung ersichtlich ist.

Karte 4: Gemeinden und Lage des Bezirks Baden in NÖ²⁷³



In Karte 5 wurde eine grobe Einteilung nach den vorherrschenden Kulturlandschaften im Bezirk Baden vorgenommen.

Karte 5: Übersicht - Kulturlandschaften im Bezirk Baden²⁷⁴



²⁷¹ Vgl. Statistik Austria 2017: online; Amt der Niederösterreichischen Landesregierung 2018: online

²⁷² Vgl. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung 2018: online

²⁷³ Egger/Gruber 2017: online

²⁷⁴ Gal/Youssef 2016: 4 (adaptiert)

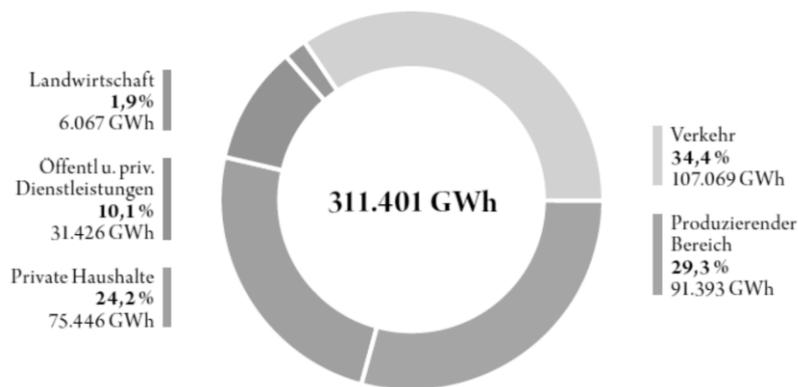
3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Es zeigt sich, dass hinsichtlich der Potenziale an erneuerbaren Energieträgern eine interessante Landschaftsstruktur gegeben ist. Das westliche Gebiet des Bezirks besteht vorwiegend aus hügeligen Waldlandschaften, welche Richtung Osten in eine zentral gelegene Siedlungs- und Industrielandschaft übergeht. Der östliche Bereich wird hauptsächlich von Agrarlandschaften mit Mischnutzung (verwiegend Getreide- und Weinbau) dominiert.

3.1.1. Energiebedarf und Verbrauchsstruktur

In Österreich gab es im Jahr 2016 einen energetischen Bruttoinlandsbedarf von 398.716 GWh und einen Endenergieverbrauch von 311.401 GWh.²⁷⁵ In Diagramm 7 ist der sektorale Endenergieverbrauch ersichtlich. Es zeigt sich, dass die Mobilität knapp über ein Drittel am Endenergieverbrauch ausmacht, wobei hier hauptsächlich fossile Energieträger zum Einsatz kommen. Des Weiteren entfällt jeweils rund ein Drittel an die Industrie sowie an private Haushalte und Dienstleistungsunternehmen. Der landwirtschaftliche Sektor nimmt mit einem Anteil von unter 2 % nur eine untergeordnete Rolle ein.

Diagramm 7: Sektoraler Endenergieverbrauch in Österreich (2016)²⁷⁶



Im Bezirk Baden gibt es rund 74.000 private Haushalte, 9.650 nicht-landwirtschaftliche Betriebe (beides 2011) sowie 1.050 landwirtschaftliche Betriebe (2010).²⁷⁷

Eine E-Mail Anfrage bei der Netz Niederösterreich GmbH (EVN Gruppe) vom 29.08.2018 über energierelevante Daten für den Bezirk Baden brachte kein Ergebnis. Somit wird der Energiebedarf im Bezirk Baden mittels durchschnittlicher Werte geschätzt. Auch für das nächste Kapitel 3.1.2. *Energieversorgung und Nutzung erneuerbarer Energien* wäre eine möglichst genaue Aufschlüsselung der verwendeten Energieträger sowie der Energieproduktionsstandorte im Bezirk von Vorteil, um die Planungsgrundlage zu verbessern.

Ausgehend von den zugrunde liegenden Daten der Statistik Austria, welche vom Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus aufbereitet wurden, wird für den Bezirk Baden eine Schätzung des Energiebedarfs bzw. -umsatzes vorgenommen. Diese basiert auf den sektoralen Energieverbrauchsdaten von 2016 für das gesamte Bundesgebiet und der relativen Bevölkerungszahl des Bezirks Baden im Vergleich zu Österreich. Folgende Tabelle zeigt die Verteilung des sektoralen Endenergiebedarfs im

²⁷⁵ Vgl. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online

²⁷⁶ Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online

²⁷⁷ Vgl. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung 2018: online

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Bezirk Baden auf Grundlage des österreichischen Durchschnitts.

Tabelle 10: Sektoraler Endenergiebedarf im Bezirk Baden (2016) (Schätzung)²⁷⁸

Sektor	Endenergiebedarf [GWh]
Landwirtschaft	100
Produzierender Bereich	1 509
Dienstleistungen	519
Private Haushalte	1 246
Verkehr	1 768
Summe	5 142

Der Bezirk Baden hatte im Jahr 2016 einen Bruttoenergiebedarf von ca. 6.584 GWh²⁷⁹ und einen Endenergiebedarf von ca. 5.142 GWh. Dabei ist zu beachten, dass circa „50 % des Endenergieverbrauchs (...) in Österreich (...) auf Wärme und Kälte“²⁸⁰ entfallen. Zur Beantwortung einer Forschungsfrage dieser Diplomarbeit ist der Endenergiebedarf, exklusive der Landwirtschafts- und Verkehrsanteile von Relevanz. Somit ergibt sich ein Endenergiebedarf für den Bezirk Baden von insgesamt ca. **3.274 GWh** (Elektrizität: 703 GWh; Wärme/Kälte: 2571 GWh²⁸¹) für die Sektoren produzierender Bereich, Dienstleistungen sowie private Haushalte. Aufgrund einer zu erwartenden künftigen Steigerung der E-Mobilität bzw. verbrauchsintensiver (IKT-)Infrastrukturen, ist mit einer mittel- bis langfristigen Zunahme des Elektrizitätsanteils am Endenergiebedarf zu rechnen. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass eine Fortschreibung des Energiebedarfs von Interesse ist. Eine Literaturrecherche hat ergeben, dass vorliegende Studien und Szenarien sehr große Abweichungen aufweisen²⁸², wobei durch Energieeinsparungen und Effizienzsteigerungen ein tendenziell rückläufiger Wärmebedarf anzunehmen ist.

3.1.2. Energieversorgung und Nutzung erneuerbarer Energien

Die Austrian Power Grid AG (APG) ist Übertragungsnetzbetreiberin in Österreich und gesetzlich dazu verpflichtet, die Versorgungssicherheit zu garantieren. In einem Masterplan (online abrufbar unter <http://www.apg.at/de/netz/netzausbau/masterplan>) werden Planungen bezüglich der Übertragungsinfrastruktur, sowie die wichtigsten umzusetzenden Projekte zur Gewährleistung eines sicheren Betriebs beschrieben.²⁸³ Für den Transport bzw. die Energieverteilung von Strom und Gas ist die Netz Niederösterreich GmbH (EVN Gruppe) zuständig.²⁸⁴ Die wesentlichen Energieversorgungsunternehmen in Niederösterreich sind die EVN AG, die Wien Energie GmbH und die Verbund AG.

Im Bezirk Baden gibt es mehrere Beispiele für die Nutzung erneuerbarer Energieträger. Im Jahr 2017/2018 gab es 1.743 Photovoltaikanlagen, 30 Windräder, 57 Kleinwasserkraftwerke²⁸⁵ und ein

²⁷⁸ Eigene Berechnung: Datengrundlagen: 1) Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus 2017: online (Energieverbrauch in Österreich 2016); 2) Statistik Austria 2018a: online (Bevölkerung Österreichs 2017); 3) Amt der Niederösterreichischen Landesregierung 2018: online (Bevölkerung des Bezirks Baden 2017)
²⁷⁹ Ebd.

²⁸⁰ Vgl. Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency 2014: 101

²⁸¹ Schätzung auf Grundlage von ²⁸⁰

²⁸² Vgl. dazu: 1) Umweltbundesamt GmbH 2015: 7; 2) Bliem et al. 2011: 43f.

²⁸³ Vgl. Christiner/Fuchs 2013: 129

²⁸⁴ Vgl. Netz Niederösterreich GmbH 2016: online

²⁸⁵ Vgl. Buchsbaum-Regner (2019): Verein Kleinwasserkraft Österreich (Bereitstellung von Daten über Kleinwasserkraftanlagen für den Bezirk Baden aus dem Jahr 2018)

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Biomassekraftwerk, wodurch Elektrizität für rund 63.000 Haushalte bereitgestellt werden kann.²⁸⁶ Im Folgenden werden auszugsweise Kraftwerke vorgestellt, in denen erneuerbare Energien zum Einsatz kommen.

Gebäudegebundene Photovoltaikanlage

Im Jahr 2013 wurde im Gewerbepark Traiskirchen, auf den Dächern (16.500 m²) des Areals des ehemaligen Semperitwerks, eine Photovoltaikanlage von Wien Energie, mit 8.000 PV-Modulen errichtet.²⁸⁷ Diese gebäudegebundene PV-Anlage wird von Wien Energie betrieben und stellt aktuell das zweitgrößte derartige Solarkraftwerk zur Elektrizitätsbereitstellung in Österreich dar. Nach einer Erweiterung der Anlage im Jahr 2015 hat diese nun eine Leistung von 2.700 Kilowattpeak (kWp), was jährlich rund 2.700 MWh an Elektrizität entspricht. Damit können über 1.000 Haushalte ganzjährig mit erneuerbarem Strom versorgt werden. Für Bürgerinnen und Bürger wurde ein sogenanntes „Sale-and-Lease-Back“ Modell angeboten, wobei sich die Bevölkerung Traiskirchens im Zuge der Erweiterung bei 400 Solarpaneelen beteiligen konnte.²⁸⁸

In nachstehender Abbildung ist ein Luftbild der gebäudegebundenen Photovoltaikanlage im Gewerbepark Traiskirchen, auf dem Areal des ehemaligen Semperit-Werks ersichtlich.

Abbildung 32: Luftbild der gebäudegebundenen Photovoltaikanlage im Gewerbepark Traiskirchen²⁸⁹



Mit diesem Solarkraftwerk wurden Impulse hinsichtlich der Infrastrukturentwicklung in der Gemeinde gesetzt, wobei der ehemalige Betriebsstandort der Semperit Werke wirtschaftlich erfolgreich revitalisiert worden ist. Damit wurden zahlreiche Arbeitsplätze geschaffen und es wird in die erneuerbare Energieproduktion sowie den Umweltschutz investiert. Des Weiteren wird ein Beitrag zum Klimaschutz und der Versorgungssicherheit geleistet. Aufgrund des hohen Energiebedarfs im Gewerbepark Traiskirchen handelt es sich um einen sehr guten Standort für die lokale, verbrauchsnahe Energiebereitstellung.²⁹⁰

²⁸⁶ Vgl. Stockmann 2017: online

²⁸⁷ Vgl. APA-OTS Originaltext-Service GmbH 2013: online

²⁸⁸ Vgl. Wien Energie GmbH 2018a: online

²⁸⁹ Google Earth Pro 2018: online (adaptiert)

²⁹⁰ Vgl. Wien Energie GmbH 2018a: online

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Im Allgemeinen sind große Flachdächer auf Betriebsgebäuden sehr gut für die Nutzung von Sonnenenergie zur Elektrizitätsbereitstellung geeignet. Einerseits sind diese Anlagen freiflächenneutral und andererseits ist meist die räumliche Nähe zwischen Stromerzeugerin und genügend Stromabnehmern oder -abnehmerinnen gegeben.

Freiflächen-Photovoltaikanlage

In Oberwaltersdorf wurde im Juli 2013 eine der größten Photovoltaik-Freiflächenanlagen Österreichs als Bürgerinnen- und Bürgerbeteiligungsprojekt errichtet, was in Form des oben erwähnten „Sale-and-Lease-Back“ Modells stattfand. Dieser PV-Park entstand in Kooperation der Wien Energie mit dem Unternehmen KPK Lightcraft GmbH und der Gemeinde Oberwaltersdorf. Beim Standort handelt es sich um eine freie Ackerfläche von 13.000 m², welche am Ortsrand von Oberwaltersdorf liegt. Das Solarkraftwerk setzt sich aus 2.000 Modulen mit rund 6.500 m² Paneelfläche zusammen. Es hat eine installierte Leistung von 500 kWp, was einer jährlichen Elektrizitätserzeugung von ca. 500 MWh (+/- 10 %) entspricht, womit rund 200 Haushalte mit Solarstrom versorgt werden können.²⁹¹

Abbildung 33: Luftbild der Photovoltaik-Freiflächenanlage in Oberwaltersdorf²⁹²



Das Bürgerinnen- und Bürgerbeteiligungsmodell, welches von der Wien Energie bei der Errichtung von Solarkraftwerken des Öfteren angeboten wird, hat folgende Rahmenbedingungen:

- Der Preis eines Solarpaneels beträgt 950 €. Mit der Einzahlung tritt der Vertrag mit der Wien Energie GmbH in Kraft und man wird zur Miteigentümerin oder zum Miteigentümer.
- Das Energieversorgungsunternehmen errichtet die Module für die Beteiligten und diese vermieten die Paneele an Wien Energie zurück. Hierfür erhalten die Investorinnen und Investoren eine jährliche Vergütung des investierten Betrags, wobei die Miete jährlich auf das angegebene Konto ausbezahlt wird.
- Die Vertragslaufzeit beträgt wenigstens fünf Jahre, wobei bei einer vorzeitigen Kündigung 75€ Verwaltungsgebühr anfallen.
- Nach ca. 25 Jahren, was dem ungefähren Ende der Lebensdauer entspricht, werden die Solarpaneele von der Wien Energie zurückgekauft und man erhält den Beteiligungsbetrag zur

²⁹¹ Vgl. Wien Energie GmbH 2018b: online

²⁹² Google Earth Pro 2018: online (adaptiert)

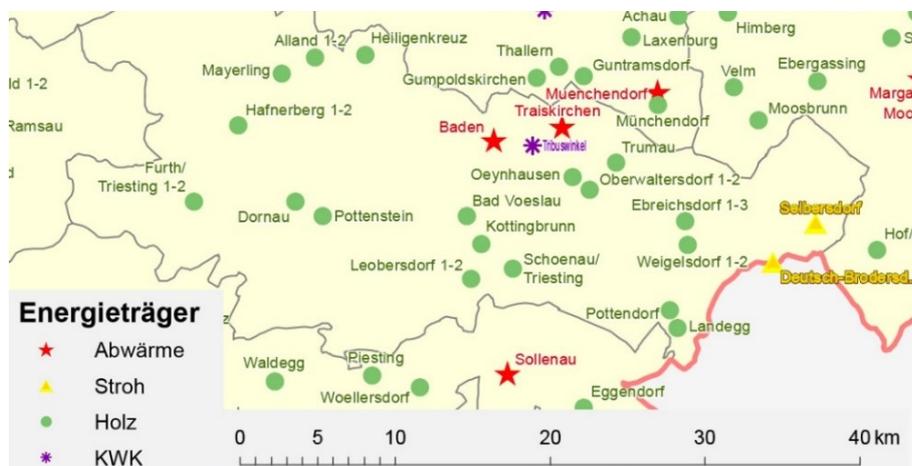
3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Gänze zurück.²⁹³

Biomasse(heiz)kraftwerke

Wärme aus Biomasse bringt eine hohe heimische Wertschöpfung, während sich ein sinnvoller Einsatz nachwachsender Energieträger auch positiv auf die Klima- und Energieziele auswirkt. Hierbei sind Kooperationen mit land- und forstwirtschaftlichen Unternehmungen zweckmäßig, welche zumindest einen Teil der benötigten Biomasse bereitstellen. Bei den meisten Biomassekraftwerken der EVN werden lokale landwirtschaftliche Unternehmen betrieblich eingebunden und zur Biomasselieferung beauftragt. Zudem bietet die Nutzung von Biomasse zur Wärmebereitstellung der regionalen Forstwirtschaft den Vorteil, über langfristige Lieferverträge, den Absatz von Waldhackgut und forstwirtschaftlichen Nebenprodukten abzusichern.²⁹⁴ Karte 6 zeigt die Biomasse(heiz)kraftwerke im Bezirk Baden, differenziert nach den eingesetzten Biomasseprodukten.

Karte 6: Biomassenutzung in Nahwärme- und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Bezirk Baden (2016)²⁹⁵



Beim KWK-Biomassekraftwerk in Tribuswinkel handelt es sich um eine Anlage zur Elektrizitätsproduktion, wobei die Dampfturbine dieses Kraftwerks eine Leistung von 5.000 kW hat und ausschließlich Strom erzeugt.²⁹⁶ Die übrigen Biomasseheizkraftwerke dienen zur Bereitstellung thermischer Energie.

Wasserkraftwerke

Im Bezirk Baden haben vor allem Kleinwasserkraftwerke ein hohes Potenzial. Am Wiener Neustädter Kanal gibt es im Gemeindegebiet von Kottlingbrunn und Pfaffstätten jeweils ein Kleinwasserkraftwerk. Diese beiden Kraftwerke bestehen aus insgesamt fünf Staudruckmaschinen mit einer Gesamtleistung von 71 kW und haben einen jährlichen Elektrizitätsertrag von rund 456 MWh. Damit können in etwa 130 Haushalte ganzjährig mit Strom versorgt werden. Das generalsanierte Kraftwerk in Kottlingbrunn besteht aus zwei Staudruckanlagen der Typen SDM 11 und SDM 15. In Pfaffstätten werden drei Maschinen des Typs SDM 15 eingesetzt. Die Vorteile von Staudruckmaschinen sind, dass sie sich gut für Standorte mit geringer Fallhöhe und niedrigen Durchflussmengen eignen. Des Weiteren stellen sie aufgrund ihrer kompakten Größe sowie dem relativ kleinen baulichen Aufwand einen eher geringen

²⁹³ Vgl. Wien Energie GmbH 2018b: online

²⁹⁴ Vgl. EVN AG 2010: online

²⁹⁵ Amt der NÖ Landesregierung 2017: online (adaptiert)

²⁹⁶ Vgl. EVN AG 2010: online

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Eingriff in das Ökosystem und das Landschaftsbild dar.²⁹⁷ Folgende Abbildung zeigt eine Staudruckmaschine des Kleinwasserkraftwerks in Pfaffstätten.

Abbildung 34: Staudruckmaschine des Kleinwasserkraftwerks in Pfaffstätten²⁹⁸



Die Anschaffungskosten der beiden Kleinwasserkraftwerke in Kottlingbrunn und Pfaffstätten betragen 380.000 € und werden interessierten Bürgerinnen und Bürgern als Veranlagungsmöglichkeit offeriert. Bei dieser Möglichkeit des Crowdinvestments handelt es sich um ein nachschüssiges Darlehen mit fünfjähriger Laufzeit und 4,5 % Verzinsung im Jahr, während die Investmentmöglichkeit bei 250 € beginnt.²⁹⁹

Ein weiteres Beispiel für die Nutzung der Kleinwasserkraft findet sich in Trumau. Die Anlage ging im Jahr 1908 in Betrieb und wurde 1992 von der Wien Energie erworben. Nach einer Generalerneuerung in den Jahren 2014/2015 versorgt dieses Kleinwasserkraftwerk rund 130 Haushalte mit Elektrizität.³⁰⁰

Windkraftanlagen

Die Windenergienutzung hat sich zu einer der zentralen Säulen der Energieversorgung Niederösterreichs entwickelt. Es ist allerdings zu beachten, dass Windkraftanlagen auch in sensible Bereiche des Ökosystems eingreifen und damit die Artenvielfalt, das Landschaftsbild sowie die Lebensqualität beeinflussen. Nicht zuletzt aus diesem Grund sind die Einbeziehung und Wahrung unterschiedlicher Interessen beim Ausbau der Windkraft unerlässlich.³⁰¹

Das östliche Gebiet des Bezirks Baden, mit seiner Lage im windreichen Wiener Becken, eignet sich hervorragend für die Nutzung der Windenergie. Darüber hinaus besteht im südlichen Agglomerationsraum von Wien die räumliche Nähe zu zahlreichen privaten Abnehmerinnen und Abnehmern. Außerdem befinden sich viele Dienstleistungs- und Industriebetriebe im Industrieviertel Niederösterreichs, womit ein hoher Elektrizitätsbedarf gegeben ist.³⁰² Im Bezirk Baden gibt es aktuell in vier Gemeinden Windparks (Oberwaltersdorf, Pottendorf, Tattendorf und Seibersdorf).³⁰³ Im nachstehenden Luftbild sind die Windkraftanlagen verortet.

²⁹⁷ Vgl. Unser Kraftwerk UK-Naturstrom GmbH o.J.a: online

²⁹⁸ Vgl. Unser Kraftwerk UK-Naturstrom GmbH o.J.b: online

²⁹⁹ Vgl. Unser Kraftwerk UK-Naturstrom GmbH o.J.a: online

³⁰⁰ Vgl. Wien Energie GmbH 2018c: online

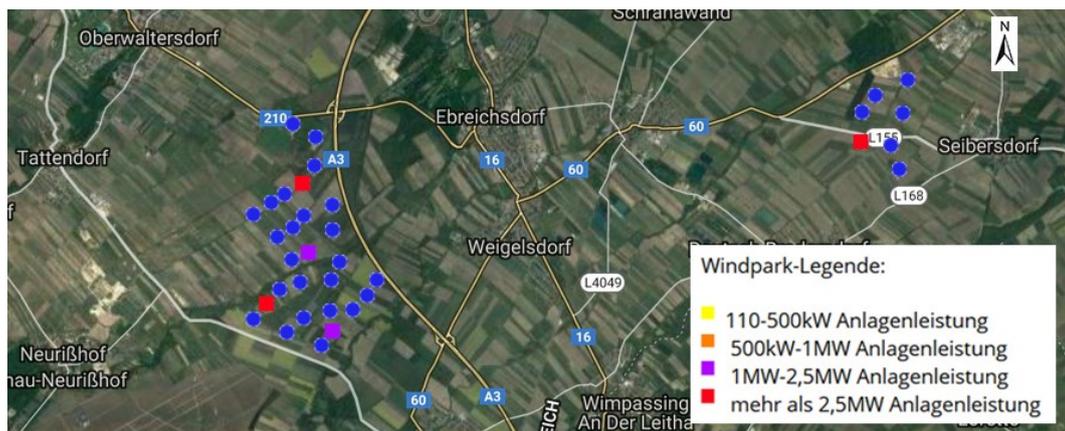
³⁰¹ Vgl. Amt der NÖ Landesregierung 2018: online

³⁰² Vgl. NÖ Pressehaus Druck- und VerlagsgmbH 2017: online

³⁰³ Vgl. Interessengemeinschaft Windkraft Österreich-IGW 2018b: online

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Abbildung 35: Luftbild - Verortung der Windkraftanlagen im Bezirk Baden (2018) (maßstabslos)³⁰⁴



In Abbildung 35 ist ersichtlich, dass die Windparks bezüglich ihrer Anlagenleistung zu den zwei höchsten Kategorien in der Legende zählen (1 MW - 2,5 MW; > 2,5 MW). Die einzelnen Anlagen der Windparks wurden in den Jahren 2011, 2015 und 2016 errichtet.³⁰⁵ Hierbei ist anzumerken, dass die NÖ Landesregierung im April 2011 die *Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ* erlassen hat (siehe Kapitel 4.3.1.). In nachstehender Tabelle sind die Details zu den Windparks aufgelistet.

Tabelle 11: Daten zu den Windparks im Bezirk Baden³⁰⁶

Windparks	Anlagen	Gesamtleistung [MW]	Versorgte Haushalte ϕ	Energieertrag [GWh/a] ϕ ³⁰⁷
Oberwaltersdorf	6	18	10 290	36,6
Pottendorf (Teil 1)	12	36,6	20 910	74,4
Pottendorf (Teil 2)	3	6,9	3 940	14,0
Tattendorf	8	16	9 140	32,5
Seibersdorf	7	21	12 000	42,7
Summe	36	98,5	56 280	200,2

3.2. Räumliche Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger im Bezirk Baden

Wie in Kapitel 2.2. beschrieben werden die räumlichen Potenziale der beleuchteten erneuerbaren Energieträger für den Bezirk Baden einzeln analysiert, wobei in einer abschließenden Betrachtung auch die Flächenkonkurrenzen einbezogen werden. Dabei wird bei einer Überschneidung von Potenzialflächen immer der Energieträger mit dem höheren Flächenertrag bevorzugt, um abschließend das erneuerbare Gesamtenergiepotenzial berechnen zu können. Hierbei ist hinsichtlich einer möglichen Nutzung zwischen der Bereitstellung von Elektrizität und Wärme zu differenzieren.

Als Basis für die räumliche Potenzialanalyse dient eine umfangreiche Geodatensammlung, welche aus teilweisen kostenlos beziehbaren und teils auch kostenpflichtigen Daten besteht, welche im Rahmen

³⁰⁴ Interessengemeinschaft Windkraft Österreich-IGW 2018b: online (adaptiert)

³⁰⁵ Vgl. Interessengemeinschaft Windkraft Österreich-IGW 2018b: online

³⁰⁶ Vgl. Interessengemeinschaft Windkraft Österreich-IGW 2018b: online (eigene Darstellung)

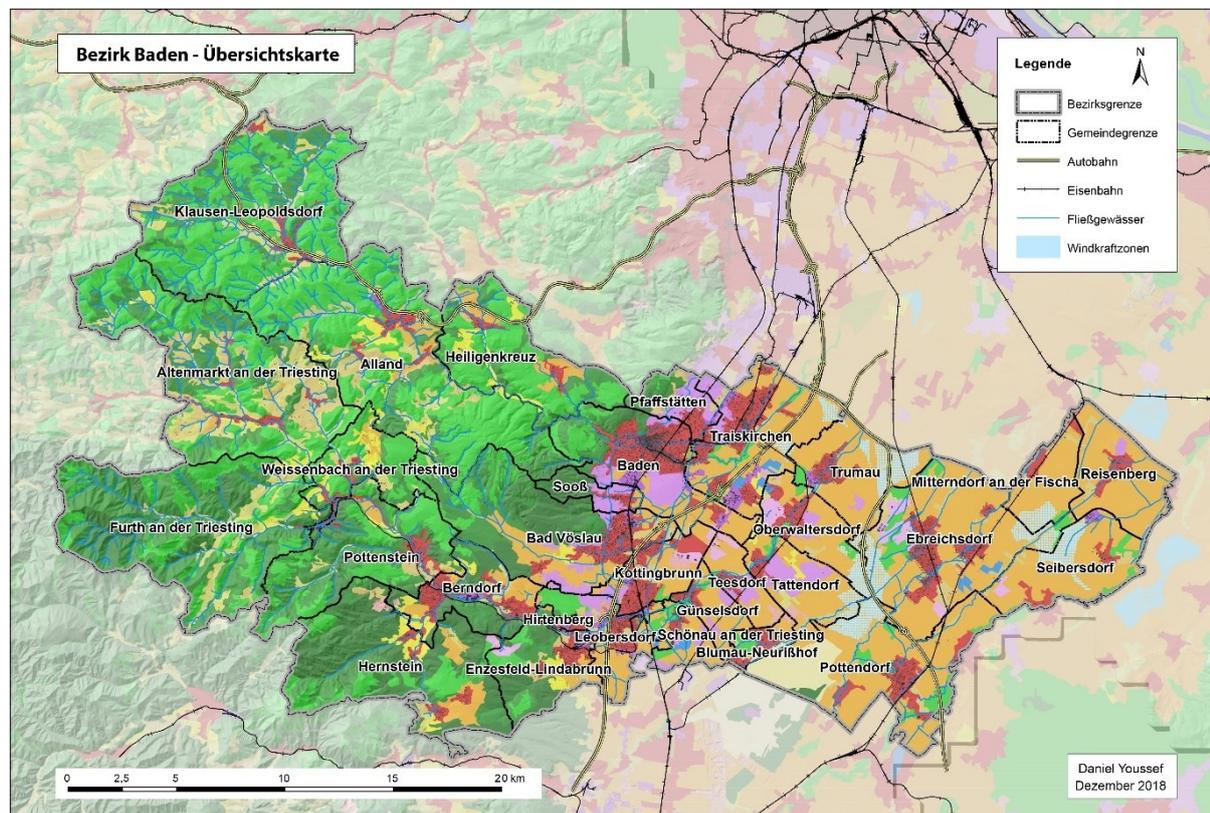
³⁰⁷ Berechnung auf Grundlage des durchschnittlichen Haushaltsverbrauchs an Elektrizität in Österreich (2016) von 3.559,9 kWh pro Jahr, auf Basis der von den Windparks versorgten Haushalte ϕ . Quelle: Statistik Austria 2018b: online (Energiestatistik: Strom- und Gastagebücher 2008/2012/2016)

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

dieser Diplomarbeit zur Verfügung gestellt wurden. Alle relevanten Geodaten, inklusive der dazugehörigen Bezugsquellen, werden in den folgenden Kapiteln im Detail beschrieben. Als Analysesoftware kommt das Geografische Informationssystem (GIS) ArcMap 10.6. vom Unternehmen ESRI zur Anwendung.

Folgende topografische Karte verschafft einen Überblick über den Bezirk Baden.

Karte 7: Übersichtskarte des Bezirks Baden³⁰⁸



3.2.1. Solarenergiepotenzialanalyse

Bei der Solarenergie wird zwischen gebäudegebundenen und freiflächenbezogenen Potenzialanalysen differenziert. Im Folgenden werden die Verfahrensweisen zur Ermittlung der Eignungsflächen sowie die möglichen Solarenergieerträge im Bezirk Baden beschrieben.

Gebäudegebundene Solarpotenzialanalyse

Zur Ermittlung der gebäudegebundenen Solarpotenziale werden geeignete Dachflächen betrachtet. Hierfür kommen folgende Geodaten zum Einsatz:

- Digitales Oberflächenmodell (DOM) 1 m³⁰⁹
- Digitaler Gebäudekataster

³⁰⁸ Eigene Darstellung: Geodatengrundlagen: 1) Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop: online (Verwaltungsgrenzen, Windkraftzonen, hochrangige Verkehrswege); 2) Land Niederösterreich (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung - Abteilung Landesamtsdirektion): online (Digitales Geländemodell - DGM 10 m); 3) Umweltbundesamt GmbH: online (CORINE Land Cover - CLC 2012)

³⁰⁹ Anm.: Kostenpflichtiger Datensatz, im Rahmen dieser Diplomarbeit von der NÖ Landesregierung zur Verfügung gestellt

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

- Verwaltungsgrenzen³¹⁰

Auf Basis des digitalen Oberflächenmodells wird zunächst die Ausrichtung und Neigung der Dachflächen im Bezirk Baden bestimmt. Anschließend werden die potenziell geeigneten Dachflächen zur Solarenergienutzung, gemäß Abbildung 36, in drei Eignungskategorien (sehr gut geeignet, gut geeignet und Flachdächer) eingeteilt. Als Flachdächer werden Flächen mit einer Neigung von $\leq 5^\circ$ ausgewiesen.

Abbildung 36: Eignung der Dachflächen zur Solarenergienutzung nach Ausrichtung und Neigung³¹¹

Ausrichtung (Abweichung in Grad von Süden)

Dachneigung	Ausrichtung (Abweichung in Grad von Süden)																		
	Süd		SüdOst SüdWest						Ost West		NordOst NordWest						Nord		
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
0°	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%	87%
10°	93%	93%	93%	92%	92%	91%	90%	89%	88%	86%	85%	84%	83%	81%	81%	80%	79%	79%	79%
20°	97%	97%	97%	96%	95%	93%	91%	89%	87%	85%	82%	80%	77%	75%	73%	71%	70%	70%	70%
30°	100%	99%	99%	97%	96%	94%	91%	88%	85%	82%	79%	75%	72%	69%	66%	64%	62%	61%	61%
40°	100%	99%	99%	97%	95%	93%	90%	86%	83%	79%	75%	71%	67%	63%	59%	56%	54%	52%	52%
50°	98%	97%	96%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	70%	66%	61%	56%	52%	48%	45%	44%	43%
60°	94%	93%	92%	91%	88%	85%	82%	78%	74%	70%	65%	60%	55%	50%	46%	41%	38%	36%	35%
70°	88%	87%	86%	85%	82%	79%	76%	72%	68%	70%	58%	54%	49%	44%	39%	35%	32%	29%	28%
80°	80%	79%	78%	77%	75%	72%	68%	65%	61%	56%	51%	47%	42%	37%	33%	29%	26%	24%	23%
90°	69%	69%	69%	67%	65%	63%	60%	56%	53%	48%	44%	40%	35%	31%	27%	24%	21%	19%	18%

Sehr gute Eignung (100% - 90%)
 Gute Eignung (< 90% - 80%)
 Flachdach (87%)

Die Einteilung der Potenzialflächen zur Solarenergienutzung, nach den definierten Eignungskategorien, stellt die Grundlage für die GIS-Abfrage dar. In folgender Abbildung wird das Ergebnis dieser Abfrage, anhand eines Kartenausschnitts im Geografischen Informationssystem veranschaulicht.

Abbildung 37: Ergebnis der gebäudegebundenen Solarpotenzialanalyse (GIS-Kartenausschnitt)³¹²



Als weitere Einschränkung fließen ausschließlich zusammenhängende Flächen ab 3 m² in die Analyse ein. Um das Solarenergiepotenzial abzuschätzen, ist die Kenntnis der jährlichen flächenbezogenen Sonneneinstrahlung erforderlich. Hierzu wurde in einer zentral gelegenen Gemeinde des Bezirks Baden (Kottingbrunn) eine Simulation der solaren Einstrahlung auf Basis des Digitalen Oberflächenmodells

³¹⁰ Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop: online (Geodatensätze)

³¹¹ DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH o.J.: online (adaptiert)

³¹² Eigene Darstellung: Geodatengrundlagen: DOM 1 m, Digitaler Gebäudekatalog

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

durchgeführt, wobei das GIS-Werkzeug „Sonneneinstrahlung (Fläche)“ zur Anwendung kam. Aufgrund des hohen Rechenaufwands dieser Operation war es nicht möglich, diese Analyse für den gesamten Bezirk durchzuführen. „Die Analyse wurde nur für kleinräumige Maßstäbe entwickelt, weshalb die Verwendung eines einzigen Breitengradwertes für das ganze DEM im Allgemeinen akzeptabel ist.“³¹³

Die Simulation ergab eine maximale solare Einstrahlung von 1 193 840 Wattstunden pro Quadratmeter und Jahr [Wh/(m²·a)]. Dieser Wert wird aufgerundet und eine maximale Einstrahlung von **1 200 kWh/(m²·a)** für die weitere Berechnung angenommen, was somit 100 % des möglichen jährlichen Sonnenenergieeintrags auf einer ideal ausgerichteten Fläche im Bezirk Baden entspricht.

Um den potenziellen Energieertrag aus Photovoltaik und Solarthermie zu berechnen, wird zunächst aufgrund von Dachaufbauten eine mittlere Flächenreduktion von 10 % angenommen.³¹⁴ Folgend wird die angenommene Einstrahlung von 1 200 kWh/(m²·a) (= 100 %) mit dem durchschnittlichen Flächenertrag der Eignungskategorien (sehr gut geeignet = 95 %; gut geeignet = 85 %; Flachdach = 87 %) multipliziert. Die Ermittlung des potenzielle Energieertrags (differenziert nach Elektrizität und Wärme) erfolgt, indem die mittleren Wirkungsgrade von Photovoltaikanlagen (14 %) und Solarthermieanlagen (50 %) in die Berechnung einfließen. In folgender Tabelle sind die Dachflächen nach Eignungskategorien sowie die solaren, gebäudegebundenen Energiepotenziale der Gemeinden im Bezirk Baden ersichtlich.

Tabelle 12: Gebäudegebundenes Solarenergiepotenzial im Bezirk Baden nach Gemeinden, differenziert nach Elektrizität und Wärme³¹⁵

Gemeinde	Eignungskategorien - Dachflächen [m ²]			Photovoltaikpotenzial [GWh/a] (Elektrizität)	Solarthermiepotenzial [GWh/a] (Wärme)
	sehr gut geeignet	gut geeignet	Flachdach		
Allland	71 263	21 998	13 168	14,80	52,84
Altenmarkt an der Triesting	66 238	31 797	10 109	14,93	53,32
Bad Vöslau	150 275	85 236	96 553	45,24	161,58
Baden	280 149	149 740	174 521	82,44	294,44
Berndorf	127 147	57 067	64 937	34,14	121,93
Blumau-Neurißhof	27 075	9 161	6 794	5,96	21,29
Ebreichsdorf	214 925	71 712	95 605	52,66	188,09
Enzesfeld-Lindabrunn	66 891	32 020	46 435	19,83	70,83
Furth an der Triesting	21 305	11 081	1 795	4,72	16,86
Günselsdorf	27 795	8 696	17 029	7,35	26,25
Heiligenkreuz	36 726	13 773	4 517	7,64	27,28
Hernstein	33 586	21 882	4 991	8,29	29,62
Hirtenberg	37 940	18 770	29 666	11,76	42,02
Klausen-Leopoldsdorf	37 379	15 986	4 168	7,97	28,47
Kottingbrunn	102 207	73 288	72 424	33,63	120,10
Leobersdorf	61 309	44 511	87 185	26,00	92,84
Mitterndorf an der Fischea	39 746	3 501	9 708	7,44	26,56
Oberwaltersdorf	62 770	20 107	28 203	15,31	54,68
Pfaffstätten	55 235	21 785	17 135	12,99	46,39

³¹³ ESRI (o.J.): online

³¹⁴ Vgl. Hochwarter 2015: 4

³¹⁵ Eigene Berechnung: Geodatengrundlagen: DOM 1 m, Digitaler Gebäudekataster, Verwaltungsgrenzen

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Pottendorf	147 689	25 755	47 027	30,71	109,68
Pottenstein	54 545	15 956	15 159	11,88	42,43
Reisenberg	44 697	18 070	25 719	12,13	43,31
Schönau an der Triesting	42 438	13 060	28 226	11,49	41,03
Seibersdorf	53 134	24 915	27 518	14,45	51,62
Sooß	17 603	18 736	6 278	5,76	20,58
Tattendorf	37 957	6 374	17 050	8,51	30,41
Teesdorf	31 856	6 797	26 393	8,92	31,86
Traiskirchen	239 142	116 880	310 292	90,19	322,10
Trumau	56 984	26 231	81 366	22,26	79,50
Weissenbach an der Triesting	37 926	26 345	11 109	10,29	36,77
Summe	2 283 932	1 011 228	1 381 081	639,70	2 284,64

In weiterer Folge wird die Sonneneinstrahlung nach Monaten unterteilt, um die potenziellen Erträge im Jahresverlauf darzustellen.

Nachstehende Tabelle zeigt die maximalen absoluten (flächenbezogenen) und relativen monatlichen Sonneneinstrahlungswerte für den Bezirk Baden, welche der GIS-Simulation der solaren Einstrahlung auf das Digitale Oberflächenmodell (DOM 1 m) in der Gemeinde Kottingbrunn entnommen wurde.

Tabelle 13: Jahresverlauf der maximalen absoluten (flächenbezogenen) und relativen Sonneneinstrahlungswerte im Bezirk Baden³¹⁶

Monat	kWh/(m ² a)	Prozent
Jänner	29,47	2,46 %
Februar	51,76	4,31 %
März	98,15	8,18 %
April	132,19	11,02 %
Mai	165,89	13,82 %
Juni	172,26	14,35 %
Juli	171,80	14,32 %
August	146,99	12,25 %
September	109,72	9,14 %
Oktober	66,09	5,51 %
November	33,71	2,81 %
Dezember	21,99	1,83 %
Summe	1 200	100,00 %

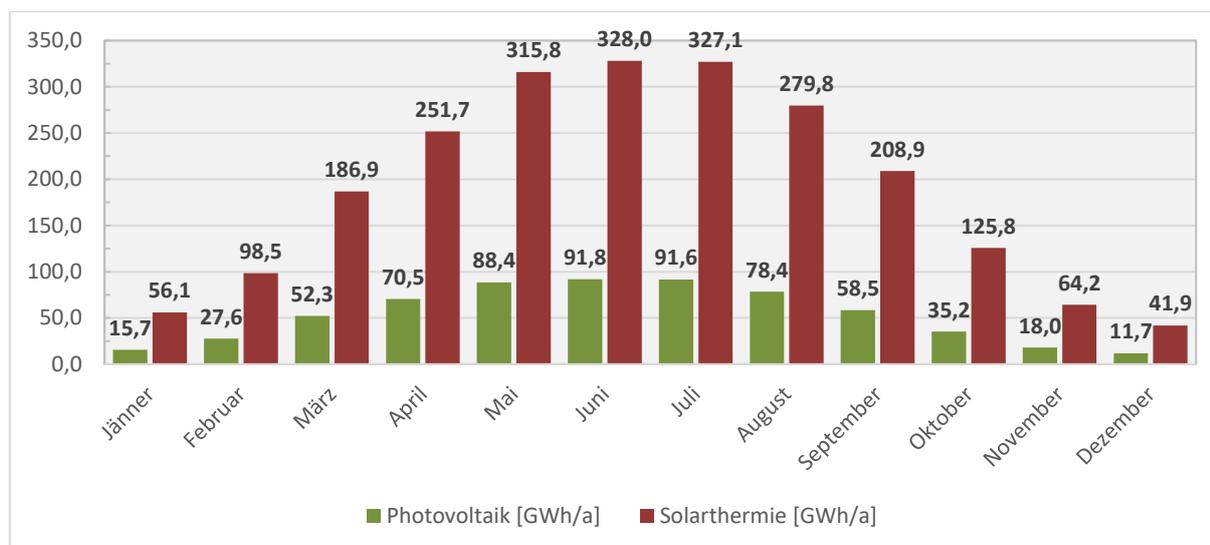
Hiermit ergibt sich auf den Dächern des gesamten Bezirks Baden ein Photovoltaikpotenzial von **ca. 639,7 GWh/a** (Elektrizität) (479,16 GWh im Sommerhalbjahr und 160,54 GWh im Winterhalbjahr) oder ein Solarthermiepotenzial von **ca. 2 284,6 GWh/a** (Wärme) (1 711,28 GWh fürs Sommerhalbjahr und 573,36 GWh im Winterhalbjahr).

Diagramm 8 zeigt zusammenfassend das gebäudegebundene Photovoltaik- und Solarthermiepotenzial im Jahresverlauf.

³¹⁶ Eigene Berechnung: Geodatengrundlage: DOM 1 m

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

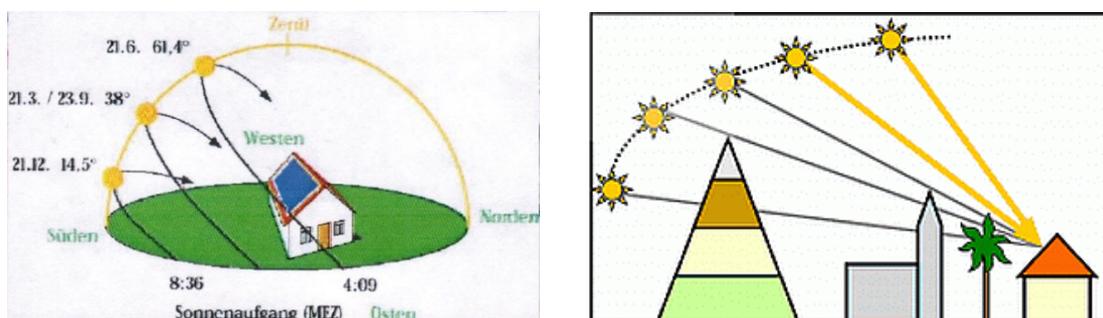
Diagramm 8: Monatliches gebäudegebundenes Solarenergiepotenzial im Bezirk Baden (Photovoltaik oder Solarthermie)³¹⁷



Die Ergebnisse der gebäudegebundenen Solarpotenzialanalyse werden in weiterer Folge geprüft. Hierfür wird ein Methodenvergleich mit dem GIS-Werkzeug „Sonneneinstrahlung (Fläche)“ für zwei ausgewählte Gemeinden (Kottingbrunn und Oberwaltersdorf) durchgeführt. Die ermittelten Eignungsflächen beider Methoden werden nach den oben beschriebenen Kategorien (sehr gut geeignet, gut geeignet, Flachdach) gegenübergestellt und die Resultate analysiert.

Bei dieser GIS-Simulation wird die Sonneneinstrahlung von einer Raster-Oberfläche (DHM) abgeleitet, während der Breitengrad des Untersuchungsraums zur Berechnung der Sonnenposition und -neigung herangezogen wird.³¹⁸ Die Verschattung der Dachflächen durch umliegende Vegetation und Gebäude (nahe Verschattung), sowie durch die Topografie (ferne Verschattung) wird ebenfalls beachtet.³¹⁹ Nachstehende Abbildung veranschaulicht das oben beschriebene Prinzip der Sonneneinstrahlungsberechnung.

Abbildung 38: Schematische Darstellung des Prinzips der Sonneneinstrahlungsberechnung (Sonnenposition und -neigung im Tages-/Jahresverlauf sowie Verschattung)³²⁰



Für den Methodenvergleich wurden zunächst Sonneneinstrahlungssimulationen auf die gesamten Flächen innerhalb der Verwaltungsgrenzen der ausgewählten Gemeinden durchgeführt. In weiterer

³¹⁷ Eigene Berechnung und Darstellung

³¹⁸ Vgl. ESRI o.J.: online

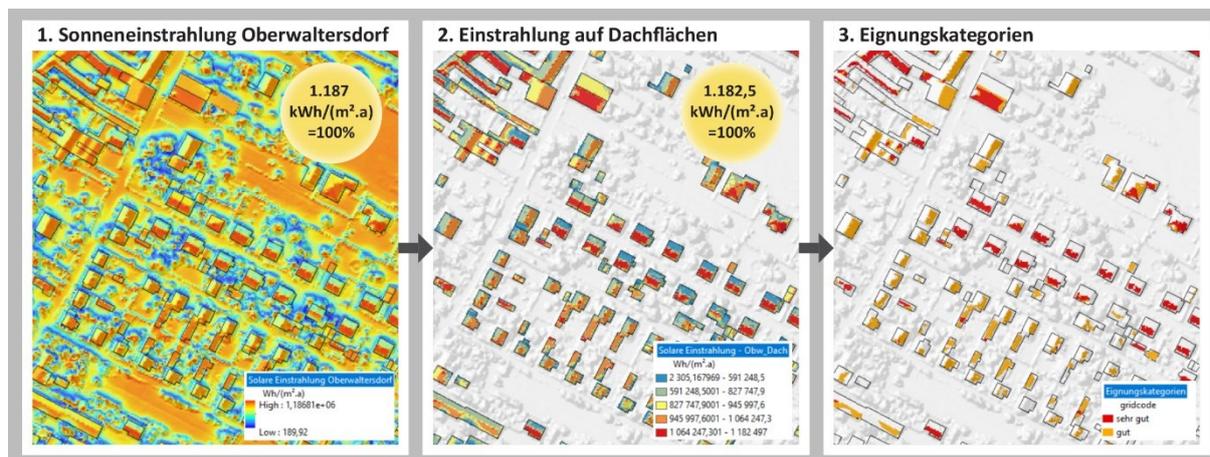
³¹⁹ Vgl. Stadt Wien o.J.a: online

³²⁰ Hochwarter 2015: 2; Stadt Wien o.J.a: online

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Folge sind die flächenbezogenen Sonneneinstrahlungswerte in Wh/(m²·a) mit dem Gebäudekataster verschnitten worden, um die Dachflächen gemäß der Eignungskategorien sehr gut (100 - 90 %) und gut (< 90 - 80 %) einzuteilen. Die Analysen der Gemeinden Kottlingbrunn und Oberwaltersdorf berücksichtigen die Verschattungseffekte durch die Topografie jeweils bis zur Gemeindegrenze. In Abbildung 39 ist die prinzipielle Vorgehensweise dieser Analyse, anhand eines Ausschnitts der Gemeinde Oberwaltersdorf ersichtlich.

Abbildung 39: Prinzipielle Vorgehensweise der Sonneneinstrahlungssimulation³²¹



Die maximale Sonneneinstrahlung auf Dachflächen beträgt in Oberwaltersdorf rund 1 182,5 kWh/(m²·a). In Kottlingbrunn ist die Einstrahlung auf eine ideal ausgerichtete Dachfläche mit rund 1 191 kWh/(m²·a) etwas höher, was mit der geringfügig südlicheren Lage der Gemeinde zu erklären ist (berechneter Breitengrad Oberwaltersdorf: 47,9693809828151°; berechneter Breitengrad Kottlingbrunn: 47,9550771722212°).

Um die Flächenpotenziale beider Methoden bezüglich des Energieertrags vergleichen zu können, wird die gleiche Berechnungsgrundlage von 1 200 kWh/(m²·a) (entspricht im Mittel 100 % der möglichen Sonneneinstrahlung im Bezirk Baden) herangezogen, welche für die Potenzialberechnung des gesamten Bezirks angenommen wurde. Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse des Methodenvergleichs.

Tabelle 14: Gebäudegebundene Solarpotenzialanalyse - Methodenvergleich anhand der Gemeinden Oberwaltersdorf und Kottlingbrunn³²²

Eignungskategorien	Oberwaltersdorf					
	Sonneneinstrahlungsberechnung			Flächenpotenziale aufgrund von Ausrichtung und Neigung		
	Flächen [m ²]	PV-Potenzial [GWh]	Solarthermie [GWh]	Flächen [m ²]	PV-Potenzial [GWh]	Solarthermie [GWh]
sehr gut geeignet	42 017	6,04	21,55	62 770	9,02	32,20
gut geeignet	41 444	5,33	19,02	20 107	2,58	9,23
Flachdach	28 203	3,71	13,25	28 203	3,71	13,25
Summe	111 665	15,07	53,83	111 080	15,31	54,68

³²¹ Eigene Berechnung und Darstellung; Geodatengrundlagen: DOM 1 m, Digitaler Gebäudekataster

³²² Eigene Berechnung; Geodatengrundlagen: DOM 1 m, Digitaler Gebäudekataster, Verwaltungsgrenzen

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

	Kottingbrunn					
	Sonneneinstrahlungsberechnung			Flächenpotenziale aufgrund von Ausrichtung und Neigung		
Eignungskategorien	Flächen [m ²]	PV-Potenzial [GWh]	Solarthermie [GWh]	Flächen [m ²]	PV-Potenzial [GWh]	Solarthermie [GWh]
sehr gut geeignet	76 389	10,97	39,19	102 207	14,68	52,43
gut geeignet	86 687	11,14	39,79	73 288	9,42	33,64
Flachdach	72 424	9,53	34,03	72 424	9,53	34,03
Summe	235 501	31,64	113,00	247 920	33,63	120,10

Es ist festzustellen, dass in Oberwaltersdorf die Abweichung bezüglich der gesamten Eignungsflächen und des Energieertrags (< 2 %) sehr gering ist. In Kottingbrunn gibt es eine Diskrepanz von ~ 6 %, wobei in beiden Gemeinden die Methode der Potenzialflächenanalyse, unter Berücksichtigung der Ausrichtung und Neigung, ein höheres Energiepotenzial ergibt. Des Weiteren zeigt sich, dass bei der Sonneneinstrahlungsberechnung weniger sehr gut geeignete Dachflächen (≥ 90 % des maximalen solaren Energieeintrags) ausgewiesen werden. In Oberwaltersdorf sind es rund 30 % weniger sehr gut geeignete Flächen und in Kottingbrunn ca. 25 %, welche jedoch überwiegend in die zweite Eignungskategorie (gut geeignet: < 90 - 80 %) fallen, da Verschattungseffekte beachtet werden. Die Abweichung bei den Energieerträgen ist auf Ebene der vorliegenden Analyse relativ gering, wobei die Ergebnisse je nach Größe und Morphologie eines Betrachtungsraums auch stärker variieren können.

Für den vorliegenden Betrachtungsraum sind beide Methoden der Solarpotenzialanalyse als geeignet anzusehen, um eine Abschätzung der gebäudegebunden solaren Energiepotenziale auf kommunaler bzw. regionaler vorzunehmen. Die Simulation der Sonneneinstrahlung bietet hierbei den Vorteil, dass Verschattungseffekte berücksichtigt werden, welche bei kleinräumigeren Untersuchungen von größerer Bedeutung sind. Dabei ist die Einbeziehung der fernen Verschattung, durch die Topografie, insbesondere für Solarpotenzialanalysen in hügeligen oder gebirgigen Regionen von Relevanz, um eine realistische Abschätzung der solaren Energiepotenziale zu erzielen.

Freiflächenbezogene Solarpotenzialanalyse

Bei der Solarpotenzialanalyse für PV-Freiflächenanlagen werden Flächen entlang von Autobahnen und Schienen betrachtet, da diesen Standorten das höchste Potenzial zugeschrieben wird, wie in Kapitel 2.2.1. ausgeführt. Des Weiteren ist auf derartigen Flächen eine geringere Landnutzungskonkurrenz gegenüber landwirtschaftlich genutzten Flächen zu erwarten, wobei Grüngürtel entlang von Autobahnen ebenfalls in Konkurrenz zur energetischen Flächennutzung stehen. Eine ausreichend hohe und dichte Vegetation entlang von hochrangigen Verkehrswegen, schützt angrenzende Siedlungsgebiete vor verkehrsbedingten Emissionsbelastungen und ist jedenfalls zu erhalten. Solche Flächen werden von einer möglichen Eignung grundsätzlich ausgeschlossen, was aufgrund der hohen Auflösung des DOM (1 m) möglich ist.

Zur Abschätzung der freiflächenbezogenen Solarpotenziale werden diese geringfügig adaptierten Kriterien herangezogen:

- Maximaler Abstand von 110 m von der Außenkante hochrangiger Verkehrswege
- Minimaler Abstand von 40 m zur Fahrbahn von Autobahnen
- Minimaler Abstand von 20 m zur Gleisachse von Schienenwegen

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

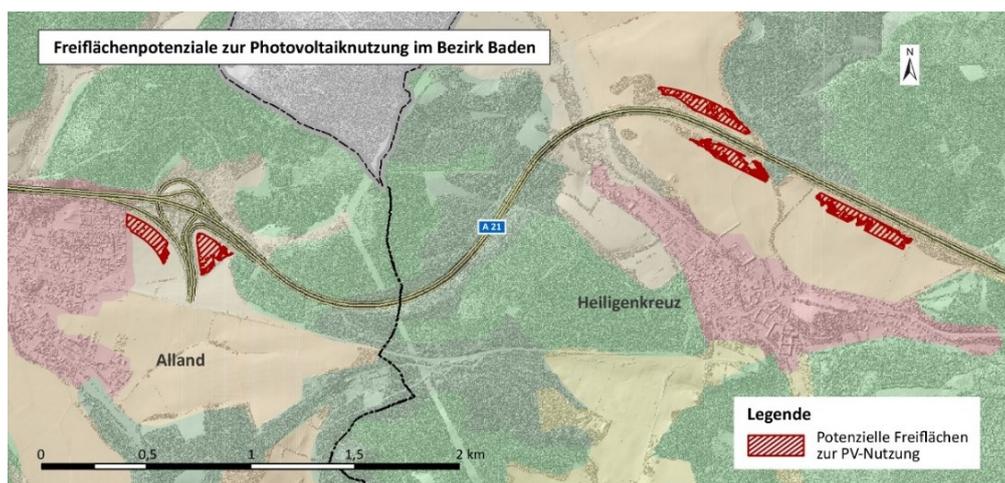
- Ausschluss von Siedlungsgebieten und Beachtung von Schutzgebieten
- Südliche Ausrichtung des Geländes mit max. 45° Abweichung
- Mindestgröße zusammenhängender Potenzialflächen von 1 ha

Für die räumliche Analyse der PV-Freiflächenpotenziale kommen folgende Geodatenätze zum Einsatz:

- Digitales Oberflächenmodell (DOM) 1 m³²³ und hochrangige Verkehrswege (Autobahn/Schnellstraßen und Eisenbahn)³²⁴
- Landbedeckungsklassen (CLC 2012)³²⁵

Hiermit können fünf Potenzialflächen zur PV-Nutzung entlang der A 21, in den Gemeinden Alland und Heiligenkreuz ausgewiesen werden. In Karte 8 sind die Freiflächenpotenziale zur Photovoltaiknutzung im Bezirk Baden verortet. Es ist festzuhalten, dass diese Flächen im Landschaftsschutzgebiet Wienerwald³²⁶ liegen. Daher wird eine weitere Prüfung über die Möglichkeit einer PV-Freiflächennutzung empfohlen. Im NÖ ROG 2014 wird hierzu ausgeführt: „Bei der Widmung einer Fläche für Photovoltaikanlagen ist insbesondere auf den Schutz des Orts- und Landschaftsbildes, die Erhaltung hochwertiger landwirtschaftlicher Produktionsflächen sowie die Vermeidung einer Beeinträchtigung des Kraftfahrzeugs- und Luftverkehrs Bedacht zu nehmen“³²⁷.

Karte 8: Photovoltaik-Freiflächenpotenziale im Bezirk Baden³²⁸



Der Berechnung der PV-Freiflächenpotenziale wird eine maximale solare Einstrahlung von 1 200 kWh/(m²·a) (= 100 %) und ein Wirkungsgrad von 14 % für Photovoltaikanlagen zugrunde gelegt. Weiters wird angenommen, dass im Mittel 95 % der maximalen Sonneneinstrahlung auf die Eignungsflächen einfällt. Die Ergebnisse der freiflächenbezogenen Solarpotenzialanalyse sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen.

³²³ Anm.: Kostenpflichtiger Datensatz, im Rahmen dieser Diplomarbeit von der NÖ Landesregierung zur Verfügung gestellt

³²⁴ Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop: online (Geodatenätze)

³²⁵ Umweltbundesamt GmbH: Datenkatalog: Landbedeckung: online (Geodatenatz)

³²⁶ Vgl. Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop: online (Geodatenatz - Landschaftsschutzgebiete)

³²⁷ § 20 Abs. 3c NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

³²⁸ Eigene Darstellung: Geodatengrundlagen: CLC 2012, DOM 1 m, hochrangige Verkehrswege, Verwaltungsgrenzen

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Tabelle 15: Freiflächenbezogenes Photovoltaikpotenzial im Bezirk Baden³²⁹

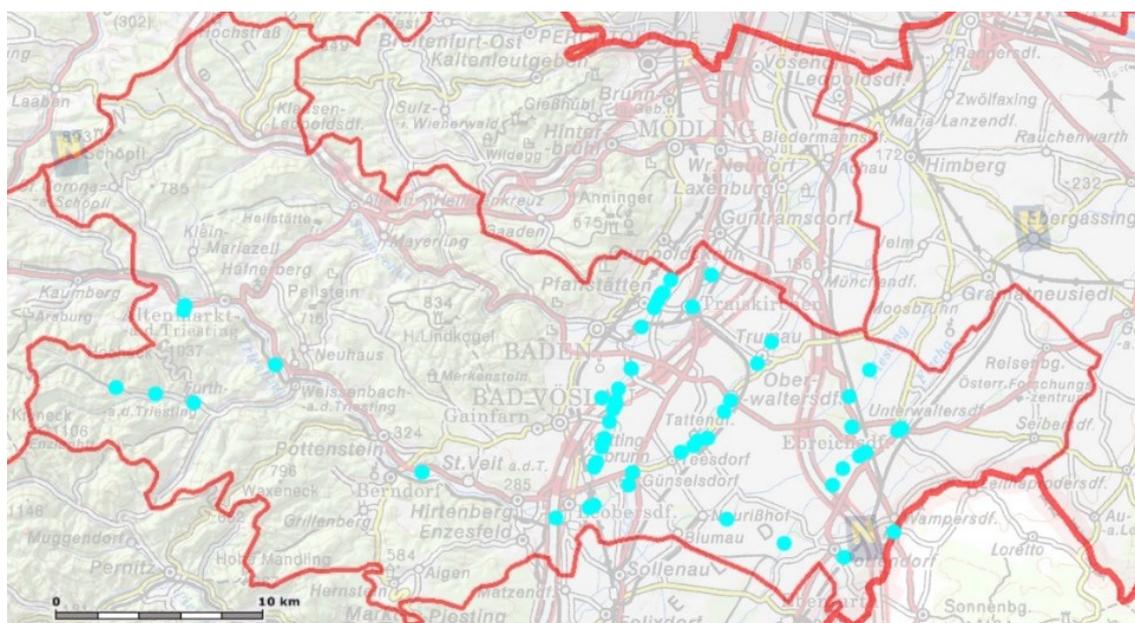
Id	Fläche [ha]	PV-Potenzial [GWh/a] (Elektrizität)
1	1,538	2,45
2	1,646	2,63
3	2,288	3,65
4	1,652	2,64
5	2,603	4,15
Summe	9,727	15,52

Somit ergibt sich für den Bezirk Baden ein freiflächenbezogenes Photovoltaikpotenzial von **ca. 15,5 GWh/a** (Elektrizität).

3.2.2. Wasserkraftpotenzialanalyse

Die Methodik der Wasserkraftpotenzialanalyse (siehe Kapitel 2.2.3.) wird für die Untersuchung des Bezirks Baden adaptiert. Hierbei wird von einer hydrogeologischen Analyse, auf Basis der mittleren Jahresniederschläge und der Gebietsverdunstung in Kombination mit dem digitalen Höhenmodell, abgesehen. Einerseits konnten im Zuge der Recherche keine geeigneten hydrologischen Geodaten gefunden werden, während andererseits die Ermittlung der Abflusspotenziale den Arbeitsaufwand für diese Diplomarbeit übersteigen würde. Im Folgenden wird die methodische Vorgehensweise beschrieben, welche sich auf Bestandsdaten der Kleinwasserkraftanlagen stützt. Das Ausbau- und Optimierungspotenzial der Wasserkraft wird durch eine Expertise vom Verein Kleinwasserkraft Österreich abgeschätzt. In nachstehender Karte sind die Wasserkraftwerke im Bezirk Baden verortet, wobei auffällt, dass im nordwestlichen Gebiet des Bezirks und entlang der Schwechat keine Anlagen existieren.

Karte 9: Verortung der bestehenden Wasserkraftanlagen im Bezirk Baden³³⁰



³²⁹ Eigene Berechnung: Geodatengrundlagen: CLC 2012, DOM 1 m, hochrangige Verkehrswege

³³⁰ Land Niederösterreich 2019: online (adaptiert)

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Als Grundlage für die Abschätzung der nicht ausgeschöpften Wasserkraftpotenziale wird zunächst eine Bestandsanalyse der aktuell in Betrieb befindlichen (Klein)Wasserkraftanlagen durchgeführt. Die Online-Auswertung über Wasserkraftanlagen aus dem NÖ Atlas ergibt 55 Kleinwasserkraftwerke.³³¹ Es ist festzuhalten, dass die Aktualität der Kraftwerksstandorte bzw. deren Nutzung zu hinterfragen ist.

Vom Verein für Kleinwasserkraft Österreich wurden im Rahmen dieser Arbeit Daten zu Wasserkraftwerken im Bezirk Baden zur Verfügung gestellt. Hierbei ist anzumerken, dass die Informationen im Vergleich zur Datenbank aus dem NÖ Atlas nicht konsistent sind. Folgende Tabelle zeigt die Anzahl, die gesamte Engpassleistung sowie das Regelarbeitsvermögen der vorhandenen Wasserkraftanlagen, aggregiert auf die einzelnen Fließgewässer. Dabei ist festzustellen, dass die Daten nicht mit denen des NÖ Atlas konsistent sind.

Tabelle 16: Bestand, Engpassleistung und Regelarbeitsvermögen der (Klein)Wasserkraftanlagen im Bezirk Baden (2018)³³²

Fließgewässer	Anzahl	Engpassleistung [kW]	Regelarbeitsvermögen [kWh/a]
Badener Mühlbach	2	11,00	57 710
Eberbach, Triesting	1	0,00	0
Fischa-Dagnitz	7	248,51	1 234 760
Furtherbach	2	27,29	140 945
Hocheckbach	2	58,51	62 497
Hörmbach	1	0,00	0
Kalter Gang	2	37,70	197 708
Leitha-Fischa-Werkskanal, Leitha	1	457,07	2 218 796
Piesting	3	1 106,49	5 601 229
Quelle	1	0,00	0
Triesting	13	1 187,85	5 796 888
Triesting Werkskanal	1	211,90	930 000
Warme Fischa (Leitha-Fischa-Werkskanal)	1	630,19	3 053 596
Wassergraben (siehe PostZ BN-111)	1	1,28	5 742
Wiener Neustädter Kanal	21	449,71	2 207 684
Summe	59	4,43 [MW]	21,51 [GWh/a]

Es zeigt sich, dass die Datenlage relativ unsicher ist. Von den 59 Wasserkraftwerken gibt es für 54 der Anlagen Informationen zur Leistung und dem Regelarbeitsvermögen (durchschnittliche jährliche Energieproduktion). Des Weiteren sind zwei der 59 Anlagen außer Betrieb, bei zehn Kraftwerken ist der Status unbekannt und fünf der Kleinwasserkraftanlagen haben keine Informationen über den Nutzungsstatus.³³³ Da es sich um die aktuellste und umfangreichste Erhebung³³⁴ handelt, wird von

³³¹ Vgl. Land Niederösterreich 2019: online

³³² Buchsbaum-Regner (2019): Verein Kleinwasserkraft Österreich (Bereitstellung von Daten über Kleinwasserkraftanlagen für den Bezirk Baden aus dem Jahr 2018) (aggregiert)

³³³ Vgl. Buchsbaum-Regner (2019): Verein Kleinwasserkraft Österreich (Bereitstellung von Daten über Kleinwasserkraftanlagen für den Bezirk Baden aus dem Jahr 2018)

³³⁴ Anm.: Auch Datengrundlage der Wasserkraftpotenzialstudie Österreich. Pöry Austria GmbH (2018)

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

einer derzeitigen Produktion von **21,51 GWh/a** ausgegangen und dieser Wert als Basis für die Potenzialabschätzung herangezogen.

Laut der Expertenschätzung von Herrn DI Thomas Buchsbaum-Regner vom Verein Kleinwasserkraft Österreich ergibt sich für den Bezirk Baden ein Ausbau- und Optimierungspotenzial der Wasserkraft von 10 bis 20 %. Wird der Durchschnittswert der Schätzung von 15 % herangezogen, ergibt sich ein zusätzliches Wasserkraftpotenzial von rund **3,23 GWh/a**.³³⁵

3.2.3. Windkraftpotenzialanalyse

Ausgangspunkt der Potenzialanalyse aus Windkraft stellen die Eignungszonen dar, welche die Niederösterreichische Landesregierung im April 2011, durch die *Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ* erlassen hat. § 3 Abs. 1 besagt, dass die „Widmungsart ‘Grünland-Windkraftanlage’ (...) nur in den Anlagen 1 bis 4 dargestellten Zonen festgelegt werden“ darf.³³⁶ Die geografische Verortung der Flächen dieser Windkrafteignungszonen sind in Kapitel 3.2. (Karte 7) dargestellt.

Bezüglich der Flächenwidmung für Windkraftanlagen wird im § 20 Abs. 2 19 NÖ ROG 2014 ausgeführt, dass es sich hierbei um „*Flächen für Anlagen zur Gewinnung elektrischer Energie aus Windkraft mit einer Engpassleistung von mehr als 20 kW (...)*“ handelt. Dabei reicht es bei einer entsprechenden Flächenwidmung aus, wenn die Fläche, welche für das Fundament einer Windkraftanlage erforderlich ist, als *Grünland-Windkraftanlage* gewidmet wird.³³⁷ Weitere Widmungsvoraussetzungen sind dem § 20 Abs. 3a NÖ ROG 2014 zu entnehmen, wie beispielsweise, dass Mindestabstände von „*1.200 m zu gewidmetem Wohnbauland und Bauland-Sondergebiet mit erhöhtem Schutzanspruch*“, sowie „*2.000 m zu gewidmetem Wohnbauland (ausgenommen Bauland-Gebiete für erhaltenswerte Ortsstrukturen), welches nicht in der Standortgemeinde liegt*“, eingehalten werden müssen.³³⁸

Für die räumliche Potenzialanalyse aus Windkraft kommen folgende Geodatensätze zur Anwendung:

- Windkraftzonen
- Verwaltungsgrenzen³³⁹

Die Windkraftpotenzialanalyse wird auf Grundlage einer Bestandserhebung vorhandener Windparks im Bezirk Baden durchgeführt, wobei die durchschnittlichen jährlichen Energieerträge je m² ermittelt wurden. Es fällt auf, dass die flächenbezogenen Energieerträge stark variieren, was mit der Aufstellungsdichte und Leistung der Windkraftanlagen zusammenhängt. Nachstehende Tabelle zeigt die Ergebnisse dieser Auswertung.

³³⁵ Expertise im Zuge einer Besprechung zur Datenrecherche mit Herrn DI Thomas Buchsbaum-Regner vom Verein für Kleinwasserkraft Österreich, am 10. Jänner 2019.

³³⁶ Vgl. Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ; StF: LGBl. 8001/1-0

³³⁷ Vgl. § 20 Abs. 2 19 NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

³³⁸ Vgl. § 20 Abs. 3a NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

³³⁹ Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop: online (Geodatensätze)

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Tabelle 17: Flächen und durchschnittliche Energieerträge der bestehenden Windparks im Bezirk Baden³⁴⁰

Windparks	Anlagen	Fläche [m ²]	Flächenbezogener Energieertrag [kWh/(m ² ·a)]	Energieertrag [GWh/a] Ø
Oberwaltersdorf	6	342 680	106,81	36,6
Pottendorf	15	535 180	165,18	88,4
Tattendorf	8	232 149	140,00	32,5
Seibersdorf	7	572 597	74,57	42,7

Demnach ergibt sich für den Bezirk Baden ein durchschnittlicher flächenbezogener Energieertrag aller aktuell betriebenen Windparks von rund **122 kWh/(m²·a)**. Dieser Durchschnittswert wird für die folgenden Berechnungen der Windkraftpotenzialanalyse für den Bezirk Baden zugrunde gelegt. Die Ermittlung des räumlichen Energiepotenzials aus Windkraft erfolgt, indem die nutzbaren Eignungsflächen, gemäß dem Sektoralen Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ, mit dem berechneten mittleren flächenbezogenen Energieertrag der Windparks im Bezirk Baden multipliziert werden.

Tabelle 18: Potenzieller Energieertrag aus Windkraft im Bezirk Baden, auf Eignungsflächen gemäß dem Sektoralen Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ³⁴¹

Gemeinden	Windkraftzonen - Eignungsflächen [m ²]	Potenzieller Energieertrag [GWh/a]
Ebreichsdorf	921 889	112,47
Trumau	870 805	106,24
Mitterndorf an der Fischa	348 908	42,57
Traiskirchen	234 318	28,59
Reisenberg	7 353	0,90
Summe	2 383 273	290,76

Somit ergibt sich für noch nicht genutzte Windkräfteeignungsflächen im Bezirk Baden ein jährliches räumliches Energiepotenzial aus Windkraft von rund **291 GWh**. Wird allerdings der flächenbezogene Energieertrag der Windparks in Pottendorf, ca. 165 kWh/(m²·a) (siehe Tabelle 17), als Berechnungsgrundlage herangezogen, beträgt das Windenergiepotenzial beispielsweise rund 393 GWh pro Jahr. Es zeigt sich, dass das räumliche Energiepotenzial wesentlich von der Aufstellungsdichte und der Anlagenleistung der Windkraftwerke abhängt.

Abschließend ist festzuhalten, dass im aktuellen wissenschaftlichen Diskurs über die Windkraftnutzung auch zunehmend gestalterische Aspekte in die Überlegungen einbezogen werden. Vor dem Hintergrund eines sich verändernden Landschaftsbildes durch die Aufstellung von Windkraftanlagen könnten neue Formen von Windparks entwickelt werden, beispielsweise hinsichtlich einer Auswahl und Mischung unterschiedlich großer Anlagentypen, gestalterisch anspruchsvollerer Aufstellungsvarianten oder auch dem Design der Windräder, unter Gewährleistung der Flächen- und Energieeffizienz.³⁴²

³⁴⁰ Eigene Berechnung: Geodatengrundlagen: Verwaltungsgrenzen, Windkraftzonen; Tabelle 11, S. 71

³⁴¹ Eigene Berechnung: Geodatengrundlagen: Verwaltungsgrenzen, Windkraftzonen

³⁴² Vgl. Nabielek/Stanzer 2018: Vortrag mit anschließender Podiumsdiskussion (Gedächtnisprotokoll)

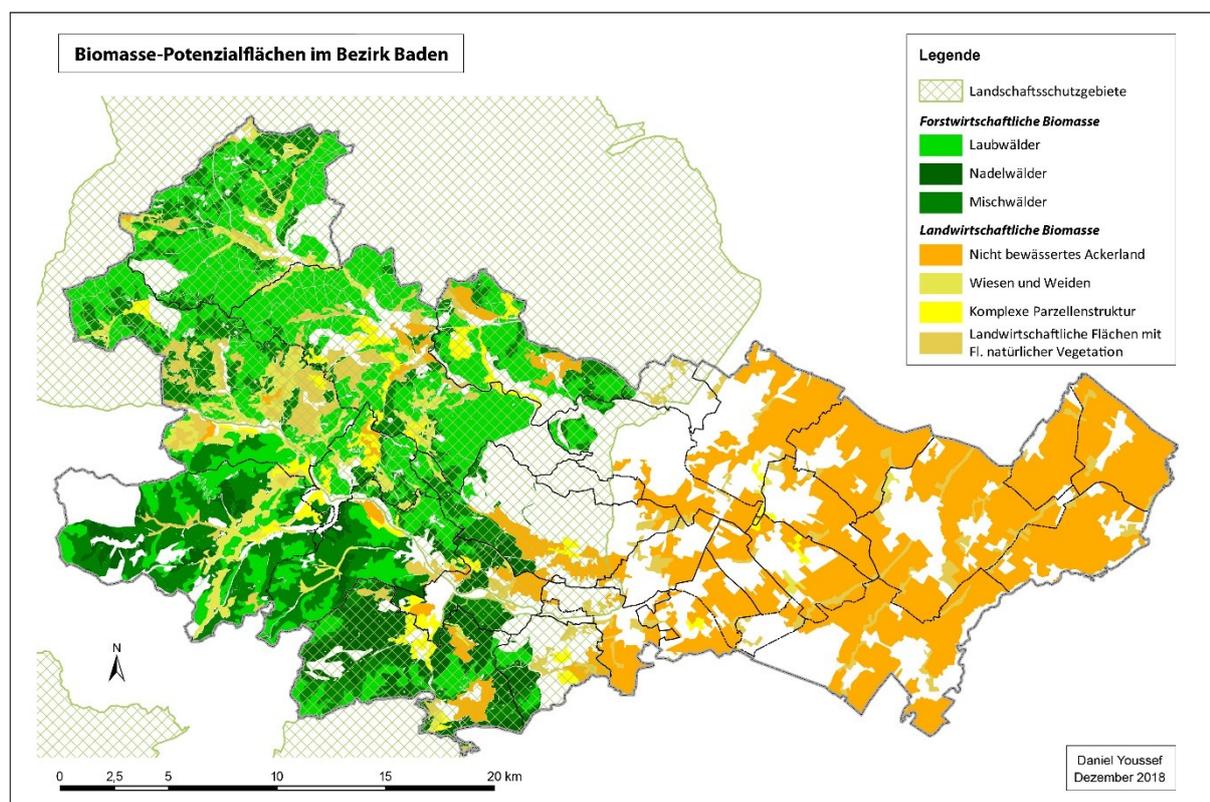
3.2.4. Biomassepotenzialanalyse

Grundsätzlich wird die räumliche Potenzialanalyse aus forstwirtschaftlicher Biomasse entsprechend der in Kapitel 2.2.4. beschriebenen Vorgehensweise durchgeführt. Hinsichtlich der einschränkenden Faktoren wurden jedoch nur Flächen betrachtet, die nach dem Waldentwicklungsplan als Gebiete mit Nutzfunktion ausgewiesen sind. Im Bezirk Baden gibt es neun Naturschutzgebiete, die prinzipiell von einer möglichen Nutzung ausgeschlossen wurden. Des Weiteren gibt es zwei Landschaftsschutzgebiete (Enzesfeld-Lindabrunn-Hernstein, Wienerwald), welche weniger strengen Schutzgebiete zugeordnet werden. Hierzu sind folgende Geodatenätze in die Biomassepotenzialanalyse eingeflossen:

- Digitales Geländemodell (DGM) 1 m³⁴³, Verwaltungsgrenzen, Natur- und Landschaftsschutzgebiete sowie Waldentwicklungsplan³⁴⁴
- Landbedeckungsklassen (CLC 2012)³⁴⁵

Folgende Karte zeigt das Ergebnis der GIS-gestützten räumlichen Biomassepotenzialanalyse. Hierbei sind die potenziell nutzbaren Flächen zur energetischen Nutzung von Biomasseprodukten ersichtlich.

Karte 10: Land- und forstwirtschaftliche Biomasse-Potenzialflächen im Bezirk Baden³⁴⁶



Ausgehend von den geeigneten forstwirtschaftlichen Flächen zur Biomassenutzung, wurden die potenziellen Energieerträge ermittelt, indem die Potenzialflächen mit den theoretischen Flächen-

³⁴³ Anm.: Kostenpflichtiger Datensatz, im Rahmen dieser Diplomarbeit von der NÖ Landesregierung zur Verfügung gestellt

³⁴⁴ Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop: online (Geodatenätze)

³⁴⁵ Umweltbundesamt GmbH: Datenkatalog: Landbedeckung. (Geodatenatz)

³⁴⁶ Eigene Berechnung und Darstellung: Geodatengrundlagen: DGM 1 m, CLC 2012, Naturschutzgebiete, Landschaftsschutzgebiete, Verwaltungsgrenzen Waldentwicklungsplan

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

erträgen (siehe Tabelle 4: Potenzieller flächenbezogener Energieertrag von Biomasseprodukten nach Landbedeckungsklassen, in Kapitel 2.2.4.) multipliziert worden sind, wobei der mittlere Wirkungsgrad von 80 % berücksichtigt wurde. Bei der forstwirtschaftlichen Biomasse lässt sich zwischen Laubwäldern, Nadelwäldern und Mischwäldern differenzieren. In Tabelle 19 sind die nutzbaren Flächen und die potenziellen Energieerträge der forstwirtschaftlichen Biomasse dargestellt. In der Berechnung wird beachtet, dass die jährliche Nutzung die jährliche Regenerationsfähigkeit nicht übersteigt, um eine nachhaltige Produktionsweise zu gewährleisten. Es fließen zusammenhängende Flächen ab einem Hektar in die Kalkulation ein.

Tabelle 19: Potenzieller Energieertrag forstwirtschaftlicher Biomasse³⁴⁷

	Fläche [ha]	Pot. Energieertrag [GWh/a]
Laubwälder 	14 323,53	183,34
Nadelwälder 	3 426,90	43,86
Mischwälder 	8 995,60	115,14
Summe	26 746,03	342,34

Rund 19 836 Hektar dieser Flächen liegen im Landschaftsschutzgebiet Wienerwald (~ 15 636,6 ha) und Enzesfeld-Lindabrunn-Hernstein (~ 4 199,6 ha). In Landschaftsschutzgebieten sollte die Eignung auf lokaler Ebene weiter geprüft werden, um mögliche negative landschaftliche bzw. naturräumliche Auswirkungen der Biomassenutzung zu vermeiden.

Die vorliegende Methodik zur Potenzialanalyse landwirtschaftlicher Biomasse (siehe Kapitel 2.2.4.), geht von der Annahme aus, dass ein Anteil von max. 20 % der Flächen zur Nahrungsmittelproduktion für energetische Zwecke genutzt wird. Aufgrund der Flächennutzungskonkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion sollten jedoch ausschließlich Erntereststoffe für eine energetische Nutzung aus agrarischer Biomasse eingesetzt werden. Daher wird von einer landwirtschaftlichen Biomassepotenzialanalyse im Zuge dieser Arbeit abgesehen. Zur Abschätzung potenzieller Energieerträge von Erntereststoffen und Landschaftspflegegras ist eine differenziertere Analyse, mit weiteren Grundlagenerhebungen erforderlich, wobei die Gemeindeebene einen geeigneten Betrachtungsraum darstellt. Tabelle 20 zeigt die landwirtschaftlichen Flächen aus nicht bewässertem Ackerland, Wiesen und Weiden, komplexer agrarischer Parzellenstruktur und landwirtschaftliche Flächen mit Flächen natürlicher Vegetation im Bezirk Baden. Dies kann als Grundlage für Potenzialabschätzungen von Erntereststoffen herangezogen werden.

Tabelle 20: Landwirtschaftlich genutzte Flächen im Bezirk Baden³⁴⁸

	Fläche [ha]
Nicht bewässertes Ackerland 	18 242,4
Wiesen und Weiden 	2 801,5
Komplexe Parzellenstruktur 	1 763,9
Landwirtschaftliche Flächen mit Fl. natürlicher Vegetation 	4 042,4
Summe	26 850,2

³⁴⁷ Eigene Berechnung: DGM 1 m, CLC 2012, Natur- und Landschaftsschutzgebiete, Waldentwicklungsplan

³⁴⁸ Eigene Berechnung: CLC 2012

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Im Bezirk Baden ergibt sich somit ein forstwirtschaftliches Biomassepotenzial von **ca. 342,3 GWh/a** (Wärme).

3.2.5. Geothermiepotenzialanalyse

Oberflächennahes Geothermiepotenzial

Die räumliche Potenzialanalyse oberflächennaher Geothermie wird analog zur Methodik durchgeführt, welche in Kapitel 2.2.5. beschrieben wurde. Als weitere räumliche Einschränkung wurden allerdings nur Flächen betrachtet, die als Bauland gewidmet sind (statt Flächen des gesamten Dauersiedlungsraums, welcher anteilmäßig reduziert wurde). Für die energetische Nutzung der oberflächennahen Geothermie sind einerseits die Eigentumsverhältnisse und andererseits die räumliche Nähe zu den zu versorgenden privaten Haushalten ausschlaggebend.

Für die räumliche Potenzialanalyse oberflächennaher Geothermie im Bezirk Baden sind folgende Geodatensätze erforderlich:

- Hydrogeologische Einheiten 1:500.000 Österreich (Gesteinsarten)³⁴⁹
- Verwaltungsgrenzen und Flächenwidmung (Bauland)³⁵⁰

Tabelle 21 zeigt die vorkommenden Gesteinsarten im Bezirk Baden und die daraus resultierenden thermischen Entzugsleistungen gemäß VDI 4640, bei einer jährlichen Betriebsdauer von 2400 Stunden. Hierbei ist festzuhalten, dass aufgrund der Zusammenfassung einiger Gebiete mit Vorkommen mehrerer variierender Gesteinstypen mit örtlichen Abweichungen zu rechnen ist.

Tabelle 21: Erwartungswert der spezifischen thermischen Entzugsleistung der Gesteinsarten im Bezirk Baden (VDI Richtlinie 4640 unter Vorgabe von 2400 Jahresbetriebsstunden)³⁵¹

Gesteinsarten im Bezirk Baden	Thermische Entzugsleistung (VDI_2400_EW) [W/m]
Dolomit	63,7
Kalkstein	52
Überwiegend Karbonatgestein	57,2
Überwiegend Kies und Sand	16,5
Überwiegend Kies und Sand, örtl. Moräne	16,5
Überwiegend Mergel und Sandstein	49,1
Überwiegend Ton, Mergel und Sand	48,32
Überwiegend Tonschiefer und Sandstein	58,35
Überwiegend Tonschiefer und Sandstein, örtl. mit Gips	58,35

Ausgehend von den Geodaten der hydrogeologischen Einheiten (Gesteinsarten), wurden den im Bezirk Baden vorliegenden Gesteinen die thermischen Entzugsleistungen zugeordnet. Auf dieser Basis kann die gesteinspezifische Leistung einer Erdwärmesonde ermittelt werden. Unter der Annahme, dass die Erdwärmesonden in 10 m Abstand zueinander installiert werden und eine Tiefe von 40 m aufweisen, kann die Entzugsleistung je 100 m² berechnet werden. Es wird mit einer jährlichen Betriebsdauer von 2.400 Stunden gerechnet, womit sich der Energieertrag ermitteln lässt. Um diesen theoretisch

³⁴⁹ European Commission: INSPIRE GEOPORTAL: online (Geodatensatz)

³⁵⁰ Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop: online (Geodatensätze)

³⁵¹ Götzl 2010: 1, 4

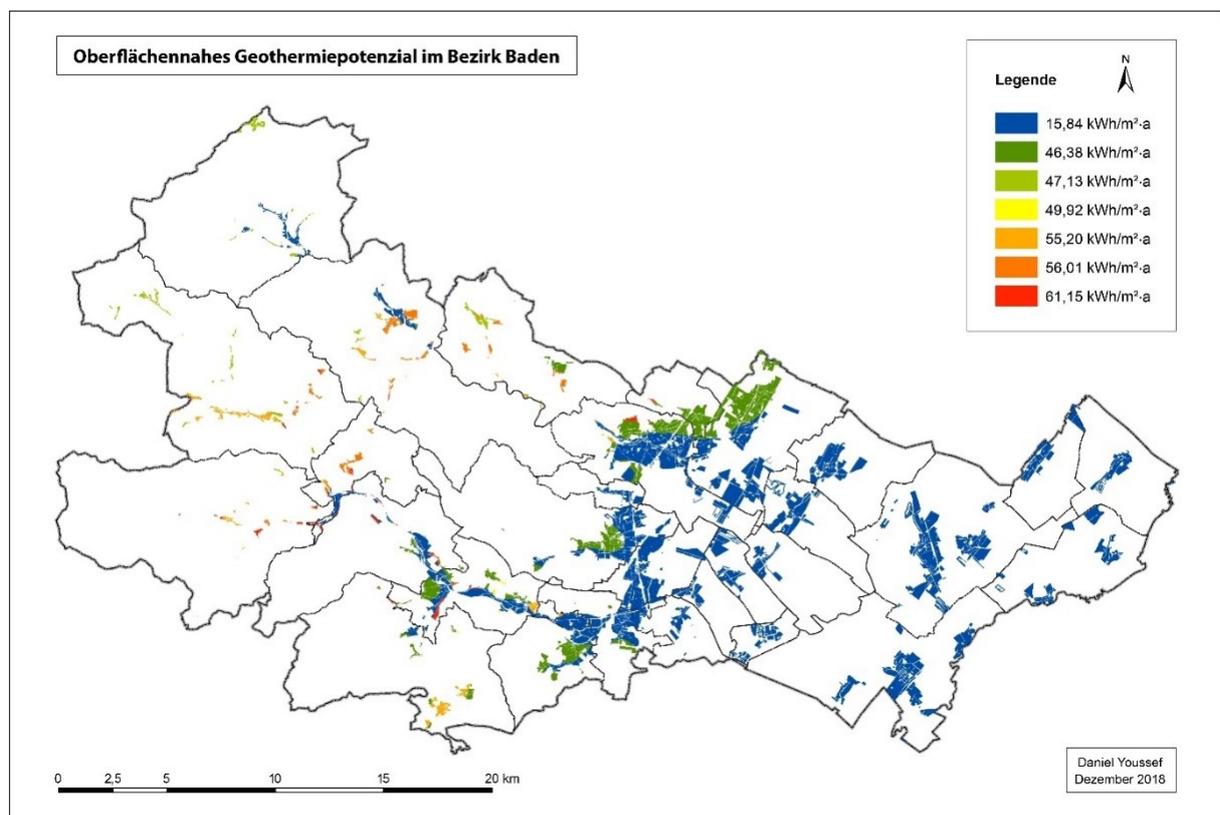
3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

möglichen Energieertrag zu erzielen, müssen geothermisch basierten Wärmebereitstellungssystemen, für den Betrieb der Wärmepumpen und anderer Systemkomponenten, ca. 22 % der erzielbaren Energieausbeute elektrisch zugeführt werden.

Karte 11 zeigt das Ergebnis der oberflächennahen Geothermiepotenzialanalyse für den Bezirk Baden und stellt den potenziellen Energieertrag in kWh pro m² und Jahr [kWh/(m²·a)], für Flächen in der Widmungskategorie Bauland dar. Hierbei wurde der elektrische Energieaufwand zum Betrieb der Wärmepumpen nicht einbezogen.

Im Allgemeinen ist zu erkennen, dass sich drei Eignungskategorien ableiten lassen, wobei auffällt, dass in den westlichen und teilweise auch in südlichen Gemeinden des Bezirkes höhere Potenziale ersichtlich sind. Die blau dargestellten Flächen weisen einen sehr niedrigen flächenbezogenen Energieertrag von 15,84 kWh/(m²·a) auf (überwiegend Kies und Sand), was auf eine geringe geothermische Nutzungseignung schließen lässt. Die restlichen Gebiete sind für eine geothermische Wärmebereitstellung besser geeignet, wobei die exakten räumlichen Nutzungspotenziale in der Realität zu prüfen sind.

Karte 11: Jährliches, flächenspezifisches Potenzial aus oberflächennaher Geothermie im Bezirk Baden³⁵²



Insgesamt liegt im Bezirk Baden ein berechnetes Energiepotenzial aus oberflächennaher Geothermie von 1 520,56 GWh im Jahr vor. Folgende Tabelle teilt die Potenzialflächen in drei Eignungskategorien ein und zeigt zusammenfassend die Ergebnisse der Potenzialerhebung.

³⁵² Eigene Berechnung und Darstellung: Geodatengrundlagen: Hydrogeologische Einheiten 1:500.000 Österreich (Gesteinsarten), Verwaltungsgrenzen, Flächenwidmung (Bauland)

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Tabelle 22: Eignung und Energieertrag des oberflächennahen Geothermiepotenzials im Bezirk Baden

Eignungskategorien	Fläche [km ²]	Energiepotenzial [GWh/a]
Geringe Eignung → 15,84 kWh/(m ² ·a)	45,305	717,637
Gute Eignung → 46,38 - 49,92 kWh/(m ² ·a)	12,381	575,585
Sehr gute Eignung → (55,20 - 61,15 kWh/(m ² ·a)	4,008	227,336
Summe	61,69	1 520,56

Unter der Annahme, dass Flächen mit geringer Eignung aufgrund der niedrigen Effizienz nicht genutzt werden, ergibt sich ein oberflächennahes Geothermiepotenzial von rund **802,9 GWh/a** (Wärme). Um diese Menge an Wärmeenergie zu gewinnen, müssten für den Betrieb der Wärmepumpen ca. 176,6 GWh/a elektrisch zugesetzt werden.

Es ist festzuhalten, dass auf Basis der vorliegenden Daten die Aussagekraft dieser Analyse, aufgrund von erwartbaren kleinräumigen Schwankungen der Gesteinsarten, weiter zu hinterfragen ist. Einerseits sind beim Geodatensatz zu den hydrogeologischen Einheiten Österreichs viele Gebiete mit unterschiedlichen Gesteinen zusammengefasst, während eine weitere Differenzierung der Gesteinsarten zweckmäßig wäre. Andererseits wird die Berechnung mit Mittelwerten durchgeführt, wobei diese Rechenwerte, bezüglich der spezifischen Wärmeentzugsleistungen bzw. Wärmeleitfähigkeiten von Gesteinen, im Vergleich zu Messwerten teilweise erheblich variieren. Als Beispiel hierfür wurde für Granit eine gemessene Wärmeleitfähigkeit λ zwischen 1,56-7,04 W/(m·K) festgestellt, während der Rechenwert 3,4 W/(m·K) beträgt.³⁵³

Die hier beschriebene Methodik kann auf regionaler und überregionaler Ebene für erste Potenzialabschätzungen aus oberflächennaher Geothermie herangezogen werden. Dabei ist generell zu beachten: „Eine möglichst gute Kenntnis der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse des Untergrundes, sowie der anlagenspezifischen Einflussfaktoren ist Grundvoraussetzung für eine ökonomische und ökologische Anlagendimensionierung und einen ebensolchen Anlagenbetrieb“³⁵⁴. Durch Probebohrungen in potenziell geeigneten Gebieten ist es möglich, die geologischen Bedingungen exakt zu erheben. Somit können Aussagen über das genaue energetische Potenzial sowie die lokalen Nutzungsmöglichkeiten geothermischer Wärmebereitstellungssysteme getroffen werden, was in Neubaugebieten von Relevanz ist.

Hydrothermales Geothermiepotenzial

Für eine GIS-gestützte räumliche Analyse des Tiefengeothermie-Potenzials im Bezirk Baden stehen keine Geodaten zur Verfügung. Allerdings wurde im Umsetzungskonzept der Klima- und Energie-Modellregion Baden „Energiekur“ (2011) bereits eine Abschätzung des hydrothermalen Geothermiepotenzials vorgenommen. Im Folgenden werden die Grundlagen und die Potenzialabschätzung der Tiefengeothermie beschrieben.

Bei einer energetischen Nutzung der hydrothermalen Geothermie ist generell eine getrennte Lage zur Bädernutzung einzuplanen. Der Bezirk Baden liegt entlang der Thermenlinie am Rand des Wiener Beckens und ist von einer balneologischen Nutzung der Thermalquellen geprägt, die nicht durch eine energetische Geothermienutzung gestört werden darf.³⁵⁵ Für die Abschätzung des Potenzials aus

³⁵³ Vgl. Niederbrucker 2010: 96

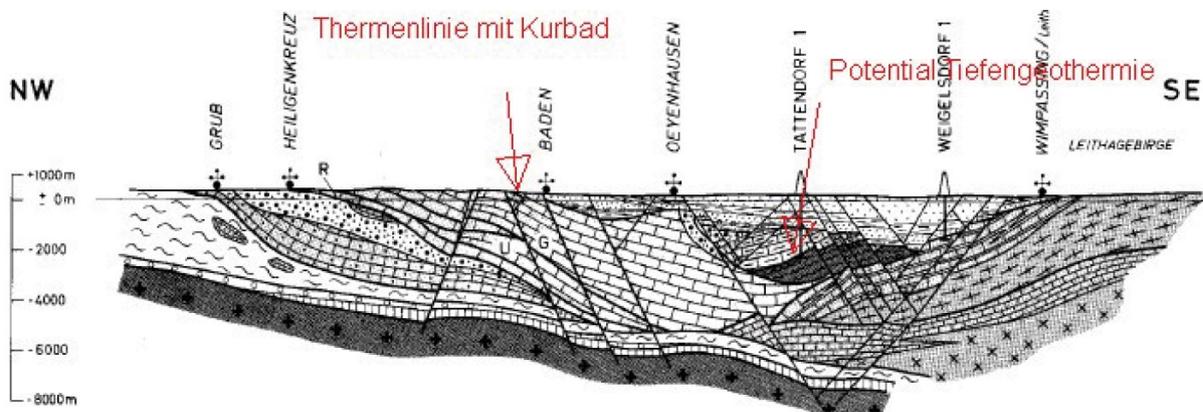
³⁵⁴ Niederbrucker 2010: 94

³⁵⁵ Vgl. Energieagentur der Regionen 2011: 74

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Tiefengeothermie wurde in Tattendorf eine günstige Lage ermittelt. Nach Wessely (1983)³⁵⁶ zeigt die Bohrung Tattendorf 1 in bereits 2300 m Tiefe ein gutes Temperaturniveau von rund 80 °C, sowie eine erwartbare hohe Wassergiebigkeit.³⁵⁷ Abbildung 40 zeigt einen Querschnitt des geologischen Profils des Bezirks Baden.

Abbildung 40: Querschnitt des geologischen Profils im Bezirk Baden³⁵⁸



Es wurde festgestellt, dass die Temperatur dieser hydrothermalen Aquifere für die Nutzung der Wärme in einem Wärmeverteilnetz ausreicht. Zur Stromerzeugung ist entweder ein tieftemperierter Produktionsprozess erforderlich oder eine tiefere Bohrung von maximal 3000-4000 m, um höhere Temperaturen zu erzielen. Hinsichtlich des Temperaturniveaus besteht auch die Möglichkeit bessere Standorte im Bezirk Baden zu eruieren.³⁵⁹ Tabelle 23 zeigt die Annahmen, welche für die Berechnung des hydrothermalen Geothermiepotenzials getroffen wurden.

Tabelle 23: Annahmen für die Berechnung des hydrothermalen Geothermiepotenzials (Tattendorf 1)³⁶⁰

Tiefe	2410 m	
Temperatur	83 °C	
Schüttung m ³	16 m ³ /min	266,7 l/sec
Sicherheitsfaktor	40,00%	
Energieinhalt	620 kWh/min	106,7 l/sec
davon nutzbar	25% (80/60°C)	
Stromerzeugung mittels ORC-Prozess: (falls möglich) Wirkungsgrad elektrisch		9%

Auf dieser Basis ergibt sich je nach angenommenen Vollbetriebsstunden ein jährliches Energiepotenzial von bis zu ca. **1.489,6 GWh** (Strom: 150,6 GWh/a; Wärme: 1.339 GWh/a)³⁶¹, wie in folgender Tabelle veranschaulicht wird.

³⁵⁶ Wessely, Godfrid (1983): Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone.

³⁵⁷ Vgl. Energieagentur der Regionen 2011: 74

³⁵⁸ Energieagentur der Regionen 2011: 74

³⁵⁹ Vgl. Energieagentur der Regionen 2011: 74f.

³⁶⁰ Energieagentur der Regionen 2011: 76 (adaptiert)

³⁶¹ Vgl. Energieagentur der Regionen 2011: 76

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

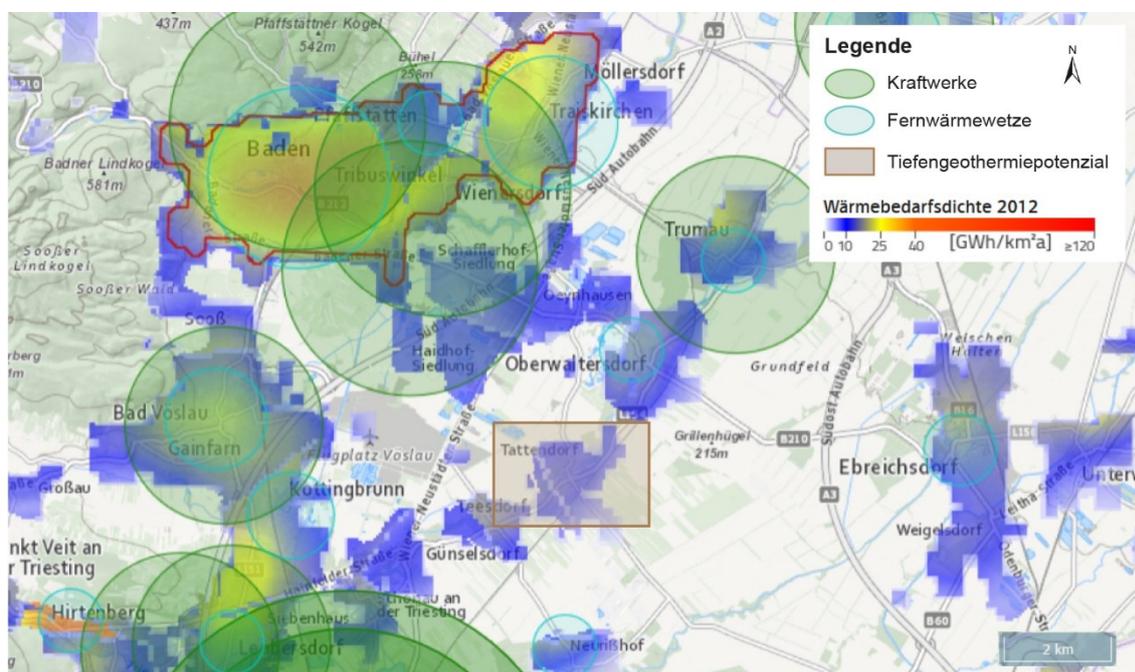
Tabelle 24: Hydrothermales Geothermiepotezial (Tattendorf 1)³⁶²

	Strom	Wärme	FW-Abnahme inkl. Verluste
Vollbetriebsstunden	MWh/a		
2000/a	40.170	357.068	249.948
7500/a	150.638	1.339.006	937.305

Die Fernwärme-Abnahme, inklusive der Verluste, würde bei 7.500 Vollbetriebsstunden ca. 937,3 GWh/a (Endenergie an Wärme) betragen.

Bei der Nutzung der Tiefengeothermie zur Wärmebereitstellung wird wie bei anderen zentralen Heizkraftwerken der Anschluss an ein Wärmeverteilnetz vorausgesetzt (siehe Abbildung 21, S. 35). Es gilt zu beachten, dass die Bebauungs- bzw. Bedarfsdichte in den zu versorgenden Siedlungsgebieten ein wesentliches Kriterium für den wirtschaftlichen Betrieb einer leitungsgebundenen Wärmeversorgung darstellt.³⁶³ Die interaktive Online-Karte „Austrian Heat Map“ kann eine erste Übersicht über vorhandene Fernwärmenetze und Wärmebedarfsdichten geben.³⁶⁴ Folgende Karte zeigt einen Ausschnitt des Bezirks Baden im Bereich des Tiefengeothermiepotezials in Tattendorf. Es zeigt sich, dass in der Umgebung Wärmeverteilnetze vorhanden sind, während Anschlussmöglichkeiten, anfallende leitungsbedingte Transportverluste und die Raumverträglichkeit weiter zu prüfen sind, damit die Eignung dieses Standorts bezüglich eines nachhaltigen Betriebs beurteilt werden kann.

Karte 12: Heizkraftwerke, Fernwärmenetze und Wärmebedarfsdichte in der Nähe des hydrothermalen Geothermiepotezials im Bezirk Baden (Tattendorf 1)³⁶⁵



³⁶² Energieagentur der Regionen 2011: 76

³⁶³ Vgl. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung 2016: 16

³⁶⁴ Vgl. e-think/TU Wien o.J.: online

³⁶⁵ e-think/TU Wien o.J.: online (adaptiert)

3.2.6. Umgebungswärmepotenzialanalyse

Für die räumliche Potenzialanalyse aus Umgebungswärme liegen keine flächendeckend erhältlichen Geodaten zu Bodentypen und deren Eigenschaften vor. Vom Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), wird online eine digitale Bodenkarte (eBOD2) bereitgestellt, die teilweise auch Bodentypen in bebauten Gebieten aufweist, jedoch größtenteils Böden in landwirtschaftlichen Gebieten beschreibt.³⁶⁶ Für eine Potenzialabschätzung des Energieertrags aus Umgebungswärme sind wie bei der oberflächennahen Geothermie nur gebäudebezogene Flächen bzw. Flächen mit der Widmung Bauland von Relevanz. Prinzipiell ist festzustellen, dass die Entzugsleistung horizontaler Flächenkollektoren, welche im Erdreich in 1 - 2 m Tiefe verlegt werden, wesentlich vom Wassergehalt der Erden abhängt.³⁶⁷ Nach der VDI-Richtlinie 4640 werden durchschnittliche Entzugsleistungen von Flächenkollektoren pro m², differenziert nach den Bodentypen, ausgewiesen (siehe Tabelle 6, S. 56). Auf Grundlage dieser Daten wird beispielhaft eine Berechnung zur Ermittlung des mittleren potenziellen flächenbezogenen Energieertrags, bei 2.400 Betriebsstunden im Jahr, durchgeführt. Folgende Tabelle zeigt das Ergebnis dieser Berechnung.

Tabelle 25: Jährlicher mittlerer flächenbezogener Energieertrag von Flächenkollektoren im bodennahen Erdreich, bei 2.400 Betriebsstunden, differenziert nach Bodentypen³⁶⁸

Bodentyp	Jährlicher Energieertrag von Flächenkollektoren [kWh/(m ² ·a)]
Braunerde	48
Tschernosem	48
Rendzinen	19,2
Rohböden	19,2
Auböden	76,8
Moore	76,8
Podsole	19,2
Pseudogleye	76,8
Sonstige (v. a. anstehendes Gestein)	0

Diese Werte können als Basis für Potenzialabschätzungen der Umgebungswärme herangezogen werden oder als Grundlage zur gebäudespezifischen Dimensionierung einer derartigen Wärmeversorgungsanlage. Hierbei ist zu beachten, dass diese Werte durch unterschiedliche Wassersättigungen variieren können. Die lokalen Eigenschaften der Bodentypen sind in der Realität zu prüfen und die potenziellen Energieerträge, auch technologiebedingt, entsprechend anzupassen.

Generell wird bei der Umgebungswärmepotenzialanalyse, wie bei der oberflächennahen Geothermie, der Geodatensatz zur Flächenwidmung angewandt (siehe Kapitel 3.2.5.), da für die Umgebungswärme nur Baulandgebiete relevant sind. Für die Potenzialabschätzung wird eine durchschnittliche Wassersättigung der Böden angenommen und somit eine mittlere Entzugsleistung von 20 W/m², bei 2.400 Betriebsstunden im Jahr, zugrunde gelegt (nach Abbildung 31, S. 56). Generell ist anzumerken, dass wie bei der oberflächennahen Geothermie, die genauen Eigenschaften der Böden und

³⁶⁶ Vgl. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) o.J.: online

³⁶⁷ Vgl. Abbildung 31: Modellierung des Umgebungswärmepotenzials (S. 56)

³⁶⁸ Eigene Berechnung

anlagenspezifische Einflussfaktoren lokal zu prüfen sind.

Auf Grundlage des Geodatensatzes über die Flächenwidmung³⁶⁹ wurde eine statistische GIS-Auswertung der Baulandgebiete im Bezirk Baden durchgeführt. Demnach haben die Baulandgebiete im Bezirk Baden eine Fläche von rund 61,7 km². Da bebaute Flächen nicht für eine Nutzung der Umgebungswärme geeignet sind, wurden diese anschließend um Gebäude aus dem Gebäudekataster³⁷⁰ reduziert, wobei ein Puffer von 2 m zur Gebäudegrenze berücksichtigt wurde. Diese Verschneidung ergibt, dass sich theoretisch 44,9 km² Flächen im Baulandgebiet zur Umgebungswärmenutzung eignen. Da diese Flächen in Konkurrenz zur oberflächennahen Geothermie stehen, werden ausschließlich Flächen betrachtet, die für eine Geothermienutzung ausgeschlossen wurden (siehe Tabelle 22 - „geringe Eignung“), um in einer abschließenden Betrachtung alle erneuerbaren Energiepotenziale zu summieren und das Gesamtpotenzial darstellen zu können. Somit fließen Potenzialflächen für die Umgebungswärmenutzung von rund 36,2 km² in diese Analyse ein. Unter der Annahme eines durchschnittlichen jährlichen Energieertrags der Flächenkollektoren von 48 kWh/m², ergibt sich für den Bezirk Baden ein Umgebungswärmepotenzial von ca. **1.737,6 GWh/a** (Wärme). Um diesen theoretisch möglichen Energieertrag zu erzielen, müssten für den Betrieb der Systemkomponenten ca. 29 % der erzielbaren Energieausbeute elektrisch zugeführt werden, was 503,9 GWh/a entspricht.

3.3. Zwischenfazit

Die räumliche Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger im Bezirk Baden ermöglicht die Darstellung von Energiepotenzialen in einem größeren Gesamttraum. Die angewandten Methoden stützten sich prinzipiell auf die in Kapitel 3.2. beschriebenen Verfahrensweisen und wurden teilweise adaptiert bzw. weiterentwickelt. Bei Untersuchungen von Potenzialen der Solarenergie, Windkraft, Biomasse (forstwirtschaftlich), oberflächennahen Geothermie und Umgebungswärme, lassen sich die hier angewandten methodischen Vorgehensweisen auf andere Betrachtungsräume übertragen. Für die Beurteilung des (Klein)Wasserkraftpotenzials wurde eine Expertise eingeholt, wobei das Ausbau- und Optimierungspotenzial auf 10-20 % geschätzt worden ist. Bezüglich der Tiefengeothermie liegt bereits eine Potenzialstudie vor, während ein geeigneter Standort in der Gemeinde Tattendorf verortet wurde.

Bei der Zusammenschau der Analyseergebnisse handelt es sich um Gesamtpotenziale der einzelnen erneuerbaren Ressourcen, was bedeutet, dass bei Kenntnis der aktuell genutzten Potenziale, wie bei der Wasserkraft und Windkraft, die Energieerträge bereits vorhandener Kraftwerke berücksichtigt wurden. Somit ergibt sich für die Wasserkraft und Windkraft:

- Gesamtpotenzial $_{Wasser, Wind} = \text{aktuell genutztes Potenzial} + \text{Ausbaupotenzial}$

Bei den anderen Energieträgern konnten keine Datengrundlagen für aktuell genutzte Potenziale ausfindig gemacht werden. Somit beschreiben die Ergebnisse der Analysen von Potenzialen der Solarenergie, Biomasse (forstwirtschaftlich), Geothermie (oberflächennah und hydrothermal) sowie Umgebungswärme die möglichen Energieerträge, unter der Annahme, dass alle ausgewiesenen Eignungsflächen vollständig für die erneuerbare Energieproduktion genutzt werden. Hierbei wurden

³⁶⁹ Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop: online (Geodatensatz)

³⁷⁰ Ebd.

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

Flächenkonkurrenzen auch zwischen den einzelnen Energieträgern berücksichtigt, um das theoretisch mögliche, eingeschränkte technische Gesamtpotenzial ermitteln zu können. Bei der Solarenergie bedeutet dies, dass die geeigneten Dachflächen jeweils zur Hälfte der Photovoltaik (Elektrizität) und der Solarthermie (Wärme) zugeschrieben werden. Bei der oberflächennahen Geothermie und Umgebungswärme wurden Flächenüberschneidungen vermieden, indem für die oberflächennahe Geothermie weniger gut geeignete Flächen (Ausschlussflächen) den potenziellen Eignungsflächen für die Umgebungswärme zugeordnet worden sind. Es ist anzumerken, dass bei der Umgebungswärme-potenzialanalyse eine mittlere Wassersättigung der Böden angenommen wurde (Anm.: keine Geodatengrundlage zu Bodentypen), was einer durchschnittlichen Entzugsleistung der Flächenkollektoren aus Braun- und Schwarzerden entspricht. Diese sind vorwiegend in östlichen Gebieten des Bezirks Baden zu erwarten, wie eine Betrachtung der digitalen Bodenkarte (eBOD2)³⁷¹ zeigt, während der größte Anteil der Ausschlussflächen für die oberflächennahe Geothermie in dieses Gebiet fällt.

Tabelle 26 zeigt zusammenfassend die ermittelten Potenziale aller analysierten erneuerbaren Energieträger im Bezirk Baden, differenziert nach Elektrizität und Wärme.

Tabelle 26: Erneuerbare Energiepotenziale im Bezirk Baden, differenziert nach Elektrizität und Wärme³⁷²

Erneuerbare Energieträger	Energiepotenziale [GWh/a]	
	Elektrizität	Wärme
Solarenergie	335,4*	1 142,3*
Wasserkraft	24,7	0
Windkraft	491,0	0
Biomasse (forstwirtschaftlich)	0	342,3
Geothermie (oberflächennah)	0	802,9
Geothermie (hydrothermal)	150,6	1 339,0
Umgebungswärme	0	1 737,6**
Summe	1 001,7	5 364,2

*bei Nutzung von jeweils 50 % der geeigneten Dachflächen für Strom und Wärme (gebäudegebundenes Solarpotenzial)

**Schätzung: keine Geodatengrundlage zu Bodentypen

Für den Bezirk Baden ergibt sich insgesamt ein jährliches erneuerbares Energiepotenzial von **ca. 6.365,9 GWh** (Elektrizität: 1.001,7 GWh/a; Wärme: 5.364,2 GWh/a). Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage ist diesem Wert der geschätzte Jahresendenergiebedarf von **ca. 3.274 GWh** für die Sektoren produzierender Bereich, Dienstleistungen sowie private Haushalte gegenüberzustellen. Somit steht das jährliche erneuerbare Energiepotenzial in einem positiven Verhältnis zum jährlichen Endenergiebedarf dieser drei Sektoren. Es zeigt sich, dass das theoretisch verfügbare regionale erneuerbare Energieangebot nahezu im Verhältnis von 2:1 zum Endenergiebedarf steht, also fast das Doppelte beträgt.

Beim Einsatz erneuerbarer Energieträger sind neben der Beachtung bereits erwähnter Aspekte und Restriktionen u. a. weitere Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Beispielsweise erfordert eine dezentrale Wärmeversorgung mittels Umgebungswärme oder oberflächennaher Geothermie, Gebäude, welche bestimmte Voraussetzungen bezüglich der Energieeffizienz und dem internen Wärmebereitstellungssystem (Niedertemperaturwärme) erfüllen. Diese Technologie ist aufgrund

³⁷¹ Vgl. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) o.J.: online

³⁷² Eigene Berechnung

3. Räumliche Potenziale erneuerbarer Energien im Bezirk Baden

einer anzunehmenden hohen Amortisationszeit der Umrüstungsmaßnahmen, insbesondere bei Neubauten in Erwägung zu ziehen. Bei der Nutzung der Tiefengeothermie zur Wärmebereitstellung oder anderen zentralen Heizkraftwerken ist der Anschluss an Wärmeverteilnetze sowie eine ausreichend hohe Bedarfsdichte Grundvoraussetzung für einen ökologisch und ökonomisch verträglichen Einsatz. Im Allgemeinen ist festzuhalten, dass GIS-gestützte räumliche Potenzialanalysen die Grundlage für die Ausweisung von Eignungs- und Ausschlussflächen zur Nutzung der erneuerbaren Ressourcen darstellt. Die Energieerträge, welche auf Basis von Flächenpotenzialen ermittelt wurden, können bei künftigen technologisch bedingten Effizienzsteigerungen von Anlagen zur erneuerbaren Energieproduktion aktualisiert werden.

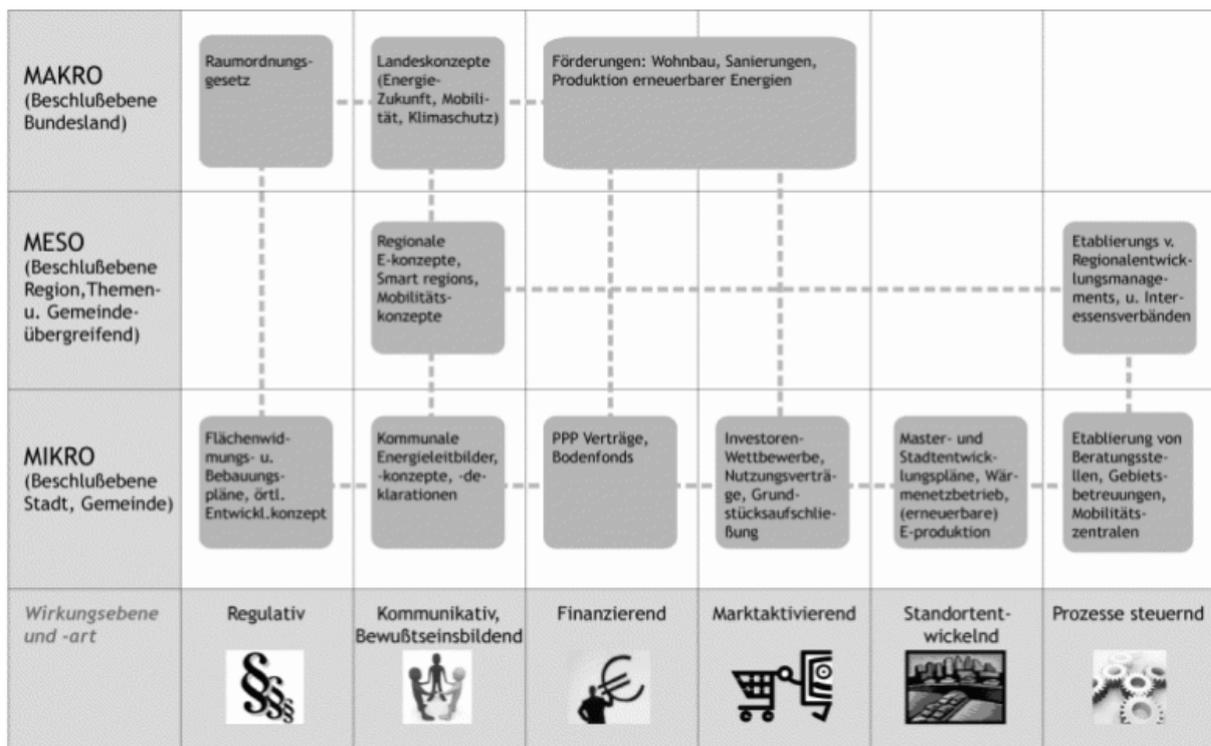
Weiters stellen ermittelte Potenzialflächen eine gute Basis für die Integration energierelevanter Aspekte in das vorliegende Raumplanungsinstrumentarium dar. Die Kenntnis der lokalen bzw. regionalen Vorkommen regenerativer Energieressourcen ermöglicht die Implementation klima- und energiebezogener Inhalte in räumliche Entwicklungskonzepte bzw. Raumordnungsprogramme. Hierbei wären zur Entwicklung einer qualitativ hochwertigen Planungsgrundlage weitere Erhebungen des Energiebedarfs auf kleinräumigerer Ebene von Interesse, um Möglichkeiten einer räumlichen und zeitlichen Abstimmung respektive Angleichung des Energieangebots an die Energienachfrage in einem regionalen Kontext zu erforschen. Am Good-practice-Beispiel der Energie(richt)planung in der Schweiz (Kapitel 4.4.1., S. 116) wird gezeigt, wie diese energiebezogenen Informationen verknüpft und Festlegungen bezüglich der Energiebereitstellung in räumlichen Entwicklungsplänen getroffen werden können. Des Weiteren können Potenzialstudien als Basis herangezogen werden, um (inter)kommunale Energieszenarien oder -leitbilder zu entwerfen. Hier könnten bspw. in partizipativen Planungswerkstätten mögliche künftige Entwicklungsperspektiven oder -strategien entworfen werden, um Ziele zum Einsatz erneuerbarer Energien und zur Senkung des Energiebedarfs zu formulieren, sowie Projekte für eine energiebewusste Raumentwicklung zu initiieren. In diesem Zusammenhang können diese Ergebnisse ebenfalls im Rahmen von Informationsveranstaltungen und weiteren Beteiligungsverfahren eingesetzt werden, um die Bewusstseinsbildung hinsichtlich energie- und klimabezogener Themen zu forcieren.

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Auf Grundlage einer Analyse von Raumplanungsinstrumenten zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien, werden die Interventionsmöglichkeiten der Raumplanung und Raumordnung beurteilt, inwieweit die Nutzung der regionalen erneuerbaren Energiere Ressourcen im Bezirk Baden forciert werden kann. Ausgehend von den energieraumplanerischen Grundsätzen, Zielen und Handlungsfeldern, werden die energierelevanten Raumplanungsinstrumente auf den unterschiedlichen räumlichen Ebenen (Bund, Land Niederösterreich, Region Baden und Gemeinden) dargestellt.

Im Projekt *Energie im urbanen Raum (ENUR)* des Departments für Raumplanung an der TU Wien, welches im Allgemeinen siedlungsstrukturelle Energieaspekte erforscht, wurden unter anderem energieraumplanerische Instrumente betrachtet und ein mögliches Beispielset entwickelt.³⁷³ Folgende Abbildung verschafft einen Überblick über die Instrumente auf den unterschiedlichen räumlichen Ebenen, differenziert nach Wirkungsarten.

Abbildung 41: Energierrelevante Planungsinstrumente - Beispielset³⁷⁴



Am Beispielset für energierelevante Instrumente ist ersichtlich, dass ein breiter Fundus an Steuerungsmöglichkeiten gegeben ist, um eine energiebewusste Raumentwicklung voranzutreiben. Hierbei kann zwischen formellen und informellen Instrumenten differenziert werden.

Hinsichtlich der formellen (regulativen) Instrumente wird in Sutter et al. 2006 festgestellt, dass energiepolitische Zielsetzungen in den Instrumenten der Raumplanung bzw. Raumordnung verankert

³⁷³ Vgl. Dumke et al. o.J.: online

³⁷⁴ Dumke et al. o.J.: online

werden sollten. Des Weiteren müssen energieraumplanerische „Maßnahmen innerhalb der bau- und planungsrechtlichen Vorschriften umgesetzt werden“.³⁷⁵ Im Gegensatz dazu besitzen informelle Instrumente keine rechtliche Verbindlichkeit und basieren auf Kooperationen zwischen unterschiedlichen relevanten Akteurinnen und Akteuren im Planungsprozess. Aufgrund der Flexibilität dieser Verfahren, bezüglich der Gestaltung der Planungsabläufe, gewinnen diese vermehrt an Bedeutung.³⁷⁶ Bei informellen Instrumenten gibt es keine planungsrechtliche Regulierung, wobei die Verbindlichkeit und Umsetzung durch Selbstbindung der Beteiligten erfolgt. Solche Planungsverfahren bieten die Möglichkeit, das Prozessdesign situationsgerecht zu gestalten. Eine entsprechende Bindungskraft entsteht hierbei durch die Beteiligungsbereitschaft und hängt wesentlich von der Verfahrensgestaltung ab.³⁷⁷

4.1. Grundsätze, Ziele und Handlungsfelder der Energieraumplanung

Grundsätzlich beschäftigt sich Energieraumplanung mit den räumlichen Dimensionen von Energieversorgung und -verbrauch.³⁷⁸ Hierauf hat die Siedlungs- und Standortentwicklung einen bedeutenden Einfluss, wobei grundsätzlich alle Raumplanungs- bzw. Raumordnungsgesetze der Bundesländer das Ziel enthalten, räumliche Entwicklungen ressourcen- und energiesparend zu gestalten, womit ein klarer Auftrag an die Politik und Planung einhergeht. Dabei gilt es bewährte Tugenden der Raumplanung aufzugreifen und umzusetzen, wie beispielsweise Innenentwicklung vor Außenentwicklung, kompakte statt zersplitterte Siedlungsstrukturen, Stadt- und Dorfbau an Stelle von monofunktionalen Wohnsiedlungen, Städte und Regionen der kurzen Wege, vernetzte Mobilität und die schonende Nutzung regionaler und lokaler Ressourcen.³⁷⁹ Die Energieraumplanung ist somit gefordert effizientere Siedlungsstrukturen und ordnungspolitisch gesicherte Flächen für die Nutzung erneuerbarer Energieträger zu schaffen, um langfristig den Energieverbrauch zu reduzieren und den Anteil erneuerbarer Energien am Energieträgermix zu erhöhen. Dabei sind die ordnungspolitischen Rahmenbedingungen entscheidend für die Schaffung von Nutzungsmöglichkeiten für erneuerbare Energieträger.³⁸⁰

Die Planungsziele und -grundsätze der Energieraumplanung wurden in Übereinstimmung mit den übergeordneten Zielen des Klimaschutzes sowie des Energiewesens entwickelt und sollen in die Raumordnungsgesetze implementiert werden. Dabei ist aus raumplanerischer Sicht das „Schaffen der räumlichen und funktionellen Voraussetzungen für Energieeinsparung und die Versorgung mit regional bzw. lokal verfügbaren, erneuerbaren Energieträgern“ von besonderer Relevanz. Bezüglich erneuerbarer Energien wird ausgeführt, dass Bereitstellungsflächen für die Nutzung regenerativer Ressourcen zu sichern sind sowie Standorte für Anlagen der Energiegewinnung, -speicherung und -verteilung festgelegt werden sollen.³⁸¹ In diesem Kontext hat Energieraumplanung unter anderem folgende wesentliche Aufgaben: (1) Räumliche Grundlagenforschung bezüglich Energieverbrauch, Energieeinsparungsmöglichkeiten und Energiegewinnungspotenzialen zur Schaffung einer

³⁷⁵ Vgl. Sutter et al. 2006: 3

³⁷⁶ Vgl. Henckel et al. 2010: 228

³⁷⁷ Vgl. Danielzyk 2005: 466

³⁷⁸ Vgl. Stöglehner et al. 2014: 26

³⁷⁹ Vgl. Giffinger/Zech 2013: 7

³⁸⁰ Stöglehner/Narodoslawsky/Steinmüller/Steininger/Weiss/Mitter/Neugebauer/Weber/Niemetz/Kettl/Eder/Sandor/Pflüglmayer/Markl/Kollmann/Friedl/Lindorfer/Luger/Kulmer 2011: 9f.

³⁸¹ Vgl. Stöglehner et al. 2014: 41

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

qualifizierten Planungsgrundlage sowie zur Erhöhung der Planungsqualität von Energiekonzepten bzw. -strategien. (2) Darstellung der Möglichkeiten, sowie der räumlichen und zeitlichen Grenzen der Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Unterstützung planerischer Entscheidungsfindung.³⁸² In diesem Kontext wurden zwei Leitziele der Energieraumplanung definiert, welche sich auf die Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen und auf die Energieeffizienz räumlicher Strukturen beziehen:

- **Ziel 1 - erneuerbare Energieträger:** „Die räumlichen Potenziale für die Gewinnung erneuerbarer Energie sind in ausreichendem und leistbarem Ausmaß zu erhalten und zu mobilisieren.“³⁸³
- **Ziel 2 - räumliche Strukturen:** „Die raumstrukturellen Potenziale für die Umsetzung energiesparender und energieeffizienter Lebensstile und Wirtschaftsformen sind zu erhalten und zu verbessern.“³⁸⁴

Auf Grundlage dieser Ziele wurden in der ÖREK-Partnerschaft zur Energieraumplanung relevante Handlungsfelder abgeleitet. Ziel 1 - erneuerbare Energieträger beinhaltet vier Handlungsfelder und Ziel 2 - räumliche Strukturen fünf Interventionsbereiche.³⁸⁵ Den Zielen entsprechend werden im Folgenden die Handlungsfelder beschrieben, wobei diejenigen welche sich auf erneuerbare Energien beziehen, unterstrichen dargestellt sind.

Tabelle 27: Handlungsfelder der Energieraumplanung

Handlungsfelder	
Ziel 1	<ul style="list-style-type: none"> - <u>„Freihaltung von geeigneten Räumen zur Gewinnung, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Energien von konfliktträchtigen Nutzungen einschließlich Erhaltung von Pufferflächen</u> - <u>Freigabe von geeigneten Räumen zur Gewinnung, Speicherung und Verteilung erneuerbarer Energien</u> - <u>Bereitstellung von Planungsgrundlagen und Planungsmethoden für örtliche und überörtliche Energiekonzepte</u> - <u>Wahrnehmung der Rolle als Plattform zum Interessenausgleich</u>³⁸⁶
Ziel 2	<ul style="list-style-type: none"> - „Stärkung von Zentralität und kurzen Wegen - Anstreben von Dichte und Funktionsmischung - Innen- vor Außenentwicklung - Abstimmung von Nutzungsentwicklung und Mobilitätsangebot (im Umweltverbund) - <u>Optimierung und Attraktivierung ungenutzter Energiepotenziale</u>³⁸⁷

Hierbei ist es von großer Bedeutung alle relevanten Akteurinnen und Akteure zu identifizieren, die bei Maßnahmen der Energieraumplanung einzubeziehen sind. Des Weiteren sollen deren Rollen im Planungs- bzw. Umsetzungsprozess klar definiert sein. Die zu berücksichtigenden Akteurinnen und Akteure hinsichtlich der Handlungsfelder sind in folgende Bereiche einzuteilen: Rahmensetzung, Gesetzgebung und Vollziehung, Planung, Interessensvertretungen und -gruppen, EntwicklerInnen,

³⁸² Vgl. Stöglehner et al. 2014: 26

³⁸³ Stöglehner et al. 2014: 26

³⁸⁴ Stöglehner et al. 2014: 26

³⁸⁵ Vgl. Stöglehner et al. 2014: 27

³⁸⁶ Stöglehner et al. 2014: 27

³⁸⁷ Stöglehner et al. 2014: 27

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

InvestorInnen und BetreiberInnen, Know-How EinbringerInnen sowie EndnutzerInnen und AnwenderInnen.³⁸⁸

Es ist festzuhalten, dass Energieraumplanung die Aufgabe hat Standorte für die Nutzung erneuerbarer Energien auszuweisen, nachhaltige und effiziente Infrastrukturnetze zu entwickeln sowie die Bewusstseinsbildung bezüglich energierelevanter Themen mit Raumbezug zu fördern, um eine ressourcen- und energiesparende Siedlungsentwicklung zu gestalten. Hierzu steht ein großes Repertoire an Instrumenten zur Verfügung, wie beispielsweise:

- Räumliche Entwicklungskonzepte bzw. -programme
- Flächenwidmungs- und Bebauungspläne
- Sachkonzepte
- Leitbilder
- Standortfestlegungen
- Masterpläne
- Fachbeiräte
- Beteiligungsverfahren³⁸⁹

Bei dieser Auswahl an Planungs- und Steuerungsinstrumenten besteht die Herausforderung der Energieraumplanung darin, unter Zuhilfenahme der geeigneten Methode und Einbeziehung der relevanten Akteurinnen und Akteure, eine energiebewusste Raumentwicklung zu initiieren sowie Verbindlichkeit in der Planungsumsetzung herzustellen.

4.2. Instrumente des Bundes und des Landes Niederösterreich

Wesentliche Planungsgrundlagen auf Bundes- und Landesebene, die empfehlen den Einsatz erneuerbarer Energieträger zu steigern bzw. Steuerungsmöglichkeiten hierfür bereitstellen, sind die österreichische Energiestrategie, das Österreichische Raumentwicklungskonzept (ÖREK 2011), der Niederösterreichische Energiefahrplan 2030 sowie das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz 2014. Die Energiestrategie, das ÖREK 2011 und der Energiefahrplan sind politische Strategiepapiere und somit als informelle Instrumente einzuordnen, in denen energierelevante Ziele und Maßnahmen beschrieben werden. Eine rechtliche Verbindlichkeit in der Umsetzung wird somit erst hergestellt, indem diese Empfehlungen in den hoheitlichen Gesetzen und Verordnungen verankert werden, wie beispielsweise im Niederösterreichischen Raumordnungsgesetz.

4.2.1. Energiestrategie Österreich

Die Grundlage für die österreichische Energiestrategie bildet die EU-Richtlinie *zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen* (EU-Richtlinie 2009/28/EG).³⁹⁰ In Österreich soll bis 2020 der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttoendenergieverbrauch 34 % betragen.³⁹¹ Die Energie- und Klimapolitik der EU hat sich bis 2020 das Ziel gesetzt 20 % und bis 2030 27 % der Energie aus erneuerbaren Ressourcen zu gewinnen. Durch die weitere Förderung erneuerbarer Energieträger in

³⁸⁸ Vgl. Stöglehner et al. 2014: 27f., 33

³⁸⁹ Vgl. Giffinger/Zech 2013: 7

³⁹⁰ Vgl. Europäische Kommission 2017: online

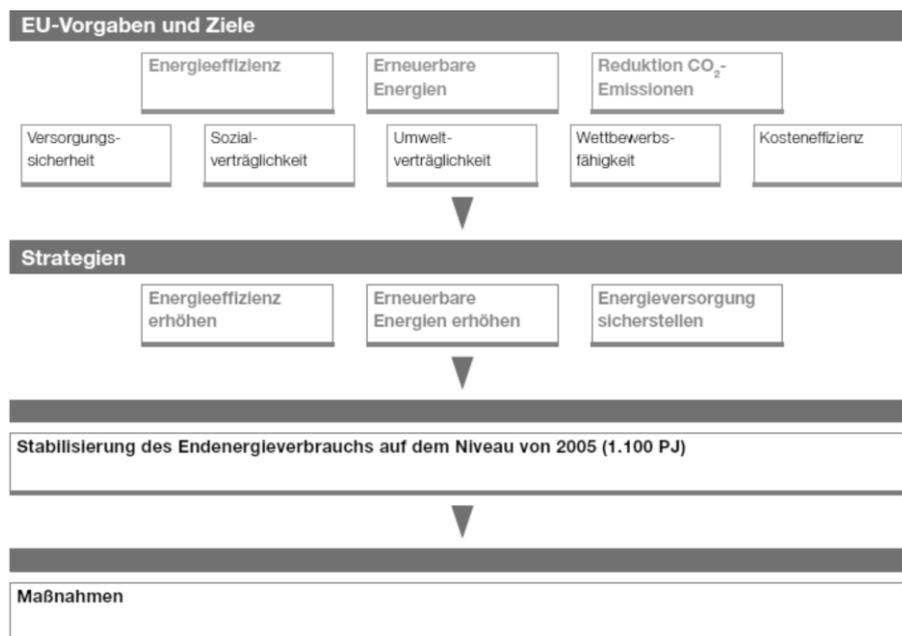
³⁹¹ Vgl. Richtlinie 2009/28/EG

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Kombination mit Energieeffizienzmaßnahmen, sollen die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80-95 % gegenüber dem Jahr 1990 verringert werden.³⁹²

Um die Zielvorgaben der EU-Richtlinie zu erreichen, wurde die *Energiestrategie Österreich* entwickelt, die Schwerpunkte einer zukünftigen Energie- und Klimapolitik beschreibt sowie Maßnahmen und Instrumente zur Umsetzung darstellt. Die drei Strategiesäulen decken im Wesentlichen die Themenbereiche Energieeffizienz, Energieeinsparung und Ausbau der erneuerbaren Energien ab.³⁹³ Folgende Abbildung zeigt Rahmenbedingungen, Struktur und Themen der österreichischen Energiestrategie.

Abbildung 42: Rahmenbedingungen, Struktur und Themen der Energiestrategie Österreich³⁹⁴



Bezüglich der Nutzung erneuerbarer Energieträger wird ausgeführt, dass der Ausbau erneuerbarer Energien in Österreich eine große Bedeutung für die nationale Eigenversorgung und die Stärkung der Versorgungssicherheit hat, neue Arbeitsplätze schafft sowie die Wettbewerbsfähigkeit stärkt und für die Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele unerlässlich ist.³⁹⁵ In Hinblick auf die Herausforderung das Energiesystem umzustellen, um die Versorgungssicherheit bei vermehrter Nutzung erneuerbarer Energieträger zu gewährleisten, wird folgendes festgestellt: „Wir müssen die Chancen nutzen, die Energieversorgung Österreichs auf ein zukunftsweisendes, effizientes und erneuerbares System umzustellen (...). Diese Energiezukunft muss technisch möglich, ökonomisch leistbar, gesellschaftlich tragfähig und umweltverträglich für die österreichische Bevölkerung sein, sowie eine möglichst hohe Wertschöpfung für die Unternehmen erzielen. Investitionen in das Energiesystem schaffen wichtige direkte und indirekte Arbeitsplätze, sowohl in Klein- und

³⁹² Vgl. Europäische Union 2017: online

³⁹³ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 7

³⁹⁴ Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 8

³⁹⁵ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 7

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

*Mittelbetrieben als auch in der Industrie.*³⁹⁶

Im Zeitraum von 2005 bis 2009 wurden bereits einige Maßnahmen gesetzt, welche zur Erreichung der energiepolitischen Zielsetzungen beitragen sollen. Hierzu wurde beispielsweise eine betriebliche Umweltförderung von Unternehmen etabliert, die in den Bereichen Einsatz erneuerbarer Energieträger und effizienter Energieeinsatz wirksam wird. Darüber hinaus zielt das Ökostromgesetz darauf ab, die Elektrizitätserzeugung aus erneuerbaren Energien zu fördern und der Klima- und Energiefonds unterstützt die Bundesregierung bei der Umsetzung der Österreichischen Klimastrategie. Im Bereich der Energiebereitstellung und -verteilung wurden folgende Maßnahmen getroffen:

- Nationale Technologieplattformen mit den Themen intelligente Netze, Solarwärme, Photovoltaik und Windkraft
- KWK-Gesetz, Wärme- und Kälteleitungsbaugesetz
- Bauordnungs- und Luftreinhalte-Gesetzesnovellen der Bundesländer³⁹⁷

Für die Energieraumplanung wird empfohlen, die Ziele des Energie- und Klimaschutzes in die Raumplanungs- bzw. Raumordnungsgesetze zu implementieren. Es wird angemerkt, dass eine energiebewusste Raumordnung und somit auch Siedlungs- und Mobilitätsstrukturen von großer Bedeutung für die Erreichung dieser Ziele sind. Hierbei leisten moderne, integrierte Energiekonzepte einen wesentlichen Beitrag bei der Entscheidungsfindung bezüglich der Flächenwidmungsplanung, Investitionen in die Energieinfrastruktur und beim gezielten Einsatz von Förderungen. Bei der Mobilität steht die Reduktion der Treibhausgasemissionen im Vordergrund, was durch verkehrsvermeidende Maßnahmen erfolgen soll. Jedenfalls ist eine optimierte Siedlungsstruktur mit einer effizienten Verteilung der unterschiedlichen Raumnutzungen anzustreben, um das Verkehrsaufkommen zu reduzieren. Weiters wird eine *„verpflichtende Verankerung von Energie- und Klimazielen in Raumordnungskonzepten, sowie raumbezogenen Plänen und Programmen der Gebietskörperschaften“* vorgeschlagen.³⁹⁸

Forschung und Entwicklung, sowie Unterstützungen bei der Marktüberleitung werden ebenfalls als Treiber genannt, um den Erfolg von Wachstumsstrategien im Komplex der erneuerbaren Energien zu erhöhen und somit eine maßgebliche Nutzungssteigerung erneuerbarer Ressourcen zu erreichen. Hierbei sollten gezielt Programme und Maßnahmen gesetzt werden, welche die Forschung insbesondere in den Bereichen Photovoltaik, Solarthermie, Bioenergie, Geothermie und Speichertechnologien aktiviert.³⁹⁹

4.2.2. Österreichisches Raumentwicklungskonzept (ÖREK 2011)

Das Österreichische Raumentwicklungskonzept (ÖREK) wird durch die Österreichische Raumordnungskonferenz erstellt und wurde zuletzt im Jahr 2011 entwickelt. Beim ÖREK handelt es sich um eine gemeinsame Strategie zur räumlichen Entwicklung Österreichs, unter Beteiligung der

³⁹⁶ Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 4

³⁹⁷ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 40f.

³⁹⁸ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 46

³⁹⁹ Vgl. Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2010: 49

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

ÖROK Mitglieder Bund, Länder und Gemeinden. Das ÖREK 2011 ist nicht rechtlich verbindlich. Jedoch stellt dieses Instrument eine bedeutende Strategievorgabe dar und ersetzt somit teilweise die der Verfassung fehlende rechtliche Grundlage einer Bundesraumordnung. Hierfür werden alle für die Raumentwicklung Österreichs relevanten Ebenen eingebunden. Das politische Beschlussorgan setzt sich aus dem Bundeskanzler, allen Bundesministern, den Landeshauptleuten sowie den Präsidenten des Österreichischen Städte- und Gemeindebundes zusammen.⁴⁰⁰

Das Handlungsprogramm des ÖREK 2011 beinhaltet vier thematisch miteinander in Beziehung stehende Strategiesäulen: Regionale und nationale Wettbewerbsfähigkeit, gesellschaftliche Vielfalt und Solidarität, Klimawandel und Ressourceneffizienz sowie kooperative und effiziente Handlungsstrukturen. In den vier Säulen werden 14 Handlungsfelder angeführt und diesen 36 relevante Aufgabenbereiche zugeordnet.⁴⁰¹ Die dritte Strategiesäule behandelt die Themen Klimawandel, Anpassung und Ressourceneffizienz, in der auch auf erneuerbare Energien eingegangen wird. Folgende Tabelle zeigt die Handlungsfelder und Aufgabenbereiche dieser Säule.⁴⁰²

Tabelle 28: Handlungsfelder und Aufgabenbereiche der 3. Strategiesäule (Klimawandel, Anpassung und Ressourceneffizienz) des ÖREK 2011⁴⁰³

Handlungsfelder	Aufgabenbereiche
3.1 Energieautarke Regionen anstreben - Raumbezug des Energiesystems	- Flächen für Energieerzeugung und Energieverteilung sichern
3.2 Vorrangflächen zum Schutz vor Naturereignissen	- Hochwasserrückhalte- und Hochwasserabflussflächen - Gefahrenzonenpläne erweitern und aktualisieren
3.3 Nachhaltige Siedlungs- und Freiraumentwicklung	- Flächensparen und Flächenmanagement implementieren - Freiräume schaffen und sichern - Energieeffizienz raumplanerischer Maßnahmen steigern („Energieraumplanung“) - Rohstoffversorgung sichern
3.4 Nachhaltige Mobilität	- Ausbau intermodaler Schnittstellen intensivieren - Verkehr und IKT technisch und organisatorisch weiterentwickeln

Unter den generellen Zielsetzungen wird hinsichtlich erneuerbarer Energien formuliert, dass eine Reduktion der Treibhausemissionen erfolgen soll, „um dem Klimawandel ursächlich zu begegnen (Mitigation), sowie eine Verringerung des Energiebedarfs und eine Verlagerung von nicht erneuerbaren hin zu erneuerbaren Rohstoffen im räumlichen Verbund“ anzustreben ist. In Handlungsfeld 3.1 - energieautarke Regionen, wird bemerkt, dass die Raumordnung zur Sicherung wichtiger regionaler Ressourcen an erneuerbaren Energien und zur Abwendung von Konflikten widersprechender Nutzungen beizutragen hat. Durch optimierte Versorgungs- und Entsorgungskonzepte, mit einem klaren Regionsbezug, kann eine Erhöhung der Bereitstellung erneuerbarer Energieträger erreicht werden. Des Weiteren sollen, unter Beachtung relevanter ökologischer Kriterien, Eignungsstandorte für Photovoltaikanlagen, sowie für die Wind- und Wasserkraft festgelegt werden, um einen Ausbau erneuerbarer Energieerzeugung zu erreichen. Bezüglich den Handlungsmöglichkeiten der

⁴⁰⁰ Vgl. Adamovich et al. 2009: 240

⁴⁰¹ Vgl. Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) 2011: 24f.

⁴⁰² Vgl. Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) 2011: 29

⁴⁰³ Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) 2011: 29 (eigene Darstellung)

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Raumentwicklungspolitik wird empfohlen Flächen für die Nutzung erneuerbarer Energien auszuweisen, Raum- und Energiekonzepte zu erstellen sowie Energieleitplanungen zu entwickeln.⁴⁰⁴

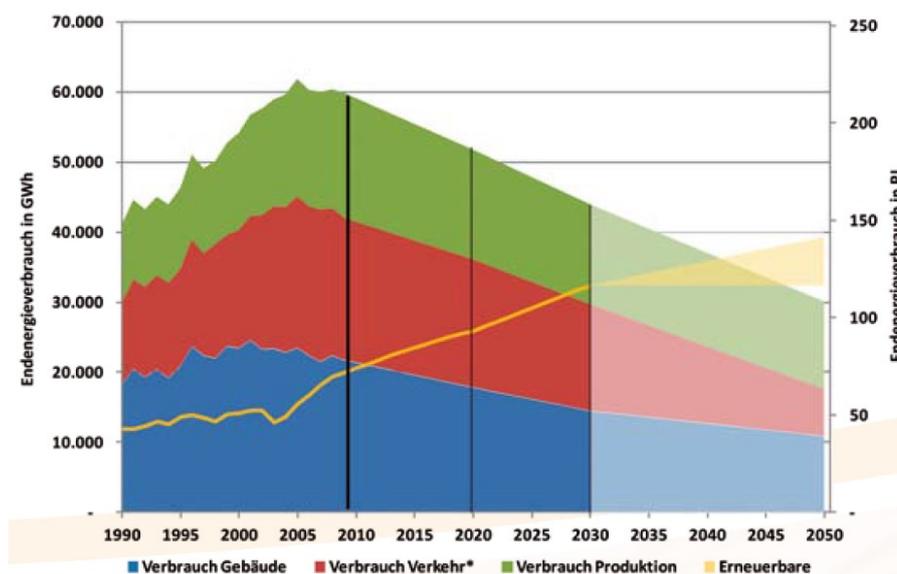
4.2.3. NÖ Energiefahrplan 2030

Der Niederösterreichische Energiefahrplan 2030 soll die Energiezukunft Niederösterreichs gestalten. Dieses umfassende Zukunftspapier enthält ambitionierte Ziele für den Umbau des Energiesystems und wurde im November 2011⁴⁰⁵ im NÖ Landtag beschlossen, um eine zukunftsfähige Energieversorgung zu gewährleisten. Die drei strategischen Leitlinien behandeln die energierelevanten Themenbereiche Unabhängigkeit, Versorgungssicherheit sowie Schutz des Klimas und lauten:⁴⁰⁶

- „Reduktion des Energieverbrauchs durch Effizienzsteigerungen, neue Technologien und Innovationen
- Umstieg auf erneuerbare Energieträger
- Ressourcensparender Lebensstil⁴⁰⁷

Niederösterreich hat sich im Energiebereich das Ziel gesetzt im europäischen und weltweiten Spitzenfeld voranzugehen zu wollen. Das Motto „erneuerbar - regional - unabhängig“ beschreibt das Vorhaben möglichst unabhängig von Energieimporten zu werden.⁴⁰⁸ „Für dieses Ziel soll Energie eingespart, Energieeffizienz erhöht, erneuerbare Energieträger ausgebaut und über Forschung, Entwicklung und Bildung in die Zukunft investiert werden. So bleibt Niederösterreich ein zukunftsfähiger Standort mit hoher Lebensqualität.“⁴⁰⁹ Folgendes Diagramm zeigt die Pfade bzw. das Szenario zur Zielerreichung auf Grundlage historischer Daten bis 2009.

Diagramm 9: Zielpfade gemäß NÖ Energiefahrplan - Niederösterreichs Endenergieverbrauch in GWh, differenziert nach den Sektoren Gebäude, Verkehr und Produktion (Szenario ab 2009)⁴¹⁰



⁴⁰⁴ Vgl. Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) 2011: 63ff.

⁴⁰⁵ Vgl. APA-OTS Originaltext-Service GmbH 2011: online

⁴⁰⁶ Vgl. Amt der Niederösterreichischen Landesregierung 2017: online

⁴⁰⁷ Amt der Niederösterreichischen Landesregierung 2017: online

⁴⁰⁸ Vgl. Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 5

⁴⁰⁹ Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 5

⁴¹⁰ Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 7

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Bis 2020 wird das Ziel ausgegeben den Anteil der erneuerbaren Energieversorgung auf 50 % zu erhöhen und bis 2050 soll der gesamte Endenergiebedarf durch die Nutzung heimischer, erneuerbarer Ressourcen abgedeckt werden. Hierzu ist eine Senkung des Endenergiebedarfs in den Sektoren Gebäude und Kleinverbraucher, Produktion und Verkehr unerlässlich. Mit einer Reduktion des Bedarfs um die Hälfte und dem konsequenten Ausbau erneuerbarer Energien, soll bis 2050 der Eigendeckungsgrad 100 % betragen.⁴¹¹

Hierzu soll die Raumplanung verstärkt darauf abzielen Entwicklungen zu fördern, welche eine Senkung der Ressourcenintensität, der Flächen- und Finanzmittelintensität sowie des Verkehrsaufkommens erwirken. Das raumplanerische Regelungssystem soll dabei insbesondere zur Erreichung folgender Ziele beitragen:

- Nachhaltiger Umgang mit Energie
- Prinzip der kurzen Wege
- Grenzübergreifende Kooperation
- Flächensicherung zur vorwiegenden Selbstversorgung mit heimischen Energiepotenzialen
- Verdichtung der Ortszentren, Baulandmobilisierung und Wahrung der Siedlungsränder⁴¹²

Hinsichtlich der Energieaufbringung wird auf mehr erneuerbare Energie aus den heimischen Regionen gesetzt. Es wird festgehalten, dass Niederösterreich über hohe Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien verfügt. Die Nutzung der Wasserkraft und von Biomasseprodukten zur Energiebereitstellung hat bereits eine lange Tradition, wobei es noch unausgeschöpfte Potenziale anderer Energieträger zu erschließen gilt.⁴¹³ Nachstehende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der quantitativen Ziele für den Ausbau der einzelnen erneuerbaren Energien bis 2030 in GWh.

Tabelle 29: Quantitative Ziele des NÖ Energiefahrplans 2030 für den Ausbau erneuerbarer Energien (in GWh)⁴¹⁴

	2009	2020	2030
Strom (Photovoltaik)	11	500	2 000
Wärme (Solarthermie)	265	700	1 200
Windkraft	1 080	4 000	7 000
Biomasse	11 000	12 500	13 200
Umweltwärme und Geothermie	200	700	1 200
Summe	12 556	18 400	24 600

Für den Ausbau der Wasserkraft zur Elektrizitätsbereitstellung wird bis zum Jahr 2030 eine Steigerung um 470 GWh angestrebt, wobei der Kleinwasserkraft das größte Potenzial zugeschrieben wird.⁴¹⁵

4.2.4. Niederösterreichisches Raumordnungsgesetz 2014 (NÖ ROG 2014)

Das Niederösterreichische Raumordnungsgesetz, mit seinen Planungsgrundsätzen und -zielen für die räumliche Entwicklung, stellt die Grundlage für raumplanerisches Handeln im Bundesland dar. „Zur Umsetzung dieser Ziele sehen (...) Raumordnungsgesetze für die Bodennutzungsplanung ein

⁴¹¹ Vgl. Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 7

⁴¹² Vgl. Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 17

⁴¹³ Vgl. Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 18

⁴¹⁴ Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 20, 22f., 25 (eigene Darstellung)

⁴¹⁵ Vgl. Amt der NÖ Landesregierung o.J.: 24

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

*hierarchisches Planungsinstrumentarium vor, das unterschiedliche Raumpläne auf überörtlicher Ebene umfasst, deren Festlegungen die örtliche Raumplanung bindet. Die konkrete Anwendung der planerischen Festlegungen erfolgt in der Regel durch die in den Bauordnungen geregelte Bauplatzerklärung bzw. Baubewilligung (...), anhand konkreter Bauführungen (...).*⁴¹⁶

Hinsichtlich erneuerbarer Energien wird im Niederösterreichischen Raumordnungsgesetz (NÖ ROG 2014) im § 1 *Begriffe und Leitziele* in Abs. 2 unter den generellen Leitziele angeführt, dass bei Vollziehung dieses Gesetzes, sowie bei der Ausrichtung von Maßnahmen der Raumordnung, folgende Leitziele beachtet werden sollen: *„sparsame Verwendung von Energie, insbesondere von nicht erneuerbaren Energiequellen“* und *„Ausbau der Gewinnung von erneuerbarer Energie“*.⁴¹⁷

Im § 20 *Grünland* Abs. 2 des NÖ ROG 2014 wird bezüglich der Flächenwidmung für Windkraftanlagen ausgeführt: *„Flächen für Anlagen zur Gewinnung elektrischer Energie aus Windkraft mit einer Engpassleistung von mehr als 20 kW; erforderlichenfalls unter Festlegung der Anzahl der zulässigen Windkraftanlagen und der zulässigen Nabenhöhe am gleichen Standort. Es ist ausreichend, wenn die für das Fundament einer Windkraftanlage erforderliche Fläche gewidmet wird“*⁴¹⁸. Die Voraussetzungen und Abstandsflächen bei einer Flächenwidmung für Windkraftanlagen sind in § 20 Abs. 3a festgelegt. Es muss *„eine mittlere Leistungsdichte des Windes von 220 Watt/m² in 130 m Höhe über dem Grund vorliegen“* und es müssen *„folgende Mindestabstände eingehalten werden“*⁴¹⁹:

- *„1.200 m zu gewidmetem Wohnbauland und Bauland-Sondergebiet mit erhöhtem Schutzanspruch*
- *750 m zu landwirtschaftlichen Wohngebäuden und erhaltenswerten Gebäuden im Grünland (Geb), Grünland Kleingärten und Grünland Campingplätzen*
- *2.000 m zu gewidmetem Wohnbauland (ausgenommen Bauland-Gebiete für erhaltenswerte Ortsstrukturen), welches nicht in der Standortgemeinde liegt. Wenn sich dieses Wohnbauland in einer Entfernung von weniger als 800 m zur Gemeindegrenze befindet, dann beträgt der Mindestabstand zur Gemeindegrenze 1.200 m. Mit Zustimmung der betroffenen Nachbargemeinde(n) kann der Mindestabstand von 2.000 m auf bis zu 1.200 m reduziert werden.*⁴²⁰

Des Weiteren ist bei der Widmung von Flächen für die Nutzung der Windkraft auf *„eine größtmögliche Konzentration von Windkraftanlagen hinzuwirken und die Widmung von Einzelstandorten zu vermeiden“*⁴²¹.

Für Photovoltaikanlagen wird beschrieben, dass Flächen für Anlagen zur Gewinnung elektrischer Energie relevant sind (ausgenommen Gebäudedächer), die in einem räumlichen Zusammenhang stehen und eine Engpassleistung von mindestens 50 kW aufweisen. Für die Beurteilung einer Flächenwidmung für Photovoltaikanlagen wird auf § 20 Abs. 3c verwiesen.⁴²² Dieser besagt: *„Bei der Widmung einer Fläche für Photovoltaikanlagen ist insbesondere auf den Schutz des Orts- und*

⁴¹⁶ Kanonier 2011: 1

⁴¹⁷ Vgl. § 1 Abs. 2 1b NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴¹⁸ § 20 Abs. 2 19 NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴¹⁹ Vgl. § 20 Abs. 3a NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴²⁰ § 20 Abs. 3a NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴²¹ § 20 Abs. 3a NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴²² Vgl. § 20 Abs. 2 21 NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

*Landschaftsbildes, die Erhaltung hochwertiger landwirtschaftlicher Produktionsflächen sowie die Vermeidung einer Beeinträchtigung des Kraftfahrzeugs- und Luftverkehrs Bedacht zu nehmen*⁴²³.

4.3. Instrumente und Maßnahmen auf regionaler und kommunaler Ebene

Beim raumplanerischen Instrumentarium auf regionaler und kommunaler Ebene werden die Instrumente ebenfalls hinsichtlich ihres formellen oder informellen Charakters unterschieden. Überörtliche und sektorale Raumordnungsprogramme, Örtliche Entwicklungskonzepte, sowie der Flächenwidmungs- und Bebauungsplan sind rechtlich verbindliche Verordnungen. Die Instrumente auf kommunaler Ebene müssen im eigenen Wirkungsbereich der Gemeinde verpflichtend umgesetzt werden, wobei die übergeordneten energiepolitischen Ziele hier verankert werden sollten. Bei Klima- und Energiemodellregionen (KEMs) und dem e5-Landesprogramms für energieeffiziente Gemeinden, handelt es sich um informelle Beratungs-, Betreuungs- und Informationsinstrumente oder um Kooperationen zwischen relevanten Akteurinnen und Akteuren sowie Gebietskörperschaften, welche die Erreichung energiestrategischer Ziele auf regionaler Ebene fördern sollen. Im Bezirk Baden gibt es mit „Baden - Energiekur II“ und der Kleinregion „Ebreichsdorf“ zwei aktuelle KEMs.

4.3.1. Überörtliche und sektorale Raumordnungsprogramme

Im § 3 Abs. 1 des NÖ ROG 2014 wird zu überörtlichen Raumordnungsprogrammen formuliert: *„Die Landesregierung hat, wenn es zur planvollen Entwicklung des Landesgebietes erforderlich ist, Raumordnungsprogramme für das Land, für Regionen oder für einzelne Sachbereiche aufzustellen und zu verordnen (...); die angestrebten Ziele sind festzulegen und jene Maßnahmen zu bezeichnen, die zur Erreichung der Ziele gewählt wurden. Dabei kann zwischen verbindlichen Festlegungen und Richtwerten unterschieden werden*⁴²⁴. Somit ist eine Aufstellung von regionalen Raumordnungsprogrammen nicht verpflichtend. Es ist jedoch festzuhalten, dass die Regionalplanung, über die Erarbeitung räumlicher Entwicklungsprogramme, die angestrebte Siedlungs- und Freiraumstruktur festlegen kann und damit erheblich dazu beiträgt energiebezogene Prozesse zu steuern.⁴²⁵

Bezüglich der Nutzung von Windkraft wird im § 20 Grünland Abs. 3b des NÖ ROG 2014 geregelt: *„Die Landesregierung hat durch die Erlassung eines Raumordnungsprogrammes Zonen festzulegen, auf denen die Widmung 'Grünland - Windkraftanlage' zulässig ist. Dabei ist insbesondere auf die im Abs. 3a festgelegten Abstandsregelungen, die Interessen des Naturschutzes, der ökologischen Wertigkeit des Gebietes, des Orts- und Landschaftsbildes, des Tourismus, des Schutzes des Alpenraumes, auf die vorhandenen und geplanten Transportkapazitäten der elektrischen Energie (Netzinfrastuktur) und auf Erweiterungsmöglichkeiten bestehender Windkraftanlagen (Windparks) Bedacht zu nehmen. Nach Möglichkeit ist eine regionale Ausgewogenheit anzustreben. Im Raumordnungsprogramm können weitere Festlegungen getroffen werden (z. B. Anzahl der Windkraftanlagen in einer Zone)*⁴²⁶.

Auf der Rechtsgrundlage des NÖ ROG 2014 respektive des NÖ ROG 1976 hat die Niederösterreichische Landesregierung im April 2011 die *Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ* erlassen. Im § 1 wird allgemein festgelegt, dass das Sektorales

⁴²³ § 20 Abs. 3c NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴²⁴ § 3 Abs. 1 NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

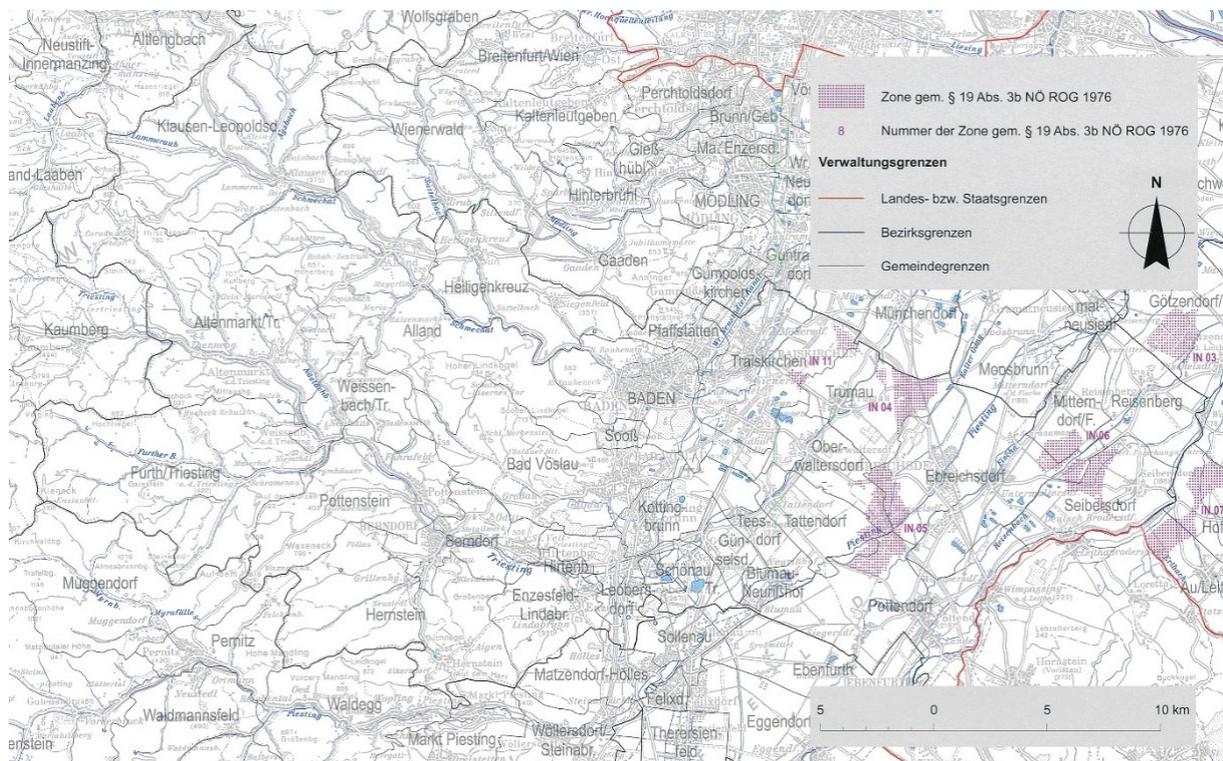
⁴²⁵ Vgl. Birkmann/Vollmer/Schanze 2013: 129

⁴²⁶ § 20 Abs. 3b NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Raumordnungsprogramm aus dem Wortlaut der Verordnung und Kartendarstellungen im Maßstab 1:150.000 besteht. § 2 NÖ ROG 2014 beschreibt das Ziel der Festlegung von Zonen, welche die Aufstellung von genügend „Windkraftanlagen ermöglicht, um die Ziele des NÖ Energiefahrplans zu erreichen“. § 3 NÖ ROG 2014 beschreibt die Rechtswirkungen in vier Absätzen. In § 3 Abs. 1 wird ausgeführt, dass die „Widmungsart ‘Grünland-Windkraftanlage’ (...) nur in den Anlagen 1 bis 4 dargestellten Zonen festgelegt werden“ darf. Bei den Anlagen 1 bis 4 handelt es sich um vier Karten (NO, SO, SW, NW) des Bundeslandes, in denen die Zonen für die Windkraftnutzung dargestellt sind. Folgende Karte zeigt den Ausschnitt des Bezirks Baden aus Anlage 2 (Karte SO) des Sektoralen Raumordnungsprogramms über die Windkraftnutzung in NÖ.⁴²⁷

Karte 13: Kartenausschnitt des Bezirks Baden aus Anlage 2 (Karte SO) des Sektoralen Raumordnungsprogramms über die Windkraftnutzung in NÖ⁴²⁸



Bei einer entsprechenden Widmung sind die „gesetzlichen Voraussetzungen des § 19 Abs. 3a des NÖ Raumordnungsgesetzes 1976 (...) zu beachten“. § 3 Abs. 2 legt fest, welche Neuwidmungen in den festgelegten Zonen nicht zulässig sind. § 3 Abs. 3 besagt, dass „außerhalb der festgelegten Zonen (...) die im Abs. 2 angeführten Widmungsarten nur unter Einhaltung der (...) festgelegten Mindestabstände zulässig“ sind. Laut § 3 Abs. 4 werden „Flächen mit der Widmungsart Grünland-Windkraftanlage außerhalb der in den Anlagen 1 bis 4 festgelegten Zonen (...) von den Bestimmungen dieses Raumordnungsprogrammes nicht berührt“.⁴²⁹ Die zu beachtenden gesetzlichen Voraussetzungen für die Flächenwidmung „Grünland-Windkraftanlage“ sind ebenfalls in der neuen Fassung des

⁴²⁷ Vgl. Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ; StF: LGBl. 8001/1-0

⁴²⁸ Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ - Anlage 2; StF: LGBl. 8001/1-0 (adaptiert)

⁴²⁹ Vgl. Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ; StF: LGBl. 8001/1-0

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Raumordnungsgesetzes, im § 20 Abs. 3a des NÖ ROG 2014 angeführt, wie in Kapitel 4.2.4. bereits beschrieben.

In den leitfadengestützten Experteninterviews wurde des Öfteren die Wichtigkeit der Erlassung neuer regionaler und sektoraler Raumordnungsprogramme mit Energiebezug angesprochen, um eine rechtliche Grundlage zu schaffen, sowie Verbindlichkeit bei der Umsetzung der politischen Klima- und Energieziele herzustellen. Einerseits werden Gemeinden, bei der Verordnung örtlicher Raumordnungsprogramme bzw. Flächenwidmungspläne, an die Vorgaben der überörtlichen Raumordnung gebunden, wobei andererseits eine interkommunale Koordination energieraumplanerischer Maßnahmen erzielt werden kann.⁴³⁰

4.3.2. Klima- und Energiemodellregionen

Bei den Klima- und Energiemodellregionen handelt es sich um ein Programm des Klima- und Energiefonds, bei dem Klimaschutzprojekte und regionale Modellregionsmanagements finanziell gefördert werden. Im Rahmen dieses Programms wird den beteiligten Regionen der Zugang zu einem breiten Netzwerk ermöglicht, in welchem die Themen Energieeffizienz und erneuerbare Energien behandelt werden. Weiters werden Schulungen, Unterstützungen und Förderungen zu energie-relevanten Themen angeboten.⁴³¹

Es werden österreichische Regionen unterstützt, ihre lokalen Ressourcen an erneuerbaren Energien bestmöglich zu nutzen, Energieeinsparungspotenziale auszuschöpfen sowie nachhaltig zu wirtschaften. Die Beauftragung zur Erstellung eines Konzepts und die Umsetzung, erfolgt durch die Modellregionsmanagerin oder den -manager. Im Allgemeinen konzentriert sich die Förderung auf neue bzw. die Weiterführung von bestehenden Modellregionen, Leitprojekte, Investitionsprojekte und weitere energierelevante Aktivitäten in den beteiligten Regionen.⁴³²

In Österreich gibt es zurzeit 95 Klima- und Energiemodellregionen (KEM) mit 819 Gemeinden, in denen Energie- und Klimaschutzprojekte umgesetzt werden. Das übergeordnete Ziel des Programms ist die Unabhängigkeit vom Import fossiler Energieträger, indem eine saubere Energiegewinnung aus regionalen erneuerbaren Ressourcen vorangetrieben wird. Das langfristige Ziel ist hierbei ein hundertprozentiger Ausstieg aus fossiler Energie. Die Managerin oder der Manager einer KEM ist für die Projektsteuerung verantwortlich, um kooperative Projekte in folgenden Bereichen umzusetzen: Erneuerbare Energien, Senkung des Energieverbrauchs, Mobilität, Bewusstseinsbildung und Landwirtschaft.⁴³³

Mit der Stadt Baden „Energiekur II“ und der Kleinregion „Ebreichsdorf“ gibt es zwei Klima- und Energiemodellregionen (KEMs) im Bezirk Baden. Diese KEMs werden im Folgenden detailliert beschrieben. Karte 14 verschafft einen räumlichen Überblick über diese Klima- und Energiemodellregionen.

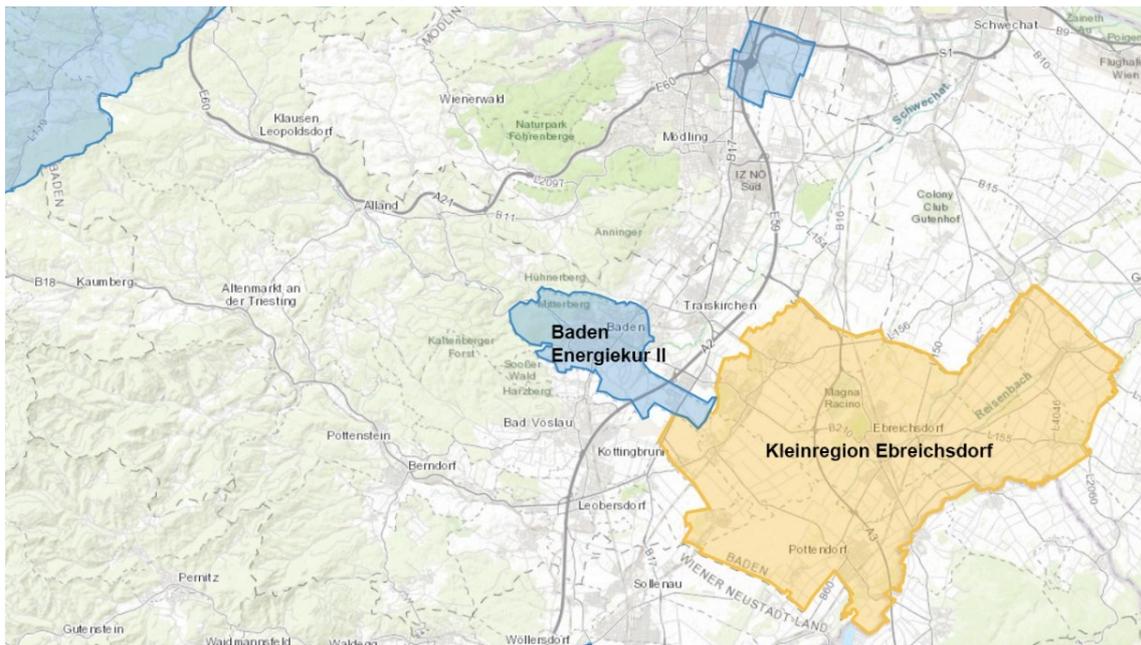
⁴³⁰ Vgl. Interview 4; Interview 5

⁴³¹ Vgl. Klima- und Energiefonds 2017a: online

⁴³² Vgl. Klima- und Energiefonds o.J.: online

⁴³³ Vgl. Klima- und Energiefonds 2019: online

Karte 14: Übersicht der Klima- und Energiemodellregionen im Bezirk Baden⁴³⁴



Baden - Energiekur II

Baden ist eine Thermen-, Kur- und Kongressstadt sowie eine UNESCO-Biosphärenpark Gemeinde. Des Weiteren stellt Baden das Schul- und Ausbildungszentrum sowie den zentralen Ort für die medizinische Versorgung des Bezirks dar. Der Wirtschaftsstandort wird von einer gewachsenen Tourismusinfrastruktur, einem Industriebetrieb und vielen Klein- und Mittelunternehmen (KMU's) geprägt. Die Stadt Baden ist seit 2010 eine Klima- und Energiemodellregion und befindet sich in Weiterführungsphase 2. Dieses Gebiet umfasst eine Fläche von 26,89 km², mit einer Bevölkerung von 25.698 Einwohnerinnen und Einwohnern.⁴³⁵

Als Kurort hat sich Baden zum Ziel gesetzt eine Musterstadt für Energieeffizienz und Klimaschutz zu werden. Dabei soll ein verantwortungsvoller Einsatz von Energie, die Lebensqualität und Gesundheit der Menschen positiv beeinflussen. Hierzu wurde bereits eine Vielzahl von Maßnahmen durchgeführt, wie beispielsweise:

- Errichtung von 22 Photovoltaik-Anlagen mit 308 kWp Leistung.
- Zwei Verfahren für die Errichtung von Photovoltaik-Anlagen unter Beteiligung der Bevölkerung, in Kooperation mit Immobilien Baden und der Sparkasse Baden. Unter dem Namen „BADENER SONNENKRAFT“ wurden unter der Beteiligung von 126 Bürgerinnen und Bürgern 4 PV-Anlagen mit 80 kWp Leistung installiert.
- Errichtung eines Biomasse-Heizkraftwerks mit Fernwärmenetz (Leistung: 28 MW Wärme und 5 MW Elektrizität).
- Ausbau des Fernwärmenetzes um 1.500 Laufmeter (2014-2016).
- Die kommunalen Gebäude werden zu 95 % mit erneuerbarer Energie versorgt.
- Nutzung des Schwefelwassers zur Wärmerückgewinnung, für die Energieversorgung des Strandbads und der Römertherme.
- Erstellung eines Solarkatasters für 6.070 Dächer, inklusive der Implementierung ins Stadt-GIS.

⁴³⁴ Klima- und Energiefonds 2017b: online (adaptiert)

⁴³⁵ Vgl. Klima- und Energiefonds 2017c: online

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

- Ausbau der Fahrradinfrastruktur.
- Machbarkeitsstudie und Detailplanung zur Kleinwasserkraftanlage Oetker am Wiener Neustädter Kanal.
- Kommunale Förderungen zur Energieeffizienz, thermische Sanierung und Umrüstung von Heizsystemen auf erneuerbare Energieträger.
- Bewusstseinsbildende Veranstaltungen und Infoabende zu den Themen Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Seit 2014 wurden bereits 54 Veranstaltungen durchgeführt.
- Umrüstung der öffentlichen Beleuchtung auf energieeffiziente LED-Leuchtmittel.
- Mobilitätsmaßnahmen: E-Carsharing (3 Fahrzeuge; 74 Nutzerinnen und Nutzer), 19 Standorte mit 26 Elektroladestellen für PKWs, E-Bike Verleihsystem sowie Errichtung eines zusätzlichen Parkdecks am Bahnhof Baden.⁴³⁶

Die realisierten Maßnahmen decken bereits zahlreiche, teils auch raumrelevante, Themen der Energieeffizienz und der erneuerbaren Energien ab. Zur erfolgreichen Fortführung des Programms sind unter anderem folgende Maßnahmen geplant:

- Bau einer Kleinwasserkraftanlage am Wiener Neustädter Kanal im Badener Ortsgebiet.
- Installierung weiterer PV-Anlagen auf öffentlichen Gebäuden (ca. 250 kWp bis 2018).
- Fortführung der Umrüstung öffentlicher Beleuchtungen auf energiesparende Leuchtmittel.
- Förderung dezentraler Anlagen für die Nutzung erneuerbarer Energieträger (Solarwärme, Solarstrom, Biomasse und Erdwärme).
- Bewusstseinsbildung, Information und Beratung zur Energieeffizienz und erneuerbaren Energie für verschiedene Zielgruppen.
- Fortführung der Mobilitätsmaßnahmen im Bereich E-Ladestationen und E-Carsharing.
- Regelmäßige Aktualisierung des Online-Auftritts der KEM Baden: www.baden.at/de/unsere-stadt/energie-klima/.
- Klimaschulen-Projekt 2017/2018.⁴³⁷

Ebreichsdorf

Die Kleinregion Ebreichsdorf verzeichnete in den letzten Dekaden ein hohes Bevölkerungswachstum und liegt im Übergangsbereich der feuchten Ebene des südlichen Wiener Beckens zum trockeneren Gebiet des Steinfelds. Die Kleinregion erstreckt sich über eine Fläche von 114 km² und hat 36.053 Einwohnerinnen und Einwohner. Ebreichsdorf ist seit 2009 eine KEM und befindet sich ebenfalls in der zweiten Weiterführungsphase.⁴³⁸

Die Schwerpunkte der KEM Ebreichsdorf beziehen sich auf die Senkung des Energieverbrauchs sowie die Steigerung der Energieeffizienz (mit Fokus auf Gebäude), die Stärkung regionaler erneuerbarer Energien und die Förderung nachhaltiger Mobilitätslösungen. Als Ziele werden eine unabhängige Energieversorgung und die Senkung des Individualverkehrs angestrebt. Des Weiteren wird ausgeführt, dass Energie ein wesentliches Schlüsselthema der Zukunft ist und immer mit räumlichen und raumwirksamen Faktoren in Zusammenhang steht. Die Betrachtung energierelevanter Themen auf der regionalen Ebene ist als innovativ und nachhaltig anzusehen. Damit sollen Lösungen für eine nachhaltige Energiezukunft der Kleinregion entwickelt werden. In einem interkommunalen

⁴³⁶ Vgl. Klima- und Energiefonds 2017c: online

⁴³⁷ Vgl. Klima- und Energiefonds 2017c: online

⁴³⁸ Vgl. Klima- und Energiefonds 2017b: online

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Umsetzungskonzept wurden Ziele und Maßnahmen erarbeitet, mit denen eine nachhaltige Energiezukunft erreicht werden soll. Hierbei sind zehn Gemeinden beteiligt: Blumau-Neurißhof, Ebreichsdorf, Mitterndorf an der Fische, Oberwaltersdorf, Pottendorf, Reisenberg, Seibersdorf, Tattendorf, Teesdorf und Trumau.⁴³⁹

Die Maßnahmen sind in die Bereiche Ausbau erneuerbarer Energien, Steigerung der Energieeffizienz und Mobilität gegliedert. Bisher wurden u. a. bereits folgende Maßnahmen umgesetzt:

- Infoveranstaltungen mit 300 Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu erneuerbarer Energie und Energiesparen.
- Windparkführung und Energie-Exkursion für die Bevölkerung zu Projekten in der KEM.
- Errichtung von PV-Anlagen mit einer Leistung von 178 kWp.
- Bewusstseinsbildende Maßnahmen hinsichtlich der Wirkung von Wärmedämmung und Informationen über den Tausch von nachhaltigen Heizsystemen sowie den Austausch von alten, gegen energieeffiziente Geräte.
- Energiebuchhaltung zur Analyse von mehr als 50 Gemeindegebäuden, um kontinuierlich Energieeffizienzmaßnahmen vorzuschlagen.
- Erarbeitung einer Machbarkeitsstudie für einen regionalen Gemeindebus.⁴⁴⁰

Durch weitere geplante Maßnahmen soll eine nachhaltige Energiezukunft in der Kleinregion gestaltet werden. Um das Ziel des NÖ Energiefahrplans 2030 zu erreichen, soll bis 2020 die Hälfte des Energiebedarfs durch regionale erneuerbare Ressourcen gedeckt werden. Hierfür sollen nachstehende Maßnahmen umgesetzt werden:

- Energietour: Besichtigung von Biogasanlagen, Fern- und Nahwärmeheizwerke, Kleinwasserkraftwerke, einem Windrad mit Aussichtsplattform sowie Musterbeispiele von thermischen und heiztechnischen Gebäudesanierungen.
- Erhebung des Kühlenergiebedarfs für Unternehmen, agrarische Betriebe und öffentliche Institutionen sowie Erstellung einer Potenzialkarte für die solare Klimatisierung.
- Fortführung der Energiebuchhaltung für über 50 Gemeindegebäude.
- Informationsveranstaltungen für Gemeinden und die Bevölkerung zu den Themen energieeffizientes Bauen, thermisches Sanieren, Stromsparen, Photovoltaik und effizientem Heizen.
- Bezüglich Recyclings sollen Reparatur-Workshops angeboten werden, in denen Interessierte ihre Geräte selbst reparieren können.
- Schulprojekte mit Wanderausstellungen zu erneuerbaren Energien und Energieeffizienz, um die Bewusstseinsbildung in der Region zu fördern.
- Maßnahmen für eine nachhaltige Mobilität sind die Einführung von Carsharing-Plattformen, der Ausbau der Radinfrastruktur und eine vermehrte Nutzung des ÖV.⁴⁴¹

4.3.3. e5-Landesprogramm für energieeffiziente Gemeinden

Beim e5-Programm handelt es sich um ein Instrument zur Betreuung und Auszeichnung von Kommunen im Rahmen des Klimaschutzes und der Energieeffizienz. Es unterstützt Städte und Gemeinden in sieben Bundesländern (Vorarlberg, Tirol, Salzburg, Kärnten, Niederösterreich,

⁴³⁹ Vgl. Klima- und Energiefonds 2017b: online

⁴⁴⁰ Vgl. Klima- und Energiefonds 2017b: online

⁴⁴¹ Vgl. Klima- und Energiefonds 2017d: online

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Steiermark und Burgenland), durch Dienstleistungen wie beispielsweise:

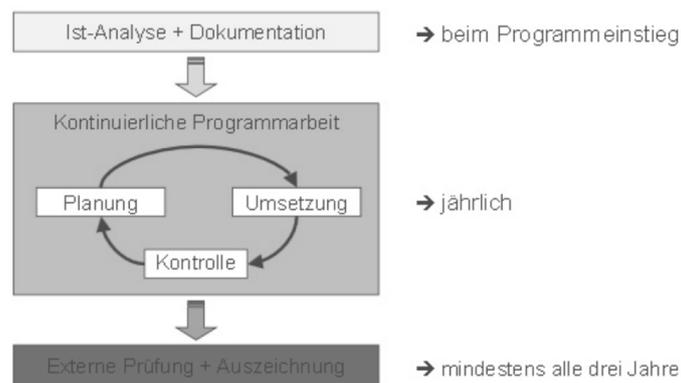
- Strukturierung und Umsetzung von Energieaktivitäten,
- Auszeichnung und Qualitätssicherung der Leistungen,
- sowie Vernetzung und Weiterbildung relevanter Akteurinnen und Akteure.⁴⁴²

In Niederösterreich gibt es aktuell 44 Gemeinden, die am e5-Landesprogramm partizipieren.⁴⁴³ Das Ziel des e5-Programms ist langfristig wirksame Maßnahmen, hinsichtlich einer nachhaltigen Klimaschutzarbeit, zu setzen und diese zu evaluieren. Dieser Prozess ist an Qualitätsmanagementsysteme gebunden, in denen folgende Schwerpunkte bearbeitet werden:

- Aufdecken von Schwachstellen und Identifizierung von Verbesserungspotenzialen → Verbesserungsprozess forcieren
- Aufbau bzw. Stärkung der Strukturen und Abläufen von Energieprojekten (Schaffung der Grundlagen zur erfolgreichen Umsetzung)
- Partizipation der Bevölkerung an energiepolitischen Aktivitäten⁴⁴⁴

Der prinzipielle Ablauf eines e5 Prozesses ist in nachstehender Abbildung schematisch dargestellt.

Abbildung 43: Prozessablauf im e5-Programm⁴⁴⁵



Die e5-Programmarbeit setzt sich aus fünf Schritten zusammen und beginnt nach der Beitrittserklärung bzw. dem offiziellen Beschluss der Gemeindevertretung. (1) Zu Beginn wird ein e5-Team gegründet, welches sich aus Expertinnen und Experten im Bereich Umwelt und Energie, der Verwaltung und Politik sowie der Bevölkerung konstituiert. Dieses Team steuert die Umsetzung des e5-Programms in der Gemeinde. (2) Durch eine Status quo Analyse, wird die energie- und klimapolitische Arbeit der Gemeinde bewertet. Des Weiteren wird eine Analyse der Stärken, Schwächen und Potenziale durchgeführt, was als Grundlage für die weitere Programmarbeit dient. (3) In der Programmarbeit werden energierelevante Maßnahmen durch das e5-Team identifiziert und umgesetzt. Hierbei ist der e5-Maßnahmenkatalog das wesentliche Arbeitsinstrument, welcher die Umsetzungen und Planungen dokumentiert. Darüber hinaus dient er als Checkliste und als Instrument zur Bewertung und Auszeichnung der Gemeinden. Dabei werden sechs energiebezogene Handlungsfelder betrachtet: Entwicklungsplanung und Raumordnung, kommunale Gebäude und Anlagen, Ver- und Entsorgung, Mobilität, interne Organisation sowie Bewusstseinsbildung, Motivation, Kommunikation und

⁴⁴² Vgl. Strasser o.J.: 2f.

⁴⁴³ Vgl. NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH 2018a: online

⁴⁴⁴ Vgl. NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH 2018b: online

⁴⁴⁵ Strasser o.J.: 3

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

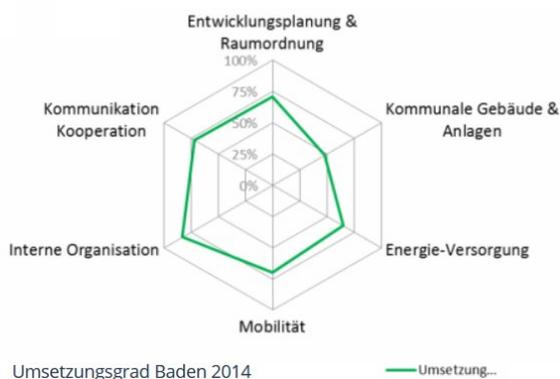
Kooperation. (4) Alle drei Jahre findet eine Auditierung statt, bei der sich die Gemeinde einer Bewertung durch eine unabhängige Kommission unterzieht, um darauffolgend Auszeichnungen für erbrachte Leistungen vergeben zu können. (5) Bei der Auszeichnung werden ein bis fünf „e“ vergeben und somit die Umsetzungsquantität der Vorhaben bewertet. Die Bewertung erfolgt, indem der Umsetzungsgrad der möglichen Energieeffizienzmaßnahmen geprüft wird. Ein weiterer Anreiz für Gemeinden stellt die Teilnahme am Programm des European Energy Award dar. Ab einem Umsetzungsgrad von 50 % der möglichen Maßnahmen können weitere Auszeichnungen verliehen werden.⁴⁴⁶

Mit Baden, Oberwaltersdorf und Leobersdorf partizipieren drei Gemeinden des Bezirks am e5-Landesprogramm. In Abbildung 44 sind die Gemeindeprofile sowie die Umsetzungsgrade der Maßnahmen je Handlungsfeld dargestellt. Darauffolgend werden die energiepolitischen Aktivitäten der Gemeinde Leobersdorf beispielhaft veranschaulicht.

Abbildung 44: Gemeindeprofile und Umsetzungsgrade der e5-Gemeinden im Bezirks Baden⁴⁴⁷

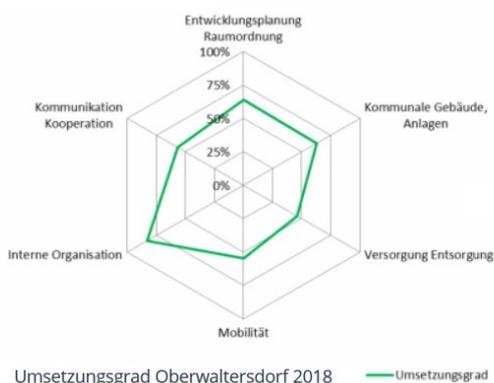
Baden

Größe: 27 km²
EinwohnerInnen: 26.184
Meereshöhe: 220 m
e5-Beitritt: 2011
Letztes Audit: 2014
Auszeichnungen: eeee
Umsetzungsgrad: 68 %



Oberwaltersdorf

Größe: 13,6 km²
EinwohnerInnen: 4.443
Meereshöhe: 214 m
e5-Beitritt: 2015
Letztes Audit: 2018
Auszeichnungen: eee
Umsetzungsgrad: 60 %



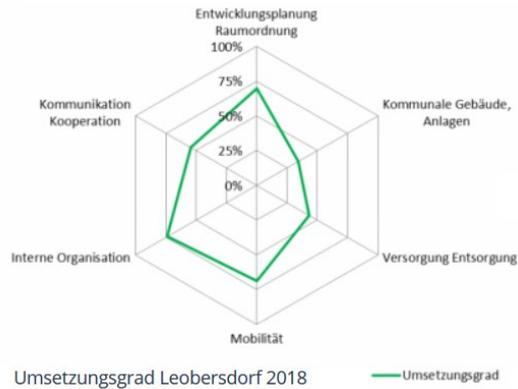
⁴⁴⁶ Vgl. NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH 2018c: online

⁴⁴⁷ NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH 2018d/2018e/2018f: online (adaptiert)

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Leobersdorf

Größe: 12,38 km²
EinwohnerInnen: 4.904
Meereshöhe: 267 m
e5-Beitritt: 2015
Letztes Audit: 2018
Auszeichnungen: eee
Umsetzungsgrad: 57%



Leobersdorf als „Stadt der kurzen Wege“ hat mittlerweile ein flächendeckendes örtliches Radwegenetz und es wurden etliche Straßen rückgebaut bzw. verkehrsberuhigt. Schwerpunkte des e5-Programms sind u. a. die Führung einer Energiebuchhaltung, Bewusstseinsbildung, die Bestellung eines kommunalen e-Fahrzeugs sowie die Aktualisierung des Energieleitbilds. Bezüglich der Nutzung erneuerbarer Energien gibt es zwei Biomasse-Heizkraftwerke sowie eine Photovoltaik-Initiative der Gemeinde, wodurch bisher PV-Anlagen mit einer installierten Leistung von 999 kWp errichtet wurden. Weitere energiepolitische Aktivitäten sind:

- Errichtung eines Nahwärmekraftwerks im Ortszentrum mit einer Leistung von 800 kW und Rauchgaswäsche
- Veranstaltungen und Workshops zum Klimaschutzschwerpunkt „Neue Energie für Leobersdorf“
- Erstellung eines Energieleitbildes und -konzepts mit Beteiligung der Bevölkerung
- Einrichtung einer Radservicestation beim Bahnhof
- Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED im Jahr 2016
- Verkehrsanalyse in Kooperation mit der TU Wien (2016)
- Errichtung von Verkehrsleitsystemen für den nicht-motorisierten Verkehr⁴⁴⁸

4.3.4. Örtliches Raumordnungsprogramm

Die örtliche Raumplanung obliegt der Kompetenz der Gemeinden. Nach Art. 118 Abs. 3 Z 9 B-VG haben Gemeinden die örtliche Raumplanung im Rahmen der Bundes- und Landesgesetze im eigenen Wirkungsbereich zu vollziehen. Somit sind planerische Entscheidungen hinsichtlich der Nutzungs- und Bebauungsmöglichkeiten den Gemeinden übertragen, wobei sie sich „im Zuge ihres Planungsermessens im Rahmen der Bundes-, Landesgesetze und überörtliche (Fach-)Planungen für die räumliche Strukturierung ihres Gemeindegebiets entscheiden können“.⁴⁴⁹ Art. 118 Abs. 3 Z 9 B-VG besagt: „Der Gemeinde sind zur Besorgung im eigenen Wirkungsbereich die behördlichen Aufgaben insbesondere in folgenden Angelegenheiten gewährleistet: (...) 9. örtliche Baupolizei, örtliche Feuerpolizei; örtliche Raumplanung“⁴⁵⁰. Die Zuordnung zum eigenen Wirkungsbereich setzt voraus, dass die Angelegenheiten im ausschließlichen oder überwiegenden Interesse der Gemeinde liegen. In diesem Zusammenhang ist die rechtliche Konsequenz für den eigenen Wirkungsbereich, dass die Gemeinde die Verantwortung für die örtliche Raumordnung bzw. -planung hat, frei von Weisungen durch (Landes-)Behörden ist und es keinen Instanzenzug an Behörden außerhalb der Gemeinden gibt.

⁴⁴⁸ Vgl. NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH 2018f: online

⁴⁴⁹ Vgl. Kanonier 2013a: 1

⁴⁵⁰ Art. 118 Abs. 3 Z 9 B-VG

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Die Gemeindeaufsichtsbehörden der Bundesländer haben allerdings die Kontrollfunktion und Staatsaufsicht (Rechtmäßigkeitsprüfung) inne. Für die räumliche Gemeindeplanung stellen die österreichischen Raumordnungsgesetze mit den Örtlichen Raumordnungsprogrammen, dem Flächenwidmungsplan und dem Bebauungsplan ein dreistufiges Instrumentarium bereit.⁴⁵¹

Für die besonderen Leitziele der örtlichen Raumordnung ist im § 1 Abs. 2 des Niederösterreichischen Raumordnungsgesetzes 2014 (NÖ ROG 2014) festgelegt, dass eine möglichst flächensparende Siedlungsstruktur, unter „Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, sowie Bedachtnahme auf die Erreichbarkeit öffentlicher Verkehrsmittel und den verstärkten Einsatz von Alternativenergien“, angestrebt werden soll.⁴⁵² Ausgehend von den Grundsätzen und Zielen des NÖ ROG 2014 hat laut § 13 Abs. 1 „jede Gemeinde ein örtliches Raumordnungsprogramm aufzustellen und zu verordnen“. Hierbei ist auf raumordnungsrelevante Planungen und Maßnahmen übergeordneter Ebenen (Bund, Land und Region) sowie benachbarter Gemeinden Bedacht zu nehmen. Nach § 13 Abs. 2 NÖ ROG 2014, hat das örtliche Raumordnungsprogramm Planungsziele festzulegen und Maßnahmen zur Erreichung der Ziele zu beschreiben. Dabei muss die „Verordnung des örtlichen Raumordnungsprogrammes (...) jedenfalls ein Entwicklungskonzept sowie einen Flächenwidmungsplan enthalten“. In Abs. 3 wird ausgeführt, dass das Entwicklungskonzept die formulierten Ziele als Plandarstellungen räumlich zu konkretisieren hat, soweit es thematisch möglich ist. Dabei sind die Planungsrichtlinien des § 14 Abs. 2 NÖ ROG 2014 entsprechend anzuwenden.⁴⁵³

Es ist festzustellen, dass auf dieser Rechtsgrundlage ausgezeichnete Steuerungsmöglichkeiten für Gemeinden bestehen. Somit können eigene Planungsziele und Maßnahmen zu einer energiebewussten Raumentwicklung sowie der Nutzung erneuerbarer Energien im eigenen Verwaltungsgebiet definiert werden, um diese in das örtliche Raumordnungsprogramm zu implementieren. Dies sollte in Abstimmung mit den im Umfeld liegenden Gemeinden stattfinden. Hierbei kann mit der Erlassung regionaler oder sektoraler Raumordnungsprogramme durch die Landesregierung rechtliche Verbindlichkeit hergestellt werden.

4.3.5. Flächenwidmungsplan

Der Flächenwidmungsplan, als klassisches hoheitliches Instrument der örtlichen Raumordnung, hat das gesamte Gemeindegebiet nach räumlich-funktionalen Erfordernissen zu gliedern sowie verbindliche Nutzungs- bzw. Widmungsarten festzulegen. Die zentrale Aufgabe eines Flächenwidmungsplans ist eine geordnete Siedlungsentwicklung und eine Gliederung des gesamten Gemeindegebiets in unterschiedliche Zonen, welche verschiedenen Nutzungen dienen. Diese Flächennutzungsverteilung „wird als Verordnung erlassen und bildet den verbindlichen Rahmen für individuelle Bauvorhaben“, wobei der Gemeinderat für die Erlassung und Änderung des Flächenwidmungsplans zuständig ist. Dabei sind im Allgemeinen die Widmungskategorien Bauland, Verkehrsflächen und Grünland vorgesehen, welche durch die Gemeinden festzulegen sind. Im Zuge baubehördlicher Verfahren hat der Bürgermeister zu prüfen, ob Bauvorhaben mit den Festlegungen des Flächenwidmungsplans übereinstimmen und diesen entsprechend anzuwenden. Die Katastermappe stellt die Plangrundlage dar, wobei der Flächenwidmungsplan üblicherweise im Maßstab 1:5.000 erstellt wird. Die einzuhaltenden Formerfordernisse und Darstellungsvorschriften

⁴⁵¹ Vgl. Kanonier 2013a: 1f.

⁴⁵² Vgl. § 1 Abs. 2 3b NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴⁵³ Vgl. § 13 Abs. 1-3 NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

sind in der NÖ Planzeichenverordnung geregelt.⁴⁵⁴

§ 14 Abs. 1 NÖ ROG 2014 legt fest: „Der Flächenwidmungsplan hat das Gemeindegebiet entsprechend den angestrebten Zielen zu gliedern und die Widmungsarten für alle Flächen festzulegen oder nach Maßgabe des § 15 Abs. 2 kenntlich zu machen“⁴⁵⁵. In Abs. 2 werden die Planungsrichtlinien bestimmt, auf die, unter Berücksichtigung überörtlicher Planungen, Bedacht zu nehmen ist. Dabei besagt § 14 Abs. 2 15 des NÖ ROG 2014, dass bei „der Festlegung von Widmungsarten (...) ihre Raumverträglichkeit sichergestellt werden können“ muss.⁴⁵⁶ Im NÖ ROG 2014 wird im § 22 Vorbehaltsflächen Abs. 1 erwähnt: „Im Flächenwidmungsplan können für (...) Einrichtungen (...) der Energieversorgung (...) sowie für (...) die Energieversorgung Niederösterreichs zuständigen Unternehmungen bestimmte Flächen als Vorbehaltsflächen ausgewiesen werden“⁴⁵⁷.

Der Flächenwidmungsplan als behördliche Maßnahme ist für die örtliche Raumplanung das rechtlich wichtigste Instrument. Dabei hat der Flächenwidmungsplan Widmungsarten festzulegen, überörtliche Planungen und Nutzungsbeschränkungen kenntlich zu machen sowie Nutzungsmöglichkeiten auszuweisen. Somit erzielt der Flächenwidmungsplan als restriktives Instrument eine hohe Steuerwirksamkeit.⁴⁵⁸ Es ist festzuhalten, dass der Flächenwidmungsplan ein starkes formelles Steuerungsinstrument zur räumlich-funktionalen Gliederung der Flächennutzung auf der örtlichen Ebene darstellt. Dies betrifft auch die räumliche Festlegung von Flächen zur Nutzung erneuerbarer Energieträger. Hierbei ist insbesondere auf die Verträglichkeit zu benachbarten Widmungsarten sowie ökologischer und naturräumlicher Funktionen Bedacht zu nehmen, um Konflikte zu vermeiden, bzw. möglichst gering zu halten.

4.3.6. Bebauungsplan

Der Bebauungsplan ist dem Flächenwidmungsplan nachgeordnet und beschreibt Vorschriften für die Bebauung und Verkehrserschließung. Die Festlegungen beziehen sich in erster Linie auf Bereiche, welche als Bauland gewidmet sind. Der Bebauungsplan darf dem örtlichen Raumordnungsprogramm und dem Flächenwidmungsplan nicht widersprechen und ist bindend für Entscheidungen im Bauverfahren. Eine Baubewilligung kann somit nur auf Grundlage der anwendbaren Flächenwidmungs- und Bebauungspläne erfolgen. Dabei können Bebauungspläne für das gesamte Verwaltungsgebiet einer Gemeinde oder für Teilbereiche erlassen werden, womit Bestimmungen für städtebauliche Ordnung und die baulichen Gestaltungskriterien vorgegeben werden. Diese Festlegungen betreffen insbesondere Baufluchtlinien, Bebauungsweisen, maximale Gebäudehöhen, Bebauungsdichten und Straßenfluchtlinien.⁴⁵⁹ In Niederösterreich sind die Bestimmungen für den Bebauungsplan in der NÖ Bauordnung verankert.⁴⁶⁰

In der NÖ Bauordnung 2014 (NÖ BO 2014) wurden keine Bestimmungen bezüglich des Einsatzes erneuerbarer Energieträger auf Objektebene getroffen. In den *Begriffsbestimmungen* des § 4 der NÖ Bauordnung wird lediglich angeführt, dass es sich bei Niedrigstenergiegebäuden um „Gebäude im

⁴⁵⁴ Vgl. Kanonier 2013a: 2, 4

⁴⁵⁵ § 14 Abs. 1 NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴⁵⁶ Vgl. § 14 Abs. 2 NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴⁵⁷ § 22 Abs. 1 NÖ ROG 2014 idF. LGBl. Nr. 65/2017

⁴⁵⁸ Vgl. Kanonier 2013a: 2

⁴⁵⁹ Vgl. Huber 2016: 493f.

⁴⁶⁰ Vgl. Kanonier 2011: 3

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

*Sinne der ÖNORM B 8110-1“ handelt, welche eine „sehr hohe Gesamtenergieeffizienz“ aufweisen. Bei diesen Gebäuden wird der „fast bei Null liegende oder sehr geringe Energiebedarf (...) zu einem ganz wesentlichen Teil aus erneuerbaren Quellen gedeckt“.*⁴⁶¹

In einigen anderen Bundesländern gibt es Bestimmungen über erneuerbare Energien im Bebauungsplan. Im Burgenland, in Oberösterreich und in Vorarlberg wird festgelegt, dass eine optimale Nutzung, auch hinsichtlich erneuerbarer Energieformen angestrebt werden soll. Des Weiteren wird in Salzburg die Möglichkeit geboten, in der Aufbaustufe des Bebauungsplans, die Art der Energieversorgung zu bestimmen, womit der Einsatz erneuerbarer Energieträger auf Gebäudeebene gefördert werden könnte.⁴⁶² *Die Ausrichtung und Gestaltung der Baukörper kann etwa entscheiden, ob die dezentrale Nutzung von solarer Energie möglich ist oder durch Verschattungseffekte erschwert wird. Die städtische Dichte ist ein Faktor für die Beurteilung, ob eine leitungsgebundene Energieversorgung wirtschaftlich betrieben werden kann.*⁴⁶³

4.4. Good-practice und weitere informelle Instrumente

Die (regionale) Energierichtplanung in der Schweiz ist ein Vorzeigebispiel, wie energierelevante Maßnahmen in Raumpläne integriert werden können und bietet zugleich die Möglichkeit rechtliche Verbindlichkeit herzustellen. Darüber hinaus existiert ein umfangreiches Set an informellen Steuerungsinstrumenten, womit raumrelevante Maßnahmen zur Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Energien und zur energiebewussten Entwicklung gefördert werden können.

4.4.1. Energierichtplanung (Schweiz)

Die Verbindung zwischen Energie und Raumplanung findet in der Schweiz traditionellerweise unter dem Begriff Energieplanung bzw. Energierichtplanung statt (je nach Kanton unterschiedliche Terminologie aber gleiche Rechtswirksamkeit). Die Zuständigkeit für die Durchführung der Energie(richt)planung liegt in erster Linie bei den Kantonen. Diese können innerhalb ihres Verwaltungsgebiets eigene Energiegesetze und -verordnungen erlassen. Die Richtpläne beinhalten energieplanerische Bestimmungen und werden in der Schweiz seit 1998 auf kantonaler, regionaler und kommunaler Ebene aufgestellt. Dieses Instrument ist vergleichbar mit dem räumlichen Entwicklungskonzept in Österreich, während der Fokus auf Energie und Raum liegt.⁴⁶⁴

Am Beispiel des Kantons Bern werden folgende Grundlagen für die Energierichtplanung beschrieben:

- Kantonaler Richtplan: Abstimmung der Ortsplanung und Energieversorgung, u. a. auch mit der kommunalen Richtplanung.
- Energiestrategie: Bereichsziel Energie und Raumplanung - rund 60 Gemeinden mit Energierichtplänen.
- Kantonales Energiegesetz (KEnG): Verpflichtung von 34 Gemeinden Energierichtplanung zu betreiben (Frist: 2022), wobei die Kosten zu 50 % durch den Kanton getragen werden.⁴⁶⁵

Grundsätzlich basiert die kantonale Energierichtplanung auf dem kantonalen Energiegesetz. Dieses

⁴⁶¹ Vgl. § 4 15 NÖ BO 2014 idF. LGBl. Nr. 53/2018

⁴⁶² Vgl. Weninger 2016: 155f.

⁴⁶³ Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung 2016: 16

⁴⁶⁴ Vgl. Kloss/Cervey 2015: 1

⁴⁶⁵ Vgl. Nyffenegger 2016: 8

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

besagt, dass die Kantone Energierichtplanung betreiben sollen, was jedoch nicht rechtlich verpflichtend ist. Aufgrund dieser Tatsache besitzen lediglich 10 Kantone ein eigenes Energiegesetz.⁴⁶⁶ Beispielsweise ist das Ziel des Berner Kantonalen Energiegesetzes, nach Art. 2 Abs. 3, „den gesamtkantonalen Wärmebedarf in Gebäuden bis 2035 um mindestens 20 Prozent zu senken, den gesamtkantonalen Wärm- und Strombedarf möglichst mit CO₂-neutralen, erneuerbaren Energien zu decken“.⁴⁶⁷

Den Inhalt eines kantonalen Energierichtplans stellt eine Potenzialkarte dar, welche Quellen und Gebiete ausweist, in denen erneuerbare Energieträger oder Abwärme mit einem potenziellen Energieertrag von über 10.000 MWh/a vorhanden sind. Auf Basis dieser Potenzialkarte besitzen die Kantone das Recht, Kommunen im eigenen Verwaltungsbereich zur Energierichtplanung zu verpflichten, wenn beispielsweise hohe Potenziale an erneuerbaren Energien gegeben sind.⁴⁶⁸

Auf kommunaler Ebene können somit Gebiete für die Nutzung bestimmter erneuerbarer Energieträger festgelegt werden, welche aufgrund der räumlichen Ubiquität sowie für die Versorgung gegebener Siedlungs- und Baustrukturen besonders geeignet sind. Hierbei können konkurrierende Energieträger ausgeschlossen werden, wie beispielsweise eine Solarthermienutzung in Gebieten mit vorhandenem Fernwärmenetz, um die Energienachfrage mit dem Energieangebot räumlich zu koordinieren.⁴⁶⁹ Die vorrangigen Ziele der Energierichtplanung sind:

- Raumrelevante Voraussetzungen für die Nutzung erneuerbarer Energieträger oder von Fernwärme zu schaffen,
- die Abstimmung vom Angebot vorhandener Energieträger mit der räumlichen Entwicklung und Energienutzung,
- das Vermeiden von Überschneidungen bei der räumlichen Nutzung von Energieträgern, insbesondere hinsichtlich der leitungsgebundenen Versorgung
- und die Ermöglichung einer effizienten Nutzung der Infrastruktur, um Fehlinvestitionen zu verhindern.⁴⁷⁰

Auf Basis einer räumlichen Bestandsaufnahme bzw. -analyse und übergeordneter Pläne, werden die Ziele auf kommunaler Ebene definiert. Dabei beziehen sich die Analysen vorrangig auf vorhandene Wärmepotenziale und den künftigen Wärmebedarf. Ausgehend von den formulierten Zielen, werden in weiterer Folge Maßnahmen festgelegt und in einem Plan verortet. Dies kann beispielsweise die Ausweisung von Prioritätsgebieten für die Nutzung erneuerbarer Energien oder von Abwärme eines Betriebs betreffen. Die Gemeinden erhalten für die Umsetzung der Energierichtplanung Unterstützung vom zuständigen Kanton. Dieser stellt Leistungen in Form von Fachberatungen sowie Leitfäden zur Verfügung und fungiert als Genehmigungsinstanz bei der Prüfung der Energierichtpläne.⁴⁷¹

Abbildung 45 zeigt die Voraussetzungen und das prinzipielle Schema für die Erstellung eines kommunalen Energierichtplans am Beispiel von Bern. Die wesentlichen Bestandteile zur Entwicklung des Energierichtplans sind die Kartengrundlage, Erkenntnisse aus der Datenanalyse, das räumliche

⁴⁶⁶ Vgl. Kloss/Cerveny 2015: 1

⁴⁶⁷ Vgl. Nyffenegger 2016: 7

⁴⁶⁸ Vgl. Kloss/Cerveny 2015: 1

⁴⁶⁹ Vgl. Kloss/Cerveny 2015: 1

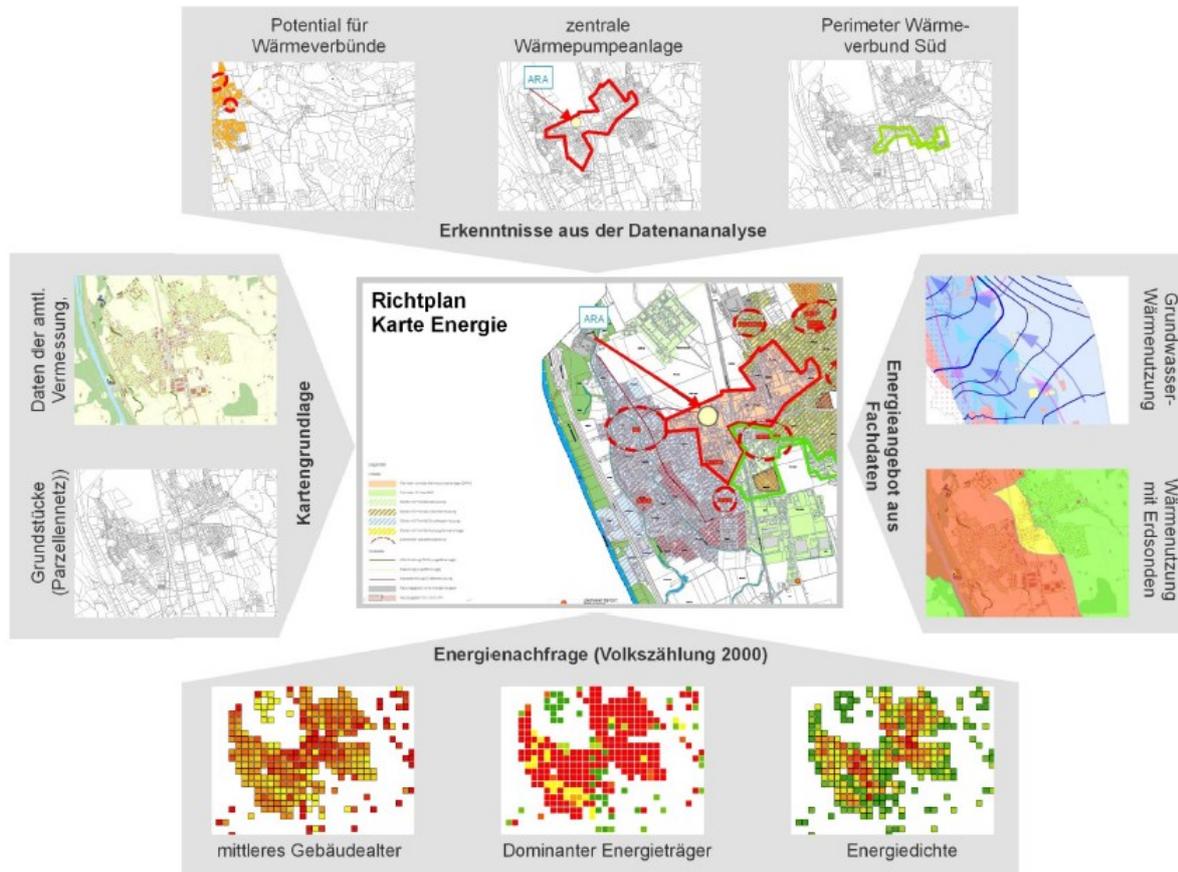
⁴⁷⁰ Vgl. Nyffenegger 2016: 13

⁴⁷¹ Vgl. Kloss/Cerveny 2015: 1f.

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Energieangebot und die Energienachfrage.

Abbildung 45: Grundlagen und prinzipielles Schema für die Erstellung eines kommunalen Energierichtplans⁴⁷²



Die Inhalte dieses kommunalen Energierichtplans betreffen beispielsweise Versorgungsgebiete für Fernwärme oder die Nutzung von Abwärme, die Zuordnung von Energieträgern zu geeigneten Versorgungsgebieten, energetische Sanierungsmaßnahmen und Zielgebiete für neue Nutzungszonen. Der Prozessablauf bis zur Genehmigung des Berner Energierichtplans stellte sich wie folgt dar: (1) Verfahren nach Baugesetz analog zur Nutzungsplanung; (2) Vorgaben durch das Energiegesetz des Kantons; (3) Entwurf der Gemeinde für die Vorprüfung beim Kanton; (4) Beschluss im Gemeindeparlament oder der Versammlung; (5) Genehmigung durch den Kanton.⁴⁷³

Die rechtliche Grundlage für die Energierichtplanung ist in den Kantonalen Energiegesetzen verankert, welche die kantonale und kommunale Energieplanung regeln. Diese basieren auf dem Bundes-Energiegesetz und stellen neben den Bau- und Planungsgesetzen eine weitere Rechtsgrundlage dar. Im Allgemeinen streben diese Kantonalen Energiegesetze eine Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien und eine Steigerung der Energieeffizienz an. Nach dem Bundes-Energiegesetz „kann der Staat oder die Gemeinde Grundeigentümerinnen verpflichten, ihre Gebäude innerhalb angemessener Frist an ein Leitungsnetz anzuschließen und das Durchleitungsrecht zu gewähren, wenn eine (überwiegend) öffentliche Fernwärmeversorgung lokale Abwärme oder erneuerbare Energien nutzt und die Wärme zu technisch und wirtschaftlich gleichwertigen Bedingungen anbietet“. Dabei muss die technische und ökonomische Gleichwertigkeit von den Kommunen nachgewiesen werden. Das Planungs- und

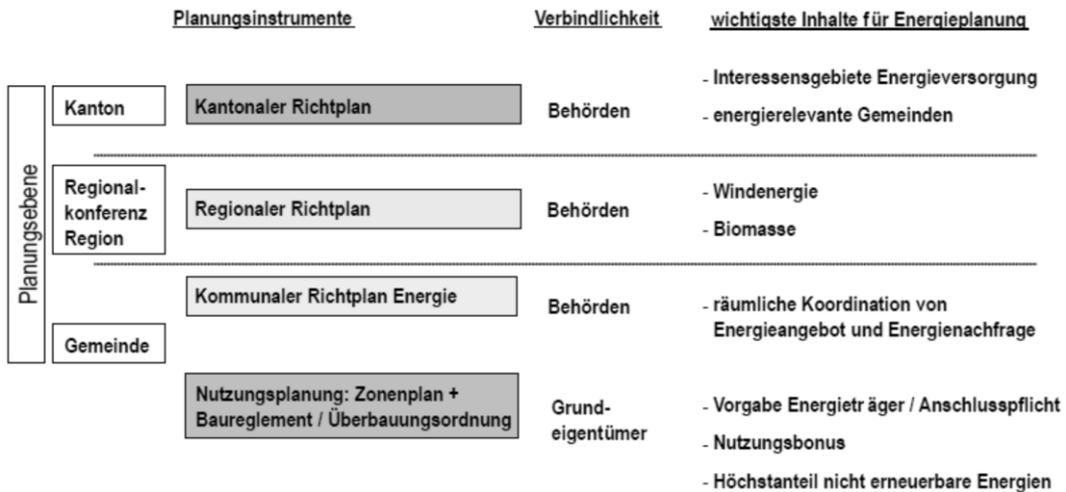
⁴⁷² Nyffenegger 2016: 14

⁴⁷³ Vgl. Nyffenegger 2016: 15, 18

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Baugesetz regelt das Recht zur Erteilung einer Anschlussverpflichtung. Energie(richt)pläne sind jedenfalls behördenverbindlich und stellen die Grundlage für die Anschlussverpflichtung im kommunalen Zonenplan (Flächenwidmungsplan) sowie im Sondernutzungsplan (Bebauungsplan) dar. Von dieser Verpflichtung zum Anschluss an das Fernwärmenetz sind Gebäude ausgeschlossen, welche den Wärmebedarf bereits mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien decken und weniger als 25 % fossile Energieträger nutzen.⁴⁷⁴ Folgende Abbildung zeigt die Einbettung des kommunalen Energierichtplans ins übergeordnete Planungsinstrumentarium.

Abbildung 46: Einbettung eines kommunalen Energierichtplans ins Planungsinstrumentarium⁴⁷⁵



Im regionalen Energierichtplan der Agglomeration Frauenfeld im Kanton Thurgau, wird hinsichtlich des rechtlichen Stellenwerts des regionalen Energierichtplans ausgeführt, dass die „Umsetzung des behördenverbindlichen Energierichtplans (...) mit unterschiedlichen Instrumenten, die teilweise grundeigentümerverbindlich sind“ erfolgt. Hierzu zählen Anpassungen in der Bau- und Zonenordnung bzw. im Baureglement, Bestimmungen in Sondernutzungsplanungen, wie beispielsweise der Gestaltungsplanung, sowie Anschlussverpflichtungen an Wärmenetze, unter der Verwendung erneuerbarer Energieträger. Dabei können private Haushalte „im Übrigen ermutigt, jedoch nicht verpflichtet werden, die räumlichen Festlegungen des Energierichtplans zu erfüllen“.⁴⁷⁶

Es ist festzustellen, dass die Energierichtplanung behördenverbindlich ist und noch keine rechtlichen Vorschriften für Grundeigentümerinnen und -eigentümer mit sich bringt. Dahingegen ist die kommunale Nutzungsplanung (Flächenwidmungsplanung und Bebauungsplanung), in welcher Vorgaben der Energierichtplanung umgesetzt werden, grundeigentümerverbindlich. Möglichkeiten der Nutzungsplanung sind beispielsweise Vorschriften zur Nutzung eines erneuerbaren Energieträgers oder Bestimmungen zu einer Anschlusspflicht an ein Wärme- oder Kälteverteilnetz. Weiters besteht die Möglichkeit, finanzielle Anreize zu schaffen sowie Förderbeiträge zur Umstellung des Heizungssystems oder für Gebäudesanierungen zu vergeben.⁴⁷⁷

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass dieses Instrument folgende wesentliche Vorteile bietet, wie:

⁴⁷⁴ Vgl. Kloss/Cerveny 2015: 2

⁴⁷⁵ Nyffenegger 2016: 10

⁴⁷⁶ Vgl. Dettli et al. 2013: 9

⁴⁷⁷ Vgl. Nyffenegger 2016: 19ff.

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

- Die räumliche Koordinierung von Energienachfrage mit dem vorhandenen Energieangebot
- Behördenverbindlichkeit ermöglicht eine bessere Orientierung für die öffentliche Hand
- Die Möglichkeit der Anschlussverpflichtung an Wärmenetze, unter der Nutzung von Abwärme oder erneuerbarer Energieträger, was den Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energien beschleunigt
- Schafft Entscheidungssicherheit für Investorinnen und Investoren, sowie für die Netzbetreiber
- Reduziert volkswirtschaftliche Kosten, aufgrund der Vermeidung unkoordinierter Infrastrukturausgaben und der Gewährleistung einer für einen effizienten Betrieb erforderlichen Anschlussdichte⁴⁷⁸

Als top down Instrument legt die Energierichtplanung klare Ziele und Vorgaben fest. Es ist jedenfalls als positiv anzusehen, dass die Verbindlichkeiten und Zuständigkeit klar geregelt sind. Des Weiteren basieren Energierichtpläne auf standardisierten Prozessen und werden auf Grundlage einheitlicher Datenmodelle entwickelt.⁴⁷⁹ Die Anschlussverpflichtung an Wärmenetze ist jedoch umstritten und daher kritisch zu hinterfragen. Argumente dagegen sind Wettbewerbsverzerrung, die hoheitliche Durchsetzung einer ökonomischen Maßnahme und der Eingriff in Eigentumsrechte.⁴⁸⁰

Im Zuge des Umsetzungsprozesses eines Energierichtplans sind folgende Akteurinnen und Akteure zu beteiligen:

- Öffentliche Hand bzw. Gemeinde als Auftraggeberin (evtl. Kunde/Investor)
- Ingenieurunternehmen bzw. Planungsbüro
- Energieversorgungsunternehmen als Betreiber (evtl. Investoren)
- Bauherren als Kundinnen und Kunden
- Investorinnen und Investoren (evtl. Betreiber)
- Konkurrenz: Öl- und Gasunternehmen sowie Stromnetzbetreiber
- Bürgerinnen und Bürger
- Kanton als Datenbereitsteller und Genehmigungsbehörde
- Industrielle und landwirtschaftliche Betriebe für die Bereitstellung von Abwärme und Biomasse⁴⁸¹

4.4.2. Weitere Steuerungsinstrumente

„Die Bewältigung komplexer Probleme kann durch neue Formen der Partizipation und Kommunikation zwischen allen beteiligten AkteurlInnen gelöst werden. Somit entstehen neue Impulse bei der Ideenfindung und die Lücken des formellen Instrumentariums können mit Hilfe von informellen Instrumenten geschlossen werden.“⁴⁸²

Im Folgenden werden weitere informelle Instrumente der Energieraumplanung vorgestellt und nach ihrer Wirkungsweise eingeteilt (kommunikativ/ bewusstseinsbildend, finanzierend/marktaktivierend, standortentwickelnd, Prozesse-steuernd). Die Einordnung wurde dem Projekt *Energie im urbanen Raum (ENUR)* entnommen (siehe Kapitel 4, Abbildung 41).

⁴⁷⁸ Vgl. Kloss/Cervený 2015: 5

⁴⁷⁹ Vgl. Nyffenegger 2016: 22

⁴⁸⁰ Vgl. Kloss/Cervený 2015: 5

⁴⁸¹ Vgl. Nyffenegger 2016: 23

⁴⁸² Miraszewski/Youssef 2015: 15

Kommunikative und bewusstseinsbildende Instrumente

- **Kommunale und Regionale Energiekonzepte**

Bei Energiekonzepten handelt es sich um Strategien zur mittel- bis langfristigen Energieplanung einer Gemeinde oder Region. Es beinhaltet den aktuellen Stand der Energieversorgung und dient als bewusstseinsbildendes Instrument bezüglich Energieeinsparung und der Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Energien.⁴⁸³ Beispielsweise sollen im Regionalen Energiekonzept der LEADER-Region Römerland Carnuntum, welche 27 Gemeinden umfasst, „gangbare Wege zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien am Energieverbrauch der Region aufgezeigt werden“⁴⁸⁴. Des Weiteren sollen energierelevante Aktivitäten von lokalen sowie regionalen Akteurinnen und Akteuren gefördert werden, während u. a. folgende zentrale Ziele verfolgt werden:

- Aufbau einer eigenständigen Energieversorgung aus regionalen Ressourcen,
- Beitrag zum Klimaschutz sowie Verringerung von Treibhausgasen,
- Verkürzung bzw. Vermeidung von Transportwegen
- und die nachhaltige Nutzung regionaler Ressourcen.⁴⁸⁵

Das regionale Energiekonzept beschreibt einen Zeithorizont von zehn Jahren und ist auf zwei Säulen aufgebaut. Einerseits werden Erfolgchancen von Maßnahmen zur Energieeffizienzsteigerung sowie -einsparung definiert. Andererseits stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten eines koordinierten Einsatzes von Energieversorgungsanlagen und -systemen, um einen erfolgreichen Mix an erneuerbaren Energieträgern zu erzielen. Hierbei wird eine Energieregion angestrebt, die sich zu hundert Prozent aus erneuerbaren Ressourcen versorgen kann.⁴⁸⁶ Energiekonzepte können ebenfalls als Fachpläne im Rahmen der räumlichen Entwicklungsplanung und der Stadterneuerung umgesetzt werden.⁴⁸⁷

- **Energieleitbilder**

„Ein Leitbild in der räumlichen Entwicklung ist eine anschauliche, übergeordnete Zielvorstellung von einem Raum, die von einer Mehrheit der angesprochenen Menschen und Institutionen mitgetragen werden soll, das raumbedeutsame Handeln Einzelner leiten und so die räumliche Entwicklung lenken soll.“⁴⁸⁸ Im Allgemeinen beschreiben Energieleitbilder nachhaltige Raumentwicklungsstrategien, mit dem Ziel, eine zukunftsfähige kommunale Energiepolitik zu gestalten. Damit soll eine langfristige Sicherung der Lebensqualität angestrebt werden.⁴⁸⁹ Beispielsweise soll das „Energieleitbild Orth an der Donau“ für den Gemeinderat und die Bevölkerung ein Instrument sein, um zukünftig energiepolitisch richtige Entscheidungen zu treffen. Es zeigt auf, wie Rahmenbedingungen auf Stufe der Gemeinde zu setzen sind, damit eine nachhaltig gesicherte Energienutzung möglich wird“⁴⁹⁰. Die Gemeinde soll hierbei private Haushalte sowie Gewerbeeinrichtungen in energiespezifischen Fragen beraten und unterstützen, wobei die Einbindung der Bürgerinnen und Bürger bei der Erreichung der Ziele bzw. Umsetzung der Maßnahmen des Energieleitbilds von essenzieller Bedeutung ist. Hierfür werden bei der gemeindeeigenen Öffentlichkeitsarbeit ein offener Informationsaustausch und eine

⁴⁸³ Vgl. Miraszewski/Youssef 2015: 9

⁴⁸⁴ Gstrein/Hanneschläger/Jüly 2011: 13f.

⁴⁸⁵ Vgl. Gstrein/Hanneschläger/Jüly 2011: 14f.

⁴⁸⁶ Vgl. Gstrein/Hanneschläger/Jüly 2011: 14

⁴⁸⁷ Vgl. Lutter 2005: 207

⁴⁸⁸ Dehne 2005: 608

⁴⁸⁹ Vgl. Marktgemeinde Grödig 2016: online

⁴⁹⁰ Marktgemeinde Orth an der Donau 2007: 2

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

engagierte Bewusstseinsbildung gepflegt.⁴⁹¹ Die Gemeinde Orth an der Donau hat sich in einem Zeitraum von zehn Jahren folgende übergeordnete Ziele gesetzt:

- „Die derzeit bestehenden und sich noch entwickelnden Möglichkeiten zur Versorgung mit erneuerbarer Energie im Verantwortungsbereich der Gemeinde bestmöglich zu nützen;
- Die Bevölkerung durch Öffentlichkeitsarbeit, Information und Vorbildwirkung dahingehend zu motivieren, im privaten Bereich auf effizienten Energieeinsatz zu achten;
- Den Energieeinsatz in Orth an der Donau messbar zu senken und damit zum Klimaschutz beizutragen⁴⁹².

- **Beteiligungsverfahren und Informationsveranstaltungen**

Eine Grundlage für diskursive und kommunikative Steuerungsformen stellt die Beratung und Information aller Beteiligten im Planungsprozess dar, während geeignete Mediations- und Moderationsverfahren im Zuge von Planungswerkstätten oder Regionalkonferenzen die Entwicklung räumlicher Energiekonzepte und -leitbilder fördern können.⁴⁹³ „Die Beteiligung unterschiedlicher gesellschaftlicher AkteurInnen (...) - BürgerInnen, InteressenvertreterInnen, UnternehmerInnen, PolitikerInnen, VertreterInnen der Verwaltung - an einer Planung bedeutet eine Vervielfachung der Ideen und des Wissens. (...) Öffentlichkeitsbeteiligung bei der Entscheidungsfindung kann sowohl die Qualität von Projekten oder Beschlüssen als auch ihre Akzeptanz erhöhen.“⁴⁹⁴

Vor politischen Entscheidungen ist eine umfassende Information der Öffentlichkeit anzustreben, wobei weitere Möglichkeiten der Partizipation angeboten werden sollen. Damit kann es der interessierten Bevölkerung ermöglicht werden, sich aktiv in energierelevante Projekte einzubringen und diese mitzugestalten. In diesem Zusammenhang können Versammlungen und Umweltstammtische, im Zuge des Windkraftprojekts in Oberzeiring, oder die Erstellung des Energiekonzepts Güssing, in einem partizipativen Planungsverfahren, genannt werden.⁴⁹⁵ Weitere bewusstseinsbildende Informations- sowie Beratungskampagnen mit Energiebezug können dazu beitragen den Anteil regenerativer Energieträger erhöhen und sind auch bei interkommunalen Planungsvorhaben zu organisieren. Dies kann zum Beispiel in Form von Regionalforen erfolgen.⁴⁹⁶ Im Bezirk Baden konnten die Klima- und Energiemodellregionen bereits einen ersten Beitrag leisten, dass energierelevante Themen verstärkt im Bewusstsein der Bevölkerung verankert sind.⁴⁹⁷

Finanzierende und marktaktivierende Instrumente

- **Förderungen**

Im finanzierenden Bereich können im Zuge von Förderungen oder einer Marktteilnahme, Anreize geschaffen werden, um die Ziele der Energieraumplanung zu erreichen.⁴⁹⁸ Förderungen mit Energiebezug (z. B. für Wohnbau, Sanierungen und erneuerbare Energieproduktion), werden auf Bundesebene als auch auf Landesebene angeboten. Von der Österreichischen Energieagentur wird eine Förderdatenbank bereitgestellt, die eine Übersicht über aktuelle Förderangebote mit

⁴⁹¹ Vgl. Marktgemeinde Orth an der Donau 2007: 2f.

⁴⁹² Marktgemeinde Orth an der Donau 2007: 3

⁴⁹³ Vgl. Miraszewski/Youssef 2015: 9

⁴⁹⁴ Arbter et al. 2005: 5

⁴⁹⁵ Vgl. Arbter et al. 2005: 6f.

⁴⁹⁶ Vgl. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung 2016: 20

⁴⁹⁷ Vgl. Interview 3

⁴⁹⁸ Vgl. Miraszewski/Youssef 2015: 9

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Energiebezug in Österreich gibt. Diese Datenbank ist online unter <https://www.energyagency.at/fakten-service/foerderungen.html> abrufbar.⁴⁹⁹ Förderungen können eine treibende Kraft beim Ausbau erneuerbarer Energien zur Erreichung der klima- und energiepolitischen Ziele darstellen. Hierbei ist die öffentliche Hand in Form des Bundes und des Landes gefordert, entsprechende finanzielle Anreize zu schaffen, damit insbesondere für private Haushalte die Leistbarkeit gegeben ist und die Amortisationszeit erneuerbarer Energieanlagen möglichst gering gehalten werden kann.⁵⁰⁰

Ein weiteres Beispiel für energierelevante Fördermittel stellt das Energiespargemeinden-Programm des Landes Oberösterreich dar, welches die Vorbereitung, Entwicklung und Durchführung von lokalen Energiekonzepten sowie -strategien zur Erhöhung der Energieeffizienz begünstigt. Hierdurch können anfallende Personal- und Sachkosten abgedeckt werden.⁵⁰¹

- **Bodenfonds, Regionalfonds und PPP-Verträge**

Finanzmittel zur Förderung einer energiebewussten Raumentwicklung können ebenfalls über Regional- oder Bodenfonds (bei entsprechender Mittelzuweisung), Stiftungen und im Zuge von Public-private-Partnerships lukriert werden.⁵⁰² Das Public-private-Partnership Modell basiert auf der Kooperation zwischen dem Privatsektor und der öffentlichen Hand. Es kann zum Beispiel beim Bau und Betrieb von Infrastruktureinrichtungen sowie weiteren umweltrelevanten Planungen zum Einsatz kommen. Abgesehen von der Finanzkraft sollen auch die fachliche Kompetenz und das Leistungsstreben der Privatwirtschaft nutzbar gemacht werden, um öffentliche Aufgaben bei der Umsetzung zu unterstützen. Dabei ist die Effizienzsteigerung hinsichtlich des Ressourceneinsatzes von großem gesamtwirtschaftlichen Interesse, wobei PPP-Modelle durch die verstärkte Einbindung der Privatwirtschaft die Möglichkeit bieten, den Nutzen für die Öffentlichkeit zu erhöhen sowie Kosten zu senken.⁵⁰³ Darüber hinaus kann beim Verkauf kommunaler Liegenschaften an private Investoren, über städtebauliche Verträge oder in entsprechenden Kaufverträgen, eine Verpflichtung zur Nutzung erneuerbarer Energien vorgeschrieben werden.⁵⁰⁴

- **Nutzungsverträge**

„Vertragsraumordnung wird (...) in den meisten Ländern als wichtige Ergänzung zu den hoheitlichen Planungsmaßnahmen eingesetzt, wobei das Anwendungspotential beträchtlich ist.“⁵⁰⁵ Neben baurechtlichen Festlegungen können auch Nutzungsverträge dazu beitragen den Einsatz erneuerbarer Energieträger zu steigern. Dies kann beispielsweise in Form von Vorgaben zur verpflichtenden Nutzung eines gewissen Anteils erneuerbarer Ressourcen, für die Bereitstellung des Wärmebedarfs erfolgen.⁵⁰⁶ Durch Raumordnungsverträge können für Liegenschaftseigentümer unterschiedliche Verpflichtungen entstehen, welche insbesondere hinsichtlich der Festlegung einer Frist zur widmungskonformen Bebauung (Verwendungsverträge) zur Anwendung kommen.⁵⁰⁷ Bei räumlichen Festlegungen zur Nutzung erneuerbarer Energieträger besitzt dieses Instrument ein hohes Ausbaupotenzial und kann Verbindlichkeit herstellen. Die Vertragsraumordnung soll in Zukunft verstärkt im Zusammenhang mit

⁴⁹⁹ Vgl. Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency 2014: 49

⁵⁰⁰ Vgl. Interview 1

⁵⁰¹ Vgl. Miraszewski/Youssef 2015: 9f.

⁵⁰² Vgl. Miraszewski/Youssef 2015: 9

⁵⁰³ Vgl. Puwein/Weingärtler: 1

⁵⁰⁴ Vgl. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung 2016: 20

⁵⁰⁵ Kanonier 2013b: 4

⁵⁰⁶ Vgl. Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung 2016: 20

⁵⁰⁷ Vgl. Kanonier 2013b: 4

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Energieressourcen und Energieverbrauch eingesetzt werden, wobei dieses Instrument im Bereich der Energieraumplanung weiterzuentwickeln ist. Weiters ist die Festlegung bundesweiter Standards zu empfehlen.⁵⁰⁸

Standortentwickelnde Instrumente

- **Masterpläne**

Alle österreichischen Bundesländer besitzen Masterpläne oder Strategiepapiere (z. B. NÖ Energiefahrplan 2030, siehe Kapitel 4.2.3.), die Ziele im Bereich der erneuerbaren Energien formulieren respektive deren Ausbau fördern.⁵⁰⁹ In Salzburg wurde als Teil der Klima- und Energiestrategie 2050 ein Masterplan entwickelt, der festlegt, wie die bereits gesetzten Ziele bis 2020 erreicht werden. Es beinhaltet die Ausweisung von Energieeinsparpotenzialen und Ausbaupotenzialen erneuerbarer Energieträger und beschreibt den Weg zur Umsetzung der Ziele. Des Weiteren sollen die Wasserkraft und der öffentliche Verkehr ausgebaut werden, damit Salzburg als Vorreiter im Klimaschutz fungiert.⁵¹⁰

- **Stadtentwicklungspläne**

Stadtentwicklungspläne formulieren Ziele und Maßnahmen zur langfristigen strategischen Ausrichtung der räumlichen Entwicklung. Der Stadtentwicklungsplan Wien (STEP 2025) baut beispielsweise auf dem Grundprinzip auf, dass Wien auch in Zukunft eine lebenswerte Stadt sein soll.⁵¹¹ Hierbei entwirft der Stadtentwicklungsplan *„ein Bild der künftigen Stadt, verbindet dabei soziale, wirtschaftliche und ökologische Zielsetzungen - und er definiert jene Strategien, Initiativen und Maßnahmen, die geeignet sind, dieses Bild schrittweise Realität werden zu lassen“*⁵¹². Strategische Leitlinien sollen als Orientierung und Impuls für Umsetzungsprojekte dienen. Der STEP implementiert raumrelevante Aussagen von Fachkonzepten unterschiedlicher Ressorts und verfolgt alle Dimensionen einer nachhaltigen Entwicklung gleichermaßen. Hierzu zählen u. a. Wettbewerbsfähigkeit, soziale Gerechtigkeit als auch eine ressourcenschonende Klima- und Umweltpolitik.⁵¹³

Es finden sich zahlreiche Passagen zu energierelevanten Themen, während zum Beispiel ausgeführt wird, dass örtliche erneuerbare Ressourcen bestmöglich genutzt werden sollen. Darüber hinaus sollen beim Städtebau entsprechende Rahmenbedingungen zur Umsetzung der Smart City geschaffen werden. Hier gilt es höchste Energieeffizienzstandards bei Gebäuden einzuhalten sowie die Produktion und Speicherung erneuerbarer Energien zu forcieren. Durch die Kombination mit einer effizienten Energienutzung werden möglichst hohe lokale Energieversorgungsgrade neuer Stadtquartiere angestrebt, um Treibhausgasemissionen zu verhindern und die Versorgungssicherheit zu erhöhen. Eine integrierte Energieraumplanung kann dabei erfolgen, indem Energiekonzepte für neue Stadtteile erstellt werden, welche den Flächen- bzw. Raumbedarf für den Energieinfrastrukturausbau aufzeigen und dieser mit relevanten Interessensgruppen abgestimmt wird. Weiters wird empfohlen ein Modell zu entwickeln, das vertragsrechtliche Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Umsetzung von Energiekonzepten definiert.⁵¹⁴

⁵⁰⁸ Vgl. Interview 2

⁵⁰⁹ Vgl. Vgl. Weninger 2016: 112

⁵¹⁰ Vgl. Land Salzburg o.J.: online

⁵¹¹ Vgl. Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung 2014: 20

⁵¹² Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung 2014: 26

⁵¹³ Vgl. Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung 2014: 20, 26

⁵¹⁴ Vgl. Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung 2014: 24, 49, 57

Prozesse-steuernde Instrumente

- **Regional(entwicklungs)managements und Interessensverbände**

Durch die Initiierung von Netzwerken und Foren bzw. Interessensverbänden sowie den Aufbau von Regionalmanagements, können institutionelle Rahmenbedingungen geschaffen werden, um eine energiebewusste Raumentwicklung voranzutreiben und den Einsatz erneuerbarer Energieträger zu erhöhen.⁵¹⁵ Im Allgemeinen werden Interessensverbände konstituiert, „um bestimmte gesellschaftliche oder politische Ziele durchzusetzen“⁵¹⁶. Bei einem Regionalmanagement handelt es sich um ein „informelles Handlungskonzept prozeduraler Diskurssteuerung, um Hemmnisse der Regionalentwicklung abzubauen und Entwicklungsoptionen durch kollektiv getragene Planungs- und Umsetzungsbemühungen zu eröffnen“⁵¹⁷. Hierbei sollen strukturpolitisch bedeutende EntscheidungsträgerInnen und FachexpertInnen einer Region in themenspezifischen Netzwerken zusammengeführt werden, um energierelevante Aktivitäten zu koordinieren. Es dient insbesondere zur Mobilisierung regionaler Triebkräfte sowie zur Entwicklung bzw. Umsetzung von Projekten, die in einem regionalen bzw. überregionalen Entwicklungskontext eingebunden sind.⁵¹⁸

- **Betreuungsstellen bzw. Gebietsbetreuung**

Gebietsbetreuungen sind Service-Einrichtungen der öffentlichen Hand, welche Informationen und Beratungsleistungen, u. a. in den Bereichen Wohnen und Wohnumfeld, Infrastruktur bzw. Mobilität, Stadterneuerung sowie Gemeinwesen anbieten.⁵¹⁹ Im Rahmen derartiger Betreuungsstellen besteht eine gute Möglichkeit, Themen hinsichtlich Energieeffizienz und der Nutzung erneuerbarer Energieträger in die Beratung zu implementieren. Darüber hinaus können auch fachspezifische Kompetenzzentren, wie beispielsweise Mobilitätszentralen, dazu beitragen, die regionale Bewusstseinsbildung im Bereich der nachhaltigen Raumentwicklung zu fördern.

4.5. Zwischenfazit

Ausgehend von den politischen Klima- und Energiezielen der EU liegt mit der österreichischen Energiestrategie und dem NÖ Energiefahrplan 2030 ein hierarchisches System an Strategiepapieren vor. Hierbei werden übergeordnete Ziele im Bereich der Energieeffizienz, Energieeinsparung und dem Einsatz erneuerbarer Energieträger, im Sinne einer naturverträglichen Energiewende definiert. Ebenso wie das ÖREK (2011), das Ziele zur Energieeffizienz und zu erneuerbaren Energien in der Raumentwicklung beschreibt, sind diese Instrumente nicht bindend und weisen lediglich empfehlenden Charakter auf. Die Energiestrategie des Bundes kann bezüglich ihrer Wirkungsstärke als wenig effektiv angesehen werden, da die formulierten Ziele und Maßnahmen zu unkonkret bzw. allgemein gehalten werden und der Bund zu wenig Fördermittel zur Verfügung stellt⁵²⁰, um eine zeitnahe wesentliche Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger zu erreichen.

Zum formellen Raumplanungsinstrumentarium in Niederösterreich, in dem auch energierelevante Ziele bzw. Festlegungen mit Raumbezug formuliert werden, zählen das NÖ ROG 2014 und das sektorale ROP zur Windenergienutzung. Des Weiteren sind das örtliche ROP sowie der Flächenwidmungs- und

⁵¹⁵ Vgl. Miraszewski/Youssef 2015: 9

⁵¹⁶ Bibliographisches Institut GmbH 2018: online

⁵¹⁷ Löb 2005: 942

⁵¹⁸ Vgl. Löb 2005: 942

⁵¹⁹ Vgl. Stadt Wien o.J.b: online

⁵²⁰ Vgl. Interview 2

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Bebauungsplan starke Instrumente der Raumplanung auf kommunaler Ebene. Diese Instrumente auf den unterschiedlichen Ebenen besitzen ein hohes Weiterentwicklungspotenzial hinsichtlich der Implementation energieraumplanerischer Grundsätze, Ziele und Handlungsfelder (nach Kapitel 4.1.), wodurch einerseits Verbindlichkeit für die örtlichen Planungsbehörden hergestellt wird und andererseits auch energiespezifische Festlegungen für private Haushalte getroffen werden können. Für eine interkommunal koordinierte nachhaltige Raumentwicklung, welche auf energieeffiziente regionale Strukturen und die räumliche Koordination des erneuerbaren Energieangebots mit dem vorliegenden Energiebedarf ausgelegt ist, ist zu empfehlen, die überregionale und regionale Betrachtungsweise zu stärken. Im formellen Bereich kann dies mit der Erlassung von regionalen und sektoralen (Energie)Raumplanungsprogrammen erreicht werden.⁵²¹

Gemeinden sollen eine energiesparende Siedlungsentwicklung mit altbekannten und bewährten Grundsätzen der Raumplanung innerhalb ihres Wirkungsbereichs steuern. Das betrifft u. a. die Schaffung kompakter und effizienter Siedlungsstrukturen, Nachverdichtungsmaßnahmen, die Innenentwicklung und Funktionsmischung zur Ermöglichung kurzer Wege sowie die schonende Nutzung lokaler Ressourcen.⁵²² Umgelegt auf die Flächenwidmungs- und Bebauungsplanung, bedeutet dies, dass hier entsprechende Bebauungsdichten sowie eine energieeffiziente Situierung bzw. Ausrichtung von Gebäuden festgeschrieben werden sollen, um dem Anspruch einer energiebewussten Raumentwicklung gerecht zu werden. *„Die Bebauungsdichte wirkt sich überdies auch auf die Energiebereitstellung und die Wahl der Energieträger aus. Welche Energieversorgungslösung für ein bestimmtes Stadtgebiet geeignet ist, wird also maßgeblich durch die Raumordnung determiniert.“*⁵²³

In der Schweiz besteht bei der Energierichtplanung die Möglichkeit, Grundeigentümerinnen und -eigentümern die Nutzung eines erneuerbaren Energieträgers oder den Anschluss an ein Wärmeverteilnetz vorzuschreiben (siehe Kapitel 4.4.1.). *„Soll etwa der Anteil erneuerbarer Energien erhöht werden, könnte man über verschiedene ‚Hebel‘ ansetzen, wie beispielsweise: - eine baurechtliche Verpflichtung zum Einsatz erneuerbarer Energien (...) oder eine Festlegung in raumwirksamen Plänen über die verpflichtende Nutzung erneuerbarer Energien in den festgelegten Gebieten“.*⁵²⁴ Im Rahmen der Experteninterviews wurde diese Option für Österreich kontrovers diskutiert, wobei festzuhalten ist, dass diese Vorgehensweise grundsätzlich zu befürworten ist, um klima- und energiestrategische Ziele zu erreichen. Hierbei sind allerdings eigentumsrechtliche Aspekte zu beachten. In Niederösterreich ist es mit den aktuell vorliegenden formellen Raumplanungsinstrumenten nicht möglich derartige Vorgaben durchzusetzen. Im Gegensatz hierzu liegt in der Schweiz ein gewachsener gesetzlicher Rahmen zur Ausführung dieser hoheitlichen Maßnahme vor. In Österreich sind die Möglichkeiten verbindlicher Festlegungen zur Nutzung eines erneuerbaren Energieträgers, in hierfür besonders gut geeigneten Baulandgebieten, weiter zu prüfen.⁵²⁵ Eine entsprechende rechtliche Verankerung könnte beispielsweise in den Raumordnungsgesetzen und Bauordnungen der Länder erfolgen.

Im Siedlungs- und Gebäudebestand sind insbesondere Nachverdichtungs- sowie Sanierungsmaßnahmen von Bedeutung, um den Energiebedarf zu senken respektive so gering wie möglich zu

⁵²¹ Vgl. Interview 5

⁵²² Vgl. Giffinger/Zech 2013: 7

⁵²³ Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung 2016: 16

⁵²⁴ Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung 2016: 20

⁵²⁵ Vgl. Interview 2; Interview 3; Interview 4; Interview 5

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

halten. Hier sind Förderungen als geeignetes Instrument zu nennen, wobei die Schaffung einer attraktiven, anreizorientierten Förderlandschaft im Energiebereich, insbesondere für private Haushalte, unerlässlich ist. Im Zuge von Gebäudesanierungen soll unter günstigen Voraussetzungen ebenfalls die Umstellung auf erneuerbare Energieversorgungssysteme angestrebt werden. In Interview 3 wurde das Sanierungsmanagement in Deutschland als ein weiteres wirkungsstarkes Instrument für den Gebäudebestand genannt. Hierbei finanziert die öffentliche Hand Erhebungen, in denen Energieeinsparungspotenziale von Sanierungsmaßnahmen im städtischen Raum beurteilt werden. Die wesentlichen Einsparungspotenziale werden ausgewiesen und räumlich verortet, um anschließend die Umsetzung der Sanierungsvorschläge zu fördern, was in der Anwendung sehr gut funktioniert. Daher ist auch die Entwicklung eines österreichischen Modells des Sanierungsmanagements in Betracht zu ziehen.⁵²⁶

Mit den beschriebenen informellen Instrumenten steht ein großes Repertoire an weiteren Handlungsmöglichkeiten für die Energieraumplanung zur Verfügung, insbesondere um die Bewusstseinsbildung bezüglich Klimaschutz und erneuerbarer Energieträger zu forcieren sowie energiebewusste Entwicklungen und Projekte zu initiieren. Hierbei besitzt das informelle Instrumentarium das Potenzial, formelle Instrumente zu ergänzen und deren Schwächen auszugleichen, sofern es zweckmäßig respektive auf die Zielerreichung eines Planungsvorhabens abgestimmt zum Einsatz kommt. Die Beteiligungsbereitschaft der zu involvierenden Akteurinnen und Akteure sowie die Verfahrensgestaltung in einem Planungsprozess, sind entscheidend für die Herstellung der Bindungskraft und zur Umsetzung von Projekten und Maßnahmen. In diesem Zusammenhang sind Beteiligungsverfahren und Informationsveranstaltungen für die Bevölkerung hervorzuheben, welche im Zuge von Aktivitäten der Klima- und Energiemodellregionen im Bezirk Baden bereits regelmäßig zum Einsatz kommen. Derartige Instrumente wirken sich positiv auf die Bewusstseinsbildung aus und dienen als Plattform für den Informationsaustausch klima- und energiebezogener Themen. Weiters ist die positive Wirkung von Beratungsleistungen in Bereichen wie der Gebäudesanierung, erneuerbarer Energieversorgungssysteme, sowie einer nachhaltigen Mobilität und zu relevanten Förderungen hervorzuheben. Die öffentliche Hand ist gefordert, im Rahmen der finanziellen Möglichkeiten bzw. in Relation zum erwartbaren Nutzen, die Fördermittel so zu gestalten, dass bei der Gebäudesanierung und der Installation erneuerbarer Energieversorgungsanlagen die Amortisationszeit möglichst gering gehalten wird.

Eine aktive Bodenpolitik und eine vermehrte Nutzung der Vertragsraumordnung sind weitere Beispiele, wie Gemeinden in Kooperation mit Privateigentümerinnen und -eigentümern den Einsatz erneuerbarer Energien steigern können. *„Das allerbeste Instrument (...) ist (...) die aktive Bodenpolitik. (...) Das ist was wir auch jeder Gemeinde nahelegen, (...) also wenn ich über meine eigenen wichtigen strategischen Grundstücke als Gemeinde selber verfüge, (...) kann ich auch zukünftigen Käufern vorschreiben, was ich will, also ich kann dann ideal (...) gestalten.“*⁵²⁷ Die Möglichkeiten der Vertragsraumordnung bzw. privatrechtlicher Nutzungsverträge wird noch zu wenig genutzt, wobei man dieses Instrument *„in Zukunft im Zusammenhang mit Energieressourcen, Energieverbräuchen und Energieeinsparungen stärker brauchen wird und einsetzen wird“*. In diesem Bereich sollte die

⁵²⁶ Vgl. Interview 3

⁵²⁷ Interview 5

4. Raumrelevante Instrumente zur Förderung des Einsatzes erneuerbarer Energien

Vertragsraumordnung jedenfalls noch besser weiterentwickelt werden. Ausgangspunkt hierfür könnte beispielsweise die Schaffung bundesweiter Standards darstellen.⁵²⁸

Abschließend ist festzuhalten, dass theoretisch ein gutes Instrumentenset für die Steuerung einer nachhaltigen, energiebewussten Raumentwicklung vorliegt, welches jeweils situationsgerecht zu wählen ist. Um Verbindlichkeit bei der Umsetzung energieraumplanerischer Tätigkeiten herstellen zu können, wird empfohlen, das formelle Instrumentarium dahingehend weiterzuentwickeln, womit die Planungssicherheit erhöht werden kann. Informelle Instrumente bieten ebenfalls sehr gute Möglichkeiten, um Projekte zu initiieren und energieplanerische Aktivitäten räumlich zu koordinieren. Hier können, entsprechend den Zielvorstellungen von Planungsprozessen, geeignete Methodensets gewählt bzw. bekannte Verfahrensweisen innovativ ergänzt werden. Instrumente wie Klima- und Energiemodellregionen oder das e5-Landesprogramm für energieeffiziente Gemeinden, forcieren nachhaltige Entwicklungen sowie die lokale und regionale Bewusstseinsbildung, sind jedoch vom politischen Willen und den Finanzierungsmöglichkeiten der öffentlichen Hand abhängig.

⁵²⁸ Vgl. Interview 2

5. Resümee

5.1. Fazit und Reflexion

Der Einsatz erneuerbarer Energieträger, in Kombination mit einer erhöhten Energieeffizienz bzw. der Reduktion des Energiebedarfs, kann einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der klima- und energiestrategischen Ziele leisten. Diese drei Handlungsfelder sind ebenfalls in den Planungszielen und Grundsätzen der Energieraumplanung verankert, welche in Übereinstimmung mit den übergeordneten politischen Zielen bezüglich Klimaschutz und Energiewesen entwickelt wurden. In diesem Kontext soll die Raumplanung die räumlichen und funktionellen Voraussetzungen schaffen, um Energie einzusparen sowie eine Energieversorgung mit lokalen bzw. regionalen erneuerbaren Ressourcen zu ermöglichen. Hierbei ist die Entwicklung effizienter Siedlungsstrukturen anzustreben und es sind Flächen für die Nutzung erneuerbarer Energieträger ordnungspolitisch festzulegen. Damit kann eine langfristige Reduktion des Energiebedarfs erreicht und der Anteil erneuerbarer Energien am Energieträgermix erhöht werden. Zusammengefasst ergeben sich somit zwei zentrale Aufgabebereiche für die Energieraumplanung:

- Räumliche Grundlagenforschung bezüglich Energieverbrauch, Energieeinsparungsmöglichkeiten und Energiegewinnungspotenzialen zur Schaffung einer qualifizierten Planungsgrundlage sowie zur Erhöhung der Planungsqualität von Energiekonzepten bzw. -strategien.
- Darstellung der Möglichkeiten, sowie der räumlichen und zeitlichen Grenzen der Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Unterstützung planerischer Entscheidungsfindung.

Für die regionale Energieraumplanung relevante erneuerbare Energieträger, welche im Zuge dieser Diplomarbeit hinsichtlich der theoretischen Grundlagen und technischen Nutzungsmöglichkeiten dargestellt wurden, sind die Solarenergie, Wasserkraft, Windkraft, Biomasse, Geothermie und Umgebungswärme (siehe Kapitel 2.1.). Voraussetzung für eine gute Planungsgrundlage einer koordinierten Energieraumplanung ist die Kenntnis der räumlichen Potenziale dieser erneuerbaren Energien, um die lokalen und regionalen Nutzungsmöglichkeiten auszuweisen, sowie in weiterer Folge den vorliegenden Energiebedarf mit dem erneuerbaren Energieangebot abzustimmen respektive eine Angleichung anzustreben. Dies setzt eine Implementierung dieser Informationen ins vorliegende Raumplanungsinstrumentarium voraus.

Am Beispiel des Bezirks Baden in Niederösterreich ist eine GIS-gestützte räumliche Potenzialanalyse durchgeführt worden, um das Verhältnis der regionalen erneuerbaren Energiepotenziale zum aktuellen Energiebedarf der Sektoren Industrie, Dienstleistungen und private Haushalte zu erforschen. Es ist zu beachten, dass der Energiebedarf der Mobilität bewusst aus der Erhebung ausgeklammert wurde. Dabei ist anzumerken, dass der Verkehr ca. ein Drittel des gesamten Endenergiebedarfs ausmacht und überaus energie- als auch raumrelevant ist. Die Thematik konnte einerseits aufgrund des Umfangs nicht detaillierter behandelt werden, während andererseits die Energieversorgung zurzeit überwiegend auf fossilen Energieträgern basiert. Die Option Biotreibstoffe einzusetzen ist vor dem Hintergrund der Flächennutzungskonkurrenz zur Lebensmittelproduktion kritisch zu hinterfragen, während im Allgemeinen energetische Verwertungsmöglichkeiten von landwirtschaftlichen und landschaftspflegerischen Biomassereststoffen weiter zu untersuchen sind. Erhobene Energiepotenziale stellen eine gute Grundlage für die Entwicklung von Planungsszenarien dar und können jedenfalls auch als Basis für Szenarien hinsichtlich veränderter Mobilitätsstrukturen sowie

Energiebedarfe und -formen herangezogen werden. Ökonomische Aspekte im Zusammenhang mit erneuerbaren Energieträgern wurden in der vorliegenden Arbeit nicht behandelt, wobei weiterführende Studien zur Betrachtung wirtschaftlicher Perspektiven von Interesse sind.

- **Zu Forschungsfrage 1:** *Welche Analyseverfahren stehen der räumlichen Grundlagenforschung zur Verfügung, um regionale Potenziale erneuerbarer Energieträger zu lokalisieren und quantifizieren?*

Für die räumliche Grundlagenforschung der erneuerbaren Energiepotenziale steht ein Set an unterschiedlichen GIS-gestützten Verfahrensweisen zur Verfügung, welche in Kapitel 2.2. ausführlich beschrieben wurden. Die vorgestellten Analyseverfahren zur Lokalisierung und Quantifizierung der regionalen Potenziale erneuerbarer Energieträger erlauben eine gesonderte Betrachtung der einzelnen regenerativen Energien. Einerseits ist die Reduktion der theoretischen Potenziale zu den technischen und weiters zu den eingeschränkten technischen Potenzialen eine gängige Verfahrensweise der Modellierung, wobei eine umfassende Integration unterschiedlicher räumlicher Aspekte und Einschränkungsfaktoren vorgenommen wird. Dies erfolgt differenziert nach den einzelnen Energieträgern, da jeweils spezifische Charakteristika in entsprechender Weise zu berücksichtigen sind. Weiters ist die Reduktion der eingeschränkten technischen Potenziale hin zu Planungsszenarien hinsichtlich potenzieller Flächennutzungen für erneuerbare Energien von besonderer Bedeutung, um einen raum- und umweltverträglichen Einsatz zu gewährleisten. Eine weitere Möglichkeit, erneuerbare Energiepotenziale abzuschätzen, stellt die Ausweisung von Eignungsflächen zur Nutzung dieser Energien dar. Die ermittelten Flächenpotenziale können, unter Beachtung der Raum- und Umweltverträglichkeit, mittels des Katalogs „*Flächenbedarfe erneuerbarer Energieproduktion ($m^2/kWh \cdot a$)*“ bzw. $[kWh/(m^2 \cdot a)]$, in die jeweiligen Energiepotenziale umgerechnet werden (siehe Kapitel 2.3., Tabelle 9). Hier ist die Reliabilität zu prüfen, um die Werte allenfalls an die regional spezifischen Gegebenheiten sowie die Fragestellung anzupassen.

Die gewählten Restriktionen, welche je nach Programmatik eines Planungsvorhabens variieren, können neben der Beachtung der naturräumlichen bzw. umweltrelevanten regionalen Gegebenheiten und der Einbeziehung der Siedlungsentwicklung auch politisch-gesellschaftliche sowie ökonomische Faktoren berücksichtigen. Des Weiteren ist es zweckmäßig, Konkurrenznutzungen der Flächen zu beachten sowie die bereits genutzten Potenziale je Energieträger darzustellen. Je nach Aufgabenstellung und gewünschtem Detailgrad dieser Potenzialanalysen, können diese auf unterschiedliche Betrachtungsebenen angewandt werden, wobei auch die Datenverfügbarkeit ausschlaggebend ist, inwieweit diese Potenzialanalysemethoden auf andere Regionen übertragbar sind. Im Allgemeinen ist festzuhalten, dass GIS-gestützte räumliche Potenzialanalysen die Grundlage für die Ausweisung von Eignungs- und Ausschlussflächen für die Nutzung der erneuerbaren Ressourcen darstellt. Die somit in einer Region oder Gemeinde räumlich verorteten Eignungsflächen und Ertragsmöglichkeiten regenerativer Energien, stellen eine gute Basis zur Aufstellung regionaler und örtlicher Raumordnungsprogramme oder -konzepte mit Energiebezug dar.

- **Zu Forschungsfrage 2:** *In welchem Verhältnis steht das Jahrespotenzial der regional verfügbaren erneuerbaren Energien zum jährlichen Endenergiebedarf an Elektrizität und Wärme für private Haushalte, Industrie- und Dienstleistungsunternehmen im Bezirk Baden?*

Für den Bezirk Baden wurde beispielhaft eine räumliche Potenzialanalyse der einzelnen erneuerbaren Energieträger durchgeführt. Hierzu ist festzustellen, dass ausgenommen für die Potenzialerhebung der

Umgebungswärme, gute Geodatengrundlagen für erneuerbare Energiepotenzialanalysen in Niederösterreich verfügbar sind. Diese Potenzialmodellierungsverfahren sind grundsätzlich auf andere Regionen bzw. Betrachtungsräume übertragbar. Bezüglich des Wasserkraftpotenzials wurde auf eine Expertise des Vereins für Kleinwasserkraft Österreich zurückgegriffen, da eine Analyse des Abflusslinienpotenzials über die Hydrogeologie oder die Berechnung des potenziellen Regelarbeitsvermögens einer Wasserkraftanlage, nach der Ermittlung geeigneter Standorte entlang von Flussläufen, den Aufwand im Rahmen dieser Diplomarbeit überstiegen hätte. Es zeigt sich, dass GIS-gestützte Potenzialanalyseverfahren, teilweise durch Potenzialabschätzungen von Expertinnen und Experten, mit entsprechender Kenntnis des Untersuchungsraums, ergänzt werden können.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurde zunächst eine Schätzung des vorliegenden Energiebedarfs für den Bezirk Baden vorgenommen (siehe Kapitel 3.1.1.). Der Endenergiebedarf für die Sektoren produzierender Bereich, Dienstleistungen sowie private Haushalte im Bezirk Baden beträgt **ca. 3.274 GWh/a** (Elektrizität: 703 GWh/a; Wärme/Kälte: 2571 GWh/a). Dem Endenergiebedarf ist ein jährliches erneuerbares Energieangebot von **ca. 6.365,9 GWh** (Elektrizität: 1.001,7 GWh/a; Wärme: 5.364,2 GWh/a) gegenüberzustellen. Es ergibt sich ein Verhältnis von nahezu 2:1.

Das eingeschränkte technische Jahrespotenzial der regional verfügbaren erneuerbaren Energieträger im Bezirk Baden steht in einem positiven Verhältnis zum jährlichen Endenergiebedarf an Elektrizität und Wärme, für die Sektoren private Haushalte, sowie Industrie- und Dienstleistungsunternehmen. **Hypothese 1** kann im Rahmen dieser Forschung nicht falsifiziert werden.

- **Zu Forschungsfrage 3:** *Mit welchen raumplanerischen Steuerungsinstrumenten kann der Einsatz erneuerbarer Energieträger im Bezirk Baden gefördert werden? Inwiefern können diese bestehenden und/oder neuen Instrumente dazu beitragen die vorhandenen und erschließbaren Energiepotenziale besser nutzbar zu machen?*

Das in dieser Arbeit vorgestellte Repertoire an raumplanerischen Steuerungsinstrumenten, mit denen der Einsatz erneuerbarer Energieträger gefördert werden kann, lässt sich prinzipiell in formelle und informelle Verfahren einteilen. Hierzu liegt theoretisch eine Vielzahl an Instrumenten vor, wie in Kapitel 4 ausgeführt. Diese beinhalten jedoch wenig energieraumplanerische Inhalte oder werden derzeit zu selten eingesetzt, um Projekte zur energiebewussten Raumentwicklung zu initiieren bzw. forcieren. Die übergeordneten politischen Strategiepapiere, welche die angestrebten Klima- und Energieziele formulieren, dienen als Planungsgrundlage für die regionale und kommunale Ebene, weisen jedoch lediglich empfehlenden Charakter auf. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten der Raumplanung Verbindlichkeit zur Nutzung erneuerbarer Energieträger in dafür besonders geeigneten Lagen herzustellen.

Es ist festzuhalten, dass mit den vorliegenden hoheitlichen Raumordnungsinstrumenten die Optionen derartiger Vorgaben in Niederösterreich nicht gegeben sind. Das sektorale Raumordnungsprogramm zur Windenergienutzung in NÖ ermöglicht es Gemeinden, die ausgewiesenen Eignungsflächen als „Grünland - Windkraftanlage“ zu widmen. Hierbei sind keine weiteren raum- und umweltrelevanten Verträglichkeitsuntersuchungen oder Potenzialstudien auf lokaler Ebene erforderlich, da die Eignung bereits überregional geprüft wurde. Die Gemeinden haben somit die Möglichkeit, im eigenen Wirkungsbereich, die Nutzung der Windkraft auf den hierfür ausgewiesenen Flächen voranzutreiben. In den Experteninterviews wurde mehrmals die Empfehlung ausgesprochen, das formelle

Instrumentarium auszubauen respektive weiterzuentwickeln und die Grundsätze der Energieraumplanung rechtlich festzulegen. Hierzu wurde beispielsweise in Interview 5, mit Fokus auf die überregionale bzw. regionale Ebene, erwähnt: Verbindlich wird es nur dann, wenn in den Planungsgrundlagen, die eine gesetzliche Entsprechung haben, Inhalte der Energieraumplanung verankert werden. Um effiziente räumliche Strukturen zu schaffen, muss die überregionale Betrachtungsebene gestärkt werden, auch da Rohstoffe in einem größeren Gebiet wachsen und verteilt werden⁵²⁹.

Informelle Instrumente wie Klima- und Energiemodellregionen oder das e5-Landesprogramm für energieeffiziente Gemeinden, tragen dazu bei, die Bewusstseinsbildung zu fördern und energiebezogene Entwicklungen zu initiieren. Informationsveranstaltungen und Workshops, in Kombination mit einer anreizorientierten Förderlandschaft, hinsichtlich Sanierungsmaßnahmen oder der Einrichtung erneuerbarer Energieversorgungsanlagen, können einen positiven Effekt auf den Ausbau regenerativer Ressourcen haben. Eine geringe Amortisationszeit ist für Eigentümerinnen und Eigentümer entscheidend, ob Investitionen getätigt werden. Energierrelevante Leitbilder, Masterpläne bzw. Rahmenkonzepte können das Fehlen von verordneten Raumordnungsprogrammen teilweise kompensieren, indem strategische Empfehlungen und Leitlinien für eine nachhaltige Entwicklung ausgegeben werden. Die Umsetzung ohne Vorgaben hängt dabei wesentlich von der politischen Initiative ab.

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse ist festzuhalten, dass die bestehenden raumplanerischen Steuerungsinstrumente in ihrer (inter)kommunalen Verbindlichkeit und Wirksamkeit zu schwach sind, um den Anteil erneuerbarer Energien am Endenergiebedarf des Bezirks Baden zeitnah (mittelfristig), erheblich zu erhöhen. Somit kann **Hypothese 2** ebenfalls nicht falsifiziert werden.

5.2. Handlungsempfehlungen

Die beschriebenen GIS-gestützten Methoden zur räumlichen Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger, die am Beispiel des Bezirks Baden zur Anwendung kamen, sind weitgehend auf andere Regionen übertragbar. Hierbei ist zu empfehlen, eine derartige Analyse auf einer überregionalen Ebene durchzuführen, um geeignete Flächen und potenzielle Energieerträge erneuerbarer Energien zu verorten und miteinander zu koordinieren. Mit der Ausweisung von Eignungs- und Ausschlussflächen sowie der Verankerung dieser in räumlichen Entwicklungskonzepten oder Raumordnungsprogrammen, kann eine Grundlage für eine integrierte Energie- und Raumplanung geschaffen werden. Des Weiteren soll die Raumplanung über Festlegungen bezüglich energieeffizienter Siedlungsstrukturen, Bebauungsdichten oder prioritären Nachverdichtungs- und Sanierungsgebieten Einfluss auf den Energiebedarf nehmen. Das vorliegende Steuerungsinstrumentarium besitzt ebenfalls das Potenzial, die Bewusstseinsbildung zu fördern, Anreize zu schaffen sowie relevante Akteurinnen und Akteure mit den entstehenden Raumnutzungsansprüchen zu koordinieren. Hierzu müssen die Instrumente gegebenenfalls weiterentwickelt und je Planungsvorhaben situationsgerecht eingesetzt werden.

In der Theorie liegt insgesamt eine große Auswahl raumrelevanter Steuerungsinstrumente vor, welche dazu beitragen können, den Einsatz erneuerbarer Energieträger zu fördern. Diese beinhalten jedoch

⁵²⁹ Vgl. Interview 5

keine verbindlichen Festlegungen oder kommen noch zu wenig zur Anwendung, um in der Praxis eine klima- und energiebewusste Raumentwicklung sowie den Einsatz erneuerbarer Energien entsprechend voranzutreiben. Die bestehenden informellen Instrumente können mit bewusstseinsbildenden Maßnahmen dazu beitragen, vorhandene erneuerbare Energiepotenziale zu nutzen, wobei die erzielbare Bindungskraft von Akteurinnen und Akteuren mit einer lukrativen Gestaltung der Fördermittel zusammenhängt. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die öffentliche Hand verstärkt gefordert ist, (finanzielle) Anreize bezüglich Sanierungsmaßnahmen für eine Senkung des Energiebedarfs und die Umrüstung auf erneuerbare Energieversorgungsanlagen zu schaffen, um die energie- und klimastrategischen Ziele zu erreichen. Dies muss mit einer gezielten Information und Beteiligung der Bevölkerung einhergehen, was über unterschiedliche Formate erfolgen kann. Das formelle Instrumentarium weist ein großes Weiterentwicklungspotenzial auf. Hierbei ist zu empfehlen, energieraumplanerische Ziele bzw. Vorgaben in die bestehenden Raumplanungsgesetze und Bauordnungen zu implementieren. Weiters können Gemeinden über die Erlassung von regionalen oder sektoralen Raumordnungsprogrammen an überörtliche Vorgaben gebunden werden. Dies ermöglicht eine interkommunal koordinierte energiebewusste Entwicklung und kann die Nutzung der erneuerbaren Energiepotenziale forcieren.

Hinsichtlich der Wirkungsstärke der Raumplanungsinstrumente zum Ausbau erneuerbarer Energieträger ist festzuhalten, dass hierzu klima- und energiepolitische Ziele sowie Vorgaben in den Gesetzen und Verordnungen der Raumordnung verankert werden sollen. Damit kann eine Koordination der Energieplanung mit der Raumplanung gewährleistet werden. Am Good-practice-Beispiel der Energierichtplanung in der Schweiz, wo ein gewachsener gesetzlicher Rahmen für energierelevante Vorgaben in räumlichen Entwicklungsplänen existiert, wird exemplarisch gezeigt, wie Verbindlichkeit zur Nutzung erneuerbarer Energien hergestellt werden kann (siehe Kapitel 4.4.1.). Die Handlungsmöglichkeiten der Raumplanung eine energiebewusste Entwicklung voranzutreiben, sind jedenfalls stark durch die rechtlichen Rahmenbedingungen determiniert. Die Landesregierung, als oberste Planungsbehörde, kann mit der Erlassung überörtlicher Raumordnungsprogramme, in denen Grundsätze, Ziele und Handlungsfelder respektive Vorgaben der Klima- und Energiepolitik verankert sind, die Handlungsfähigkeit der Raumplanung beträchtlich steigern, um den Anteil erneuerbarer Energien am Energieträgermix zu erhöhen.

5.3. Ausblick

Mit den beschriebenen Verfahren der Geoinformatik zur räumlichen Potenzialanalyse erneuerbarer Energieträger, kann je nach Datenverfügbarkeit und -qualität, ein guter Überblick regional verfügbarer Ressourcen gegeben werden. Diese Methoden sind am Beispiel des Bezirks Baden angewandt worden, wobei diese teilweise adaptiert bzw. weiterentwickelt wurden. In einem nächsten Schritt energieraumplanerischer Grundlagenforschung wäre von großem Interesse, den lokal anfallenden Energiebedarf zu erheben. Dies stellt eine qualifizierte Planungsgrundlage für die Aufstellung regionaler und kommunaler Energiekonzepte oder Raumordnungsprogramme dar. Des Weiteren wird eine Voraussetzung für die räumliche Abstimmung des Energiebedarfs an das regenerative Energieangebot geschaffen, womit die Erreichung der politischen Klima- und Energieziele unterstützt wird. In diesem Zusammenhang ist die Integration von Informationstechnologien in die Elektrizitätsinfrastruktur, wie beispielsweise Smart Meter zu erwähnen. *„Smart Meter sind digitale Zählgeräte zur Erfassung des Energieverbrauchs in regelmäßigen Zeitintervallen, wobei die Verbrauchswerte fern übertragen*

werden.⁵³⁰ In Österreich müssen bis 2022 mindestens 95 % der Stromkundinnen und -kunden „mit einem intelligenten Messgerät ausgestattet werden“.⁵³¹ Im Infofolder zu Smart Meter der E-control wird darauf hingewiesen, dass die Kenntnis des privaten Energiebedarfs in zeitlicher Aufschlüsselung positive Effekte auf die Bewusstseinsbildung bezüglich Energieeinsparungen haben kann.⁵³² Es ist anzumerken, dass der aktuelle gesellschaftliche Diskurs zu dieser Thematik insbesondere hinsichtlich des Datenschutzes sehr kritisch geführt wird. Für die Energieraumplanung wäre es jedenfalls von Interesse, gemäß den Datenschutzrichtlinien, die Energiebedarfe auf Ebene von Stadtquartieren, Siedlungsgebieten oder Gemeinden zu aggregieren und bereitzustellen.

Aufgrund der zeitlich volatilen Energieerzeugung aus erneuerbaren Ressourcen ergibt sich die Herausforderung, die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Hier wird der Begriff Resilienz in Zusammenhang mit dem Energiesystem diskutiert, wobei der Fokus „auf das gesamte sozio-technische System zu richten“ ist. Ein resilientes System wird als ein System definiert, das trotz massiver interner oder externer Störungen dazu fähig ist, alle Dienstleistungen in gewünschter Qualität zu erbringen. Dies beschreibt die Widerstandsfähigkeit gegenüber Systemausfällen bzw. Krisen. Bezüglich resilienter Energiesysteme sind im Hinblick auf die Energiewende zwei Entwicklungen hervorzuheben, welche sich auf die Gestaltung eines sicheren Energieversorgungssystems auswirken. Einerseits wird durch den Ausbau erneuerbarer Energien eine Dezentralisierung bei der Erzeugung, Verteilung und den Eigentumsverhältnissen vorangetrieben, während das derzeitige System auf zentrale „Produktionsstrukturen und einer flächendeckenden Vernetzung der Energieversorgung“ ausgelegt ist. Aktuell ist umstritten, „wo die richtige Balance zwischen Dezentralität und Zentralität beim Umbau des Energiesystems liegen sollte“. Andererseits tragen Smart-Grid-Ansätze sowie die E-Mobilität dazu bei, dass eine zunehmende Verknüpfung zwischen Strom, Wärme und Informations- und Kommunikationstechnologien stattfindet.⁵³³ Letzten Endes kann die Versorgungssicherheit beim Ausbau erneuerbarer Energien gewährleistet werden, indem Anpassungen des Energiebedarfs an das regenerative Energieangebot stattfinden, interkontinentale Energietransporte ermöglicht werden und eine entsprechende Speicherinfrastruktur geschaffen wird.

Die Raumplanung mit ihren zur Verfügung stehenden Tools scheint jedenfalls in der Theorie gut geeignet zu sein, um eine klima- und energiebewusste Entwicklung voranzutreiben und den Ausbau erneuerbarer Energien zu fördern. Eine Herausforderung stellt die pragmatische Umsetzung von Planungsvorhaben zur Erreichung der politischen Klima- und Energieziele dar. Hierzu müssen künftig die Methoden und Instrumente verstärkt in diesem Zusammenhang eingesetzt respektive dahingehend weiterentwickelt werden, um die Handlungsfähigkeit und Planungssicherheit der Energieraumplanung zu erhöhen. Mithilfe von Partizipationsverfahren und einer integrierten Flächennutzungsplanung sollen die entstehenden Raumansprüche der Energieinfrastruktur mit den Anliegen beteiligter sowie betroffener Akteurinnen und Akteure koordiniert werden, um in Zukunft eine nachhaltige Entwicklung zu ermöglichen und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

⁵³⁰ E-Control 2019: online

⁵³¹ Vgl. E-Control 2019: online

⁵³² Vgl. E-Control o.J.: online

⁵³³ Vgl. Brand et al. 2015: 12f.

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

ADAMOVIČ, Ludwig K. et al. (2009): Österreichisches Staatsrecht. Band 4: Allgemeine Lehren des Verwaltungsrechts. SpringerWienNewYork. Wien.

Agentur für erneuerbare Energien e.V. (o.J.): Wie funktioniert oberflächennahe Geothermie?. Online: URL: <https://www.unendlich-viel-energie.de/mediathek/grafiken/wie-funktioniert-oberflaechennahe-geothermie> (Stand: 21.08.2018).

AIGNER, Manuel et al. (2016): Besonderes Verwaltungsrecht. Wien: Jan Sramek Verlag.

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2017): Energiezukunft NÖ/ NÖ Energiefahrplan 2030. Online: URL: http://www.noe.gv.at/noe/Energie/Energiefahrplan_2030.html (Stand: 16.09.2018).

Amt der Niederösterreichischen Landesregierung (2018): Baden. Bezirksstatistik. Online: URL: <http://www.noe.gv.at/noe/Zahlen-Fakten/Baden.html> (Stand: 27.08.2018).

Amt der NÖ Landesregierung (2017): Biomassenutzung in Nahwärme- und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen in Niederösterreich. Stand: Dezember 2016. Online: URL: http://www.noe.gv.at/noe/Energie/Nahwaerme_A3_06_17.pdf (Stand: 17.09.2018).

Amt der NÖ Landesregierung (2018): Informationen zur Windkraft in Niederösterreich. Online: URL: <http://www.noe.gv.at/noe/Energie/WindFragen.html> (Stand: 19.09.2018).

Amt der NÖ Landesregierung (o.J.): NÖ Energiefahrplan 2030. Online: URL: <http://www.landtag-noe.at/service/politik/landtag/lvxvii/10/1021/1021E.pdf> (Stand 26.1.2018).

APA-OTS Originaltext-Service GmbH (2011): NÖ Landtag beschloss Energiefahrplan 2030. OTS0206, 18. Nov. 2011. Online: URL: https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20111118_OTS0260/noe-landtag-beschloss-energiefahrplan-2030 (Stand: 16.09.2018).

APA-OTS Originaltext-Service GmbH (2013): Wien Energie errichtet größte Photovoltaik-Aufdachanlage Österreichs. OTS0213, 6. Nov. 2013. Online: URL: https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20131106_OTS0213/wien-energie-errichtet-groesste-photovoltaik-aufdachanlage-oesterreichs-bild (Stand: 15.09.2018).

ARBTER, Kerstin et al. (2005): Die Zukunft gemeinsam gestalten. Das Handbuch Öffentlichkeitsbeteiligung. Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik (ÖGUT) und Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Lebensministerium). I. Auflage. Wien.

ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung [Hrsg.] (2005): Handwörterbuch der Raumordnung. 4., neu bearbeitete Auflage. Hannover.

Beuth Verlag GmbH (2019): „VDI Richtlinie - mehr als 2.000 Problemlöser für Sie.“. Online: URL: <https://www.beuth.de/de/regelwerke/vdi> (Stand: 25.03.2019).

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

BIBERACHER, Markus et al. (2010): Räumliche Modelle als Entscheidungsgrundlage für die Inwertsetzung regional verfügbarer Energiepotenziale zur CO₂-neutralen Deckung des lokalen Wärmebedarfs. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 56/2010. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Salzburg. Online: URL: https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/edz_pdf/1056_energiepotenziale.pdf (Stand: 22.02.2019).

Bibliographisches Institut GmbH (2018): „Interessenverband, seltener Interessensverband, der“. Online: URL: <https://www.duden.de/node/774838/revisions/1788000/view> (Stand: 05.03.2019).

BIERMAYR, Peter (2017): Erneuerbare Energie in Zahlen 2017. Entwicklung in Österreich Datenbasis 2016. Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus. Wien. Online: URL: [https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:1a630053-c7d0-4519-be34-115715178528/Brosch %C3 %BCre %20Erneuerbare %20Energie %20in %20Zahlen %202017 %20auf %20Datenbasis %202016.pdf](https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:1a630053-c7d0-4519-be34-115715178528/Brosch%C3%BCre%20Erneuerbare%20Energie%20in%20Zahlen%202017%20auf%20Datenbasis%202016.pdf) (Stand: 08.08.2018).

BIERMAYR, Peter et al. (2017): Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2016. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 13/2017. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Online: URL: https://www.pvaustria.at/wp-content/uploads/Marktstatistik_2016.pdf (Stand: 15.05.2018).

BILL, Ralf; FLACH, Guntram; KLAMMER, Ulf; LERCHE, Tobias [Hrsg.] (2012): GeoForum MV 2012 - GIS schafft Energie: Beiträge der Geoinformationswirtschaft zur Energiewende. Berlin: GITO mbH Verlag.

BIRKMANN, Jörn; VOLLMER, Maike; SCHANZE, Jochen [Hrsg.] (2013): Raumentwicklung im Klimawandel - Herausforderungen für die räumliche Planung. ARL. Hannover.

BLIEM, Markus et al. (2011): Energie [R]evolution Österreich 2050. Der Weg zu einer sauberen Energie-Zukunft für Österreich. Projektbericht. Institut für Höhere Studien (IHS), Wien.

BOFINGER, Stefan et al. (2012): Potenzial der Windenergienutzung an Land. Kurzfassung. 2. Auflage. Bundesverband WindEnergie e.V. Berlin. Online: URL: https://www.windenergie.de/sites/default/files/download/publication/studie-zum-potenzial-der-windenergienutzung-land/bwe_potenzialstudie_kurzfassung_2012-03.pdf (Stand: 29.01.2018).

BRAND, Urte et al. (2015): Richtungsgebende Einflussfaktoren im Spannungsfeld von zentralen vs. Dezentralen Orientierungen bei der Energiewende und Ansatzpunkte für ein Leitkonzept Resilienz. RESYSTRA - Auf dem Weg zu resilienten Energiesystemen!. Diskussionspapier 1. Endversion. Universität Bremen; Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH. Bremen/Berlin. Online: URL: <http://www.resystra.de/files/publikationen/richtungsgebende-einflussfaktoren.master.pdf> (Stand: 20.03.2019).

BUCHSBAUM-REGNER, Thomas (2019): Verein Kleinwasserkraft Österreich (Bereitstellung von Daten über Kleinwasserkraftanlagen für den Bezirk Baden aus dem Jahr 2018). Wien: 10. Jänner 2019.

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

Bundesanstalt für Immobilienaufgaben [Hrsg.] (o.J.): Potenziale für Erneuerbare Energien. Forschungsprojekt zur Eignung von Flächen für Windkraft- und Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Bonn.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus [Hrsg.] (2017): Erneuerbare Energie in Zahlen 2017. Entwicklung in Österreich Datenbasis 2016. Online: URL: https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:61650a7c-04aa-49b7-a091-2643d52f0a2b/BMNT_EEIZ2017-Factsheet_DT.pdf (Stand: 08.08.2018).

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) [Hrsg.] (2015): Räumlich differenzierte Flächenpotentiale für erneuerbare Energien in Deutschland. BMVI-Online-Publikation, Nr. 08/2015. Berlin. Online: URL: http://lebenswertes-hochplateau.de/images/pdf/dokumente/DL_BMVI_Online_08_15.pdf (Stand: 14.01.2018).

Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2010): Energiestrategie Österreich. Wien.

Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (2016): Energiestatus 2016. Abteilung III/2 - Energiebilanz und Energieeffizienz. Wien.

Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW) (o.J.): eBod. Digitale Bodenkarte. „eBOD2“. Online: URL: <https://bodenkarte.at/#/center/16.2393,47.9856/zoom/12/l/t,false,60,kb> (21.03.2019).

CHRISTINER, Gerhard; FUCHS, Stefanie (2013): „Raumordnerische Maßnahmen für den zeitgerechten Ausbau der Stromnetze“. In: Rudolf Giffinger, Sibylla Zech [Hrsg.]: Energie und Raum. Österreichische Gesellschaft für Raumplanung. Wien: LIT Verlag GmbH & Co. KG, S. 129-132.

DAA Deutsche Auftragsagentur GmbH (o.J.): Dachausrichtung und möglicher Ertrag einer Photovoltaikanlage. Online: URL: <https://www.photovoltaike-web.de/photovoltaik/dacheignung/dachausrichtung> (Stand: 12.02.2019).

DEHNE, Peter (2005): Leitbilder in der räumlichen Entwicklung. In: ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung [Hrsg.]: Handwörterbuch der Raumordnung. 4., neu bearbeitete Auflage. Hannover, 608-614.

DELL, Gerhard (2013): „Regionale Energiekonzepte - Utopie ist machbar“. In: Rudolf Giffinger, Sibylla Zech [Hrsg.]: Energie und Raum. Österreichische Gesellschaft für Raumplanung. Wien: LIT Verlag GmbH & Co. KG, S. 137-141.

DETTLI, Reto et al. (2013): Richtplan Energie. Agglomeration Frauenfeld. Kanton Thurgau. Department für Bau und Umwelt. 8500 Frauenfeld. Online: URL: https://www.frauenfeld.ch/public/upload/assets/14877/Energierichtplan_Erlaeuterungen.pdf (Stand: 22.09.2018).

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

Deutsche Physikalische Gesellschaft e.V. (2016): Technik der solarthermischen Kraftwerke. Online: URL: <https://www.weltderphysik.de/gebiete/technik/energie/gewinnungumwandlung/solarenergie/solarthermie/technik-solkraftwerke/> (Stand: 11.11.2017).

DUMKE, Hartmut (2017): Erneuerbare Energien für Regionen - Flächenbedarfe und Flächenkonkurrenzen. Dissertation. TU Wien. Department für Raumplanung. Wien.

DUMKE, Hartmut et al. (o.J.): Energie im urbanen Raum (ENUR). Planungsinstrumente: Kommunikationsprozesse. Wirkungsarten und -ebenen. Department für Raumplanung, TU Wien. Online: URL: <http://enur.project.tuwien.ac.at/index.php/modgovinstr.html> (Stand: 11.09.2018).

DUMKE, Hartmut; FISCHBÄCK, Johannes; HIRSCHLER, Petra; KRONBERGER-NABIELEK, Pia et al. (2014): Energieraumplanung für Smart City Quartiere und Smart City Regionen (ERP_hoch3). Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.

E-Control (2019): Smart Meter - die intelligenten Zähler. Online: URL: <https://www.e-control.at/konsumenten/energie-sparen/smart-metering> (Stand: 20.03.2019).

E-Control (o.J.): Smart Meter. Was bringt Ihnen Ihr neuer Stromzähler?. Online: URL: <https://www.e-control.at/documents/20903/388512/e-control-smartmeter-infolyer.pdf/5283fb7d-031e-4156-a908-b4c8a94ef5ca> (Stand: 26.03.2019).

e-think; TU Wien (o.J.): „Austrian Heat Map“. Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus. Online: URL: <http://www.austrian-heatmap.gv.at/karte/> (21.03.2019).

EGGER, Heinz; GRUBER, Karl (2017): Bezirk Baden. Online: URL: http://regiowiki.at/wiki/Bezirk_Baden (Stand: 21.11.2017).

Energieagentur der Regionen (2011): „Badener Energiekur“. Umsetzungskonzept für die Klima- und Energie-Modellregion Baden. Online: URL: https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/assets/Uploads/bilder/doku/B068989_konzept.pdf (Stand: 21.12.2018).

Erneuerbare Energie Österreich (2017a): Solarenergie. Online: URL: <http://www.erneuerbare-energie.at/sonne> (Stand: 29.11.2017).

Erneuerbare Energie Österreich (2017b): Wasserkraft. Online: URL: <http://www.erneuerbare-energie.at/wasser> (Stand: 29.11.2017).

Erneuerbare Energie Österreich (2017c): Windenergie. Online: URL: <http://www.erneuerbare-energie.at/wind> (Stand: 29.11.2017).

Erneuerbare Energie Österreich (2017d): Biomasse. Online: URL: <http://www.erneuerbare-energie.at/biomasse> (Stand: 29.11.2017).

Erneuerbare Energie Österreich (2017e): Geothermie. Online: URL: <http://www.erneuerbare-energie.at/erdwrme> (Stand: 29.11.2017).

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

ESRI (o.J.): ArcGIS Desktop. ArcMap. „Sonneneinstrahlung (Fläche)“. Online: URL: <https://desktop.arcgis.com/de/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/area-solar-radiation.htm> (Stand: 14.02.2019).

Europäische Kommission (2017): Klima- und Energiepaket 2020. Online: URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_de (Stand: 26.11.2017).

Europäische Union (2017): Europa - Politikfelder der Europäischen Union. Energie. Online: URL: https://europa.eu/european-union/topics/energy_de (Stand: 26.11.2017).

EVI SOLARMEILE Hildesheim GmbH & Co. KG (2014): „Die Photovoltaik hat eine lange Geschichte“. Von der Sonne ins Stromnetz. Online: URL: <http://www.solarmeile-hildesheim.de/index-5-0.html> (Stand: 13.11.2017).

EVN AG (2010): Wärme aus Biomasse. Online: URL: [https://web.archive.org/web/20100122011840/http://www.evn.at/Privatkunden/Produkte/Warme/Warme-aus-Biomasse-\(1\).aspx](https://web.archive.org/web/20100122011840/http://www.evn.at/Privatkunden/Produkte/Warme/Warme-aus-Biomasse-(1).aspx) (Stand: 17.09.2018).

GAL, Philipp; YOUSSEF, Daniel (2016): Portfolio zur Kulturlandschaftsentwicklung. Region Baden (Niederösterreich). Erstellt im Rahmen der VO 280.321 Kulturlandschaftsentwicklung. Technische Universität Wien.

Geologische Bundesanstalt (o.J.): Geothermie in Österreich. Online: URL: <https://www.geologie.ac.at/forschung-entwicklung/kartierung-landesaufnahme/energie/geothermie/> (Stand: 21.08.2018).

Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) [Hrsg.] (2011): Österreichisches Raumentwicklungskonzept. ÖREK 2011. Wien.

GIFFINGER, Rudolf; ZECH, Sibylla [Hrsg.] (2013): Energie und Raum. Österreichische Gesellschaft für Raumplanung. Wien: LIT Verlag GmbH & Co. KG.

GÖTZL, Gregor (2010): GEO-Pot. Geothermie Potenzial Österreich. Beilage 1-D. Thermische Entzugsleistung gemäß VDI 4640. Online: URL: https://www.igb.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-grundbau/Diverse/Forschung/Geo-Pot_Beilage1.pdf (Stand: 20.10.2018).

Google Earth Pro (2018): Luftbildaufnahmen.

GSTREIN, Thomas Leo; HANNESSCHLÄGER, Michael; JÜLY, Julia (2011): Regionales Energiekonzept der LEADER-Region Römerland Carnuntum. Erneuerbare Energie aus der Region für die Region. Online: URL: https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/assets/Uploads/bilder/doku/B068984_konzept.pdf (Stand: 02.03.2019).

HAAS, Reinhard; BIERMAYR, Peter; KRANZL, Lukas (2006): „Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energieträger - wirtschaftliche Bedeutung für Österreich“. Technische Universität Wien. Energy Economics Group (EEG). Wien. Online: URL: <http://www.pvaustria.at/wp->

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

content/uploads/2013/07/Endbericht-zur-Studie-Erneuerbare-aus-und-in- %C3 %96sterreich.pdf
(Stand: 08.08.2018).

HAAS, Reinhard et al. (2003): Photovoltaik in Gebäuden. IEA Task 7. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 7/2003. Wien.

HEGGER, Manfred (2003): Von der passiven Nutzung zu einer smarten Solararchitektur. In: Christian Schittich (Ed.): Solar Architecture. Solares Bauen im DETAIL. Strategien - Visionen - Konzepte. Basel: Birkhäuser - Verlag für Architektur, S. 13-25.

HEMIS, Herbert; BORK, Herbert (2013): „Die Anforderungen für eine vorausschauende Energieraumplanung in Österreich“. In: Rudolf Giffinger, Sibylla Zech [Hrsg.]: Energie und Raum. Österreichische Gesellschaft für Raumplanung. Wien: LIT Verlag GmbH & Co. KG, S. 29-45.

HENCKEL, Dietrich et. al (2010): Planen - Bauen - Umwelt - Ein Handbuch. VS Verlag. Wiesbaden.

HOCHWARTER, Ernst (2015): EVN Sonnenkraftpotenzialanalyse. Baden.

HOLST, Axel; KERTSCHER, Philipp; GRENZDÖRFFER, Görres (2012): GIS-basierte Ermittlung von Freiflächen-PV-Potenzialen in Mecklenburg-Vorpommern. In: Ralf Bill, Guntram Flach, Ulf Klammer, Tobias Lerche [Hrsg.]: GeoForum MV 2012 - GIS schafft Energie: Beiträge der Geoinformationswirtschaft zur Energiewende. Berlin: GITO mbH Verlag, S. 11-17.

HUBER, Andreas Stefan (2016): „Raumordnungsrecht“. In: Manuel Aigner et al. (2016): Besonderes Verwaltungsrecht. Wien: Jan Sramek Verlag, S. 477-518.

Interessengemeinschaft Windkraft Österreich-IGW (2018a): Windkraft in Österreich. Jahresanfangskonferenz 10. Jänner 2018. Online: URL:
<https://www.igwindkraft.at/mmedia/download/2018.01.09/1515508826794413.pdf> (Stand: 27.05.2018).

Interessengemeinschaft Windkraft Österreich-IGW (2018b): Windrad-Landkarte. Detaillierte Informationen zu den Standorten von Windkraftanlagen in Österreich. Online: URL:
[https://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY\[0\]=1055](https://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY[0]=1055) (Stand:20.09.2018).

Interessengemeinschaft Windkraft Österreich-IGW (o.J.): Windenergie in Österreich. Online: URL:
https://www.igwindkraft.at/fakten/?xmlval_ID_KEY %5B0 %5D=1234 (Stand: 27.05.2018).

KALTSCHMITT, Martin et al. [Hrsg.] (2013): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 5. Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

KALTSCHMITT, Martin; STREICHER, Wolfgang; WIESE, Andreas [Hrsg.] (2006): Erneuerbare Energien. Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. 4. Auflage. Springer Verlag Berlin Heidelberg.

KANNING, Helga (2013): „Akteure und Kriterien für eine erfolgreiche regionale Gestaltung natur- und raumverträglicher Bioenergienutzung“. In: Rudolf Giffinger, Sibylla Zech [Hrsg.]: Energie und Raum. Österreichische Gesellschaft für Raumplanung. Wien: LIT Verlag GmbH & Co. KG, S. 63-80.

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

KANONIER, Arthur (2011): Arbeitsunterlage zur VO „Boden- und Raumordnungsrecht 1“. Boden- und Raumordnungsrecht 1. 8.3.2011. Raumordnungsrechtliche Planungssystematik. TU Wien. Department für Raumentwicklung, Umwelt- und Infrastrukturplanung. Fachbereich Rechtswissenschaften. Wien.

KANONIER, Arthur (2013a): Arbeitsunterlage zur VO „Boden- und Raumordnungsrecht“. Boden- und Raumordnungsrecht II. 16.04.2013. Örtliche Raumplanung. TU Wien. Wien.

KANONIER, Arthur (2013b): Arbeitsunterlage zur VO „Boden- und Raumordnungsrecht“. Boden- und Raumordnungsrecht I. 07.05.2013. Aktive Bodenpolitik. TU Wien. Wien.

Klima- und Energiefonds (2017a): 91 Klima- und Energie-Modellregionen (KEM) in 772 Gemeinden setzen Klimaschutzprojekte um. Online: URL: <https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/> (Stand: 18.09.2018).

Klima- und Energiefonds (2017b): Ebreichsdorf. Online: URL: <https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/showkem.php?id=A974930> (Stand: 19.09.2018).

Klima- und Energiefonds (2017c): Baden - Energiekur II. Online: URL: <https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/showkem.php?id=B068989> (Stand: 18.09.2018).

Klima- und Energiefonds (2019): 95 Klima- und Energiemodellregionen (KEM) in 819 Gemeinden setzen Klimaschutzprojekte um. Online: URL: <https://www.klimaundenergiemodellregionen.at/> (Stand: 21.03.2019).

Klima- und Energiefonds (o.J.): Klima- und Energie-Modellregionen. Online: URL: <https://www.klimafonds.gv.at/call/klima-und-energie-modellregionen/> (Stand: 18.09.2018).

KLOSS, Roland; CERVENY, Michael (2015): Energieraumplanung im Kanton Zürich. klimaaktiv. Energy Center Wien. Online: URL: <https://docplayer.org/10649093-Energieraumplanung-im-kanton-zuerich.html> (Stand: 19.10.2018).

KNIES, Jürgen (2012): „Die Bedeutung von Geodaten und Geowerkzeugen für eine nachhaltige Energieplanung. Das Interreg-Projekt „North Sea Sustainable Energy Planning“. In: Ralf Bill, Guntram Flach, Ulf Klammer, Tobias Lerche [Hrsg.]: GeoForum MV 2012 - GIS schafft Energie: Beiträge der Geoinformationswirtschaft zur Energiewende. Berlin: GITO mbH Verlag, S. 121-127.

Land Niederösterreich (2019): NÖ Atlas. Online: URL: [http://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/\(S\(moijntuycvfdtku5penzox0a\)\)/init.aspx?karte=atlas_wasserrecht&ks=wasser&cms=atlas_wasser&redliningid=ezn2ta0tysurohzofofbbotwgb&box=701408.223175381;299325.25;781332.276824619;336102.3333333333&srs=31259](http://atlas.noel.gv.at/webgisatlas/(S(moijntuycvfdtku5penzox0a))/init.aspx?karte=atlas_wasserrecht&ks=wasser&cms=atlas_wasser&redliningid=ezn2ta0tysurohzofofbbotwgb&box=701408.223175381;299325.25;781332.276824619;336102.3333333333&srs=31259) (Stand: 14.01.2019).

Land Salzburg (o.J.): Masterplan Klima + Energie 2020. Online: URL: https://www.salzburg.gv.at/umweltnaturwasser_/Seiten/salzburg2050-masterplan2020.aspx (Stand: 05.03.2019).

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

- LÖB, Stephan (2005): Regionalmanagement. In: ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung [Hrsg.]: Handwörterbuch der Raumordnung. 4., neu bearbeitete Auflage. Hannover, 942-949.
- LUTTER, Horst (2005): Energiekonzepte, regionale und kommunale. In: ARL - Akademie für Raumforschung und Landesplanung [Hrsg.]: Handwörterbuch der Raumordnung. 4., neu bearbeitete Auflage. Hannover, 206-207.
- Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20 - Energieplanung [Hrsg.] (2016): Energieraumplanung in Wien. Aufbereitung rechtlicher Aspekte. Werkstattbericht 169. Wien.
- Marktgemeinde Grödig (2016): Energieleitbild 2020. Maßnahmenorientierte Energieleitbild 2020 Grödig. Online: URL: https://groedig.riskommunal.net/Energieleitbild_2020_1 (Stand: 04.03.2019).
- Marktgemeinde Orth an der Donau (2007): Energieleitbild Orth a. d. Donau. Online: URL: http://www.orth.at/Seiten/030_Gemeinde/039_2_Energieleitbild/Energieleitbild_Orth.pdf (Stand: 04.03.2019).
- MATZDORF, R. (2017): Kinetische Energie. Universität Kassel. Online: URL: https://www.uni-kassel.de/fb10/fileadmin/datas/fb10/physik/oberflaechenphysik/exp2/Lehre/Steckbriefe_Mechanik/Kinetische_Energie.pdf (Stand: 18.01.2018).
- MIRASZEWSKI, Konrad; YOUSSEF, Daniel (2015): Energierrelevante Instrumente zur Raumentwicklung in Österreich. Seminararbeit. TU Wien. Department für Raumentwicklung, Infrastruktur- und Umweltplanung. Wien.
- MITTLBÖCK, Manfred et al. (2006): Virtuelle Kraftwerke für autarke Regionen. Berichte aus Energie- und Umweltforschung. 58/2006. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Wien.
- MOEINI, Saeed Dheghan (2007): Auslegung eines Solarturmkraftwerks mit Überkritischem Dampfprozess. Diplomarbeit. Universität Kassel. Institut für Technische Thermodynamik (ITT). Online: URL: http://elib.dlr.de/50236/1/Ausarbeitung_-_Solarturm_mit_%C3%BCberkritischem_Dampfprozess.pdf (Stand: 12.11.2017).
- NABIELEK, Pia; STANZER, Gregori (2018): Vortrag mit anschließender Podiumsdiskussion. „Windkraft-Zonen im internationalen Vergleich: Planungsprozesse, AkteurInnen und Umsetzung in Österreich, Belgien und den Niederlanden“. TU Wien. Department für Raumplanung. Regionalplanung und Regionalentwicklung. 4. Dezember 2018, Wien.
- Netz Niederösterreich GmbH (2016): Unser Stromnetz. Online: URL: <https://www.netz-noe.at/Netz-Niederosterreich/Netze-Portal/Stromnetz.aspx> (Stand: 09.09.2018).
- NIEDERBRUCKER, Richard (2010): Ermittlung der wesentlichen Einflussfaktoren zur Optimierung der Entzugsleistung von Erdwärmefontänen. Online: URL: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00506-010-0187-0.pdf> (Stand: 21.10.2018).
- NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH (2018a): „e5-Gemeinden in Niederösterreich“. Online: URL: <https://www.umweltgemeinde.at/e5-gemeinden-in-niederosterreich> (Stand: 8.1.2019).

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH (2018b): „Was ist das e5-Programm?“. Online: URL: <https://www.umweltgemeinde.at/schritte-im-e5-programm> (Stand: 8.1.2019).

NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH (2018c): „Schritte im e5-Programm“. Online: URL: <https://www.umweltgemeinde.at/was-ist-e5> (Stand: 8.1.2019).

NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH (2018d): „Baden“. Online: URL: <https://www.umweltgemeinde.at/e5-gemeinde-baden> (Stand: 8.1.2019).

NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH (2018e): „Oberwaltersdorf“. Online: URL: <https://www.umweltgemeinde.at/e5-gemeinde-oberwaltersdorf> (Stand: 8.1.2019).

NÖ Energie- und Umweltagentur GmbH (2018f): „Leobersdorf“. Online: URL: <https://www.umweltgemeinde.at/e5-gemeinde-leobersdorf> (Stand: 8.1.2019).

NÖ Pressehaus Druck- und VerlagsgmbH (2017): Oberwaltersdorf. Wien Energie und EVN errichten Windpark. Online: URL: <https://www.noen.at/baden/oberwaltersdorf-wien-energie-und-evn-errichten-windpark-energiequellen-niederosterreich-umwelt-49018179> (Stand: 19.09.2018).

NEUBARTH, Jürgen; KALTSCHMITT, Martin (2000): Erneuerbare Energien in Österreich. Systemtechnik, Potenziale, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte. Wien: Springer-Verlag Wien.

NYFFENEGGER, Ulrich (2016): Energieraumplanung - Ein Schlüssel zur Energiewende?. Energierichtplanung in der Schweiz. Amt für Umweltkoordination und Energie des Kantons Bern, AUE. SMART CITY Round Table Brunch. 1. Juli 2016, Salzburg. Online: URL: https://www.stadt-salzburg.at/pdf/vortrag__energierichtplanung_in_der_schweiz_.pdf (Stand: 23.09.2018).

OÖ Energiesparverband (o.J.): Photovoltaik. Strom aus der Sonne. Informationsbroschüre. Online: URL: http://www.energiesparverband.at/fileadmin/redakteure/ESV/Info_und_Service/Publikationen/Photovoltaik.pdf (Stand: 7.11.2017).

Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency [Hrsg.] (2014): Klima und Energie: Wissen kompakt. Wien.

Österreichisches Institut für Raumplanung (ÖIR) (o.J.): REGIO Energy. Tiefe Geothermie. Online: URL: <https://regioenergy.oir.at/geothermie> (Stand: 21.08.2018).

ÖTTL, Fabian et al. (2012): GIS-basierte Potenzialerhebung der Wasserkraft am Beispiel von Südtirol. 12. Symposium Energieinnovation, 15.-17.2.2012. Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation TU Graz. Südtiroler Elektrizitätsgesellschaft. Graz. Online: URL: https://www.tugraz.at/fileadmin/user_upload/Events/Eninnov2012/files/lf/LF_Oettl.pdf (Stand: 17.01.2018).

PRINZ, Thomas et al. (2009): Energie und Raumentwicklung - Räumliche Potenziale erneuerbarer Energieträger. Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK). Schriftenreihe Nr. 178. Wien.

Pöyry Austria GmbH (2018): Österreichs E-Wirtschaft. Wasserkraftpotenzialstudie Österreich. Aktualisierung 2018.

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

PUWEIN, Wilfried; WEINGÄRTLER, Michael (2008): Public Private Partnership in Österreich. Aktuelle Bestandsanalyse und Trends. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung. Wien.

QUASCHNING, Volker (2015): Regenerative Energiesysteme: Technologie - Berechnung - Simulation. 9. neu bearbeitete und erweiterte Auflage. München: Carl Hanser Verlag.

QUASCHNING, Volker; GEUDER, Norbert; ORTMANN, Winfried (2002): Vergleich und Bewertung verschiedener Verfahren zur Solarstrahlungsbestimmung. 13. Internationales Sonnenforum Berlin - 12. bis 14. September 2002. Online: URL: https://volker-quaschning.de/downloads/Sofo2002_1.pdf (Stand: 11.11.2017).

Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH (o.J.): Energie und Raumentwicklung. Online: URL: <https://ispace.researchstudio.at/energie-und-raumentwicklung> (Stand: 27.11.2017).

ROSNER, Katja (2013): „Energie ohne Grenzen. Österreichisch-Tschechische Initiativen“. In: Rudolf Giffinger, Sibylla Zech [Hrsg.]: Energie und Raum. Österreichische Gesellschaft für Raumplanung. Wien: LIT Verlag GmbH & Co. KG, S. 125-128.

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2014): Geothermieatlas Sachsen. Allgemeine Erläuterungen zum Kartenwerk der geothermischen Entzugsleistung im Maßstab 1 : 50 000 GTK 50. Dresden. Online: URL: http://www.geologie.sachsen.de/download/Erlaeuterungen_Geothermieatlas.pdf (Stand: 15.11.2018).

SCHICKETANZ, Sven (2012): Grünlandenergie Havelland. Eine übertragbare Potenzialanalyse. In: Ralf Bill, Guntram Flach, Ulf Klammer, Tobias Lerche [Hrsg.]: GeoForum MV 2012 - GIS schafft Energie: Beiträge der Geoinformationswirtschaft zur Energiewende. Berlin: GITO mbH Verlag, S. 19-25.

Stadtentwicklung Wien Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung [Hrsg.] (2014): STEP 2025. Stadtentwicklungsplan Wien. Online: URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/studien/pdf/b008379a.pdf> (Stand: 04.03.2019).

Stadt Wien (o.J.a): Methodik und Erstellung - Solarpotenzialkataster. Online: URL: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/stadtvermessung/geodaten/solar/solarmethodik.html> (Stand: 14.02.2019).

Stadt Wien (o.J.b): Wiener Gebietsbetreuung Stadterneuerung. Online: URL: <https://www.wien.gv.at/wohnen/wohnbautechnik/gebietsbetreuung/> (Stand: 06.03.2019).

STANZER, Gregori; NOVAK, Stephanie et al. (2010): REGIO Energy. Regionale Szenarien erneuerbarer Energiepotenziale in den Jahren 2012/2020. Wien/St Pölten.

Statistik Austria (2016): Energiedaten Österreich 2015. Änderung wichtiger Kennzahlen und Einflussfaktoren im Vergleich zum Vorjahr. Bundesanstalt Statistik Österreich: Wien.

Statistik Austria (2017): Politische Bezirke. Tabelle(n). Online: URL: https://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/politische_bezirke/index.html (Stand: 29.11.2017).

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

Statistik Austria (2018a): Bevölkerung. Online: URL:

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/index.html (Stand: 22.09.2018).

Statistik Austria (2018b): Energieeinsatz der Haushalte. Strom- und Gastagebuch. Durchschnittlicher Stromverbrauch eines Haushalts 2008, 2012 und 2016. Energiestatistik: Strom- und Gastagebücher 2008/2012/2016. Online: URL:

https://www.statistik.at/web_de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/energie_und_umwelt/energie/energieeinsatz_der_haushalte/index.html - Seite 2 (Stand: 27.09.2018).

STOCKMANN, Gabriela (2017): Bezirk Baden: wichtiger Beitrag zur Energiebewegung. Bezirksblätter Niederösterreich. meinbezirk.at. 7. August 2017. Online: URL: https://www.meinbezirk.at/baden/c-wirtschaft/bezirk-baden-wichtiger-beitrag-zur-energiebewegung_a2211000 (Stand: 14.09.2018).

STÖGLEHNER, Gernot et al. (2014): Energieraumplanung. Ergebnisse der ÖREK-Partnerschaft. Materialienband. Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK): Schriftenreihe Nr. 192. Wien.

STÖGLEHNER, Gernot; HASSELSBERGER, Beatrix (2013): „Energiewende - Neue Perspektiven für die Raumplanung“. In: Rudolf Giffinger, Sibylla Zech [Hrsg.]: Energie und Raum. Österreichische Gesellschaft für Raumplanung. Wien: LIT Verlag GmbH & Co. KG, S. 13-28.

STÖGLEHNER, G., NARODOSLAWSKY, M., STEINMÜLLER, H., STEININGER, K., WEISS, M., MITTER, H., NEUGEBAUER G.C., WEBER, G., NIEMETZ, N., KETTL, K.-H., EDER, M., SANDOR, N., PFLÜGLMAYER, B., MARKL, B., KOLLMANN, A., FRIEDL, C., LINDORFER, J., LUGER, M., KULMER, V. (2011): PlanVision - Visionen für eine energieoptimierte Raumplanung. Projektendbericht. Gefördert aus Mitteln des Klima- und Energiefonds. Wien.

STRASSER, Helmut (o.J.): e5 - Programm für energieeffiziente Gemeinden. SIR - Salzburger Institut für Raumordnung und Wohnen. Salzburg.

SUTTER, Johannes et al. (2006): Energie in der kommunalen Raumplanung. Amt für Umwelt des Kantons Appenzell Ausserrhoden.

Süwag Energie AG (2005): Strom aus Wasserkraft. Online: URL: <http://www.stadtwerke-weilburg.de/homepage/engagement/05Wasserkraft-Suewag.pdf> (Stand: 12.03.2018).

THALHAMMER, Kilian (2008): Ressourcenmanagement in Multiprojektorganisationen. Am Beispiel einer Unternehmensberatung. Hamburg: Diplomica Verlag GmbH.

Umweltbundesamt GmbH [Hrsg.] (2015): Energiewirtschaftliche Szenarien im Hinblick auf die Klimaziele 2030 und 2050. Szenario WAM plus. Synthesebericht 2015. Wien. Online: URL: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0535.pdf> (Stand: 21.03.2019).

Umweltdachverband GmbH (2015): Gewässer schützen - Wasserkraft nützen. Flüsse im Spannungsfeld der Interessen. Online: URL: <http://www.umweltdachverband.at/assets/Umweltdachverband/Publikationen/Eigene-Publikationen/Wasserkraftbroschuere-final-WEB.pdf> (Stand: 15.05.2018).

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

Unser Kraftwerk UK-Naturstrom GmbH (o.J.a): Projektbeschreibung. Online: URL: <https://www.unserkraftwerk.at/wp-content/uploads/2017/06/Projektbeschreibung.pdf> (Stand: 18.09.2018).

Unser Kraftwerk UK-Naturstrom GmbH (o.J.b): Wasserkraftwerk Pfaffstätten - Wiener Neustädter Kanal. Online: URL: <https://www.unserkraftwerk.at/project/wasserkraftwerk-pfaffstaetten/> (Stand: 18.09.2018).

Verein Kleinwasserkraft Österreich (o.J.): Saubere Energie, saubere Umwelt! Verein Kleinwasserkraft Österreich. Online: URL: <http://www.kleinwasserkraft.at/verein> (Stand: 05.03.2018).

WATTER, Holger (2015): Regenerative Energiesysteme. Grundlagen, Systemtechnik und Analysen ausgeführter Beispiele nachhaltiger Energiesysteme. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Flensburg: Springer Vieweg.

WENINGER, Kurt (2016): Erneuerbare Energie in der Raumplanung. Raumordnungsrechtliche und -fachliche Aspekte Erneuerbarer Energie in Österreich. Diplomarbeit. TU Wien. Fakultät für Architektur und Raumplanung. Wien.

WESSELY, Godfrid (1983): Zur Geologie und Hydrodynamik im südlichen Wiener Becken und seiner Randzone. Online: URL: https://www2.uibk.ac.at/downloads/oegg/Band_76_27_68.pdf (Stand: 21.12.2018).

Wien Energie GmbH (2018a): Traiskirchen. Österreichs zweitgrößte Photovoltaik-Aufdachanlage ist am Gewerbepark Traiskirchen entstanden. Online: URL: <https://www.buergerkraftwerke.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeld/67349/channelId/-53364> (Stand: 16.09.2018).

Wien Energie GmbH (2018b): Oberwaltersdorf. Einer der größten Photovoltaik-Parks in Österreich wurde in Form eines Bürgerbeteiligungsprojekts umgesetzt. Online: URL: <https://www.buergerkraftwerke.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeld/67349/channelId/-47890> (Stand: 16.09.2018).

Wien Energie GmbH (2018c): Kleinkraftwerk Trumau. Das Kleinkraftwerk Trumau zeigt, dass sinnvolle Nutzung von Wasserkraft auch in kleinem Rahmen möglich ist. Online: URL: <https://www.wienenergie.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeld/67831/channelId/-48341> (Stand: 18.09.2018).

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) [Hrsg.] (2008): Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin.

WWF (2012): Living Planet Report 2012. Biodiversität, Biokapazität und neue Wege. WWF International, Gland, Schweiz. Online: URL: http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Living_Planet_Report_2012.pdf (Stand: 05.03.2018).

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

Experteninterviews

Interview 1 [31:39 min] (06.11.2018): Politik

Interview 2 [49:06 min] (07.11.2018): Verwaltung

Interview 3 [52:32 min] (16.11.2018): Ingenieurbüro für Raum- und Landschaftsplanung

Interview 4 [28:40 min] (12.12.2018): Forschung

Interview 5 [32:44 min] (14.12.2018): Energie- und Umweltinstitution

Geodaten

European Commission: INSPIRE GEOPORTAL. Geology Data sets in Austria. Hydrogeologische Einheiten 1:500.000 Österreich. Online: URL: <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/results.html?country=at&view=details&theme=ge> (Stand: 1.10.2018).

Land Niederösterreich (NÖ). Amt der Niederösterreichischen Landesregierung. Gruppe Baudirektion - Abteilung Hydrologie und Geoinformation: Geoshop. Online: URL: <https://geoshop.noel.gv.at> (Stand: 18.09.2018).

Land Niederösterreich (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung - Abteilung Landesamtsdirektion): Digitales Geländemodell - 10m. Online. URL: http://noe.gv.at/noe/OGD_Detailseite.html?id=46a7a06a-f69b-405e-aac2-77f775449ad3 (Stand: 18.09.2018).

Umweltbundesamt GmbH: Datenkatalog: Landbedeckung. CORINE Landbedeckung 2012. CLC 2012. Online: URL: http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/umweltinfo/opendata/oed_landbedeckung/?cgi_proxy_url=http%3A%2F%2Fhttpapp5.umweltbundesamt.at%2Fdata%2Fdataset.jsf%3Bjsessionid%3D2D82087CF5008A663D6C1C524BC13EE1%3Fid%3D29 (Stand: 18.09.2018).

Rechtsquellen

Bundes-Verfassungsgesetz (B-VG); BGBl. Nr. 1/1930 (WV) idF. BGBl. I Nr. 194/1999 (DFB) idF. BGBl. I Nr. 22/2018

NÖ Bauordnung 2014 (NÖ BO 2014); StF: LGBl. Nr. 1/2015; idF. LGBl. Nr. 53/2018

Niederösterreichisches Raumordnungsgesetz 2014 (NÖ ROG 2014); StF: LGBl. Nr. 3/2015; idF. LGBl. Nr. 65/2017

RICHTLINIE 2009/28/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG.

Verordnung über ein Sektorales Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ; StF: LGBl. 8001/1-0

7. Abbildungs-, Tabellen-, Diagramm- und Kartenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1: Energiewandlungskette	7
Abbildung 2: Quellen und Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energieträger.....	10
Abbildung 3: Energiekugeln - relative Gegenüberstellung des jährlichen regenerativen Energieangebots zu den insgesamt vorhandenen konventionellen Energieträgern	10
Abbildung 4: Weg des Sonnenlichts durch die Atmosphäre	12
Abbildung 5: Wesentliche Energieflüsse innerhalb eines Gebäudes	13
Abbildung 6: Funktionsprinzip eines Solarthermie-Kollektors.....	15
Abbildung 7: Energiewandlungskette der solarthermischen Wärmenutzung.....	16
Abbildung 8: Solarthermisches System zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung	16
Abbildung 9: Prinzip der solaren Nahwärmeversorgung	17
Abbildung 10: Prinzipieller Aufbau eines Solarmoduls	18
Abbildung 11: Energiewandlungskette der photovoltaischen Stromerzeugung	18
Abbildung 12: Photovoltaikanlage mit direkter Einspeisung ins öffentliche Versorgungsnetz	19
Abbildung 13: Prinzip des Wasserkreislaufs auf der Erde	21
Abbildung 14: Schematischer Aufbau eines Laufwasserkraftwerks.....	22
Abbildung 15: Berechnung des potenziellen Regelarbeitsvermögens einer Wasserkraftanlage	22
Abbildung 16: Energiewandlungskette der Wasserkraftnutzung	24
Abbildung 17: Prinzipieller Aufbau konventioneller Horizontalachsenanlagen.....	27
Abbildung 18: Energiewandlungskette einer Windkraftanlage	28
Abbildung 19: Möglichkeiten der Energiebereitstellung aus Biomasse.....	31
Abbildung 20: Nutzung seichter Geothermie mittels Kollektoren, Sonden und Grundwasserbrunnen	34
Abbildung 21: Prinzip eines geothermischen Heizwerks	35
Abbildung 22: Prinzipieller Ablauf einer Potenzialmodellierung	37
Abbildung 23: Modellierung des theoretischen Solarkraftpotenzials.....	38
Abbildung 24: Modellierung des theoretischen und technischen Wasserkraftpotenzials	43
Abbildung 25: Formeln der Wasserhaushaltsgleichung und der potenziellen Energie	43
Abbildung 26: Modellierung des theoretischen und technischen Windkraftpotenzials	46
Abbildung 27: Modellierung des theoretischen und technischen Biomassepotenzials	49
Abbildung 28: Modellierung des hydrothermalen Geothermiepotenzials	53

7. Abbildungs-, Tabellen-, Diagramm- und Kartenverzeichnis

Abbildung 29: Modellierung des Potenzials aus oberflächennaher Geothermie	54
Abbildung 30: Beispiel zur Ermittlung der Wärmeentzugsleistung aus einem 40 m tiefen Bohrloch ..	55
Abbildung 31: Modellierung des Umgebungswärmepotenzials	56
Abbildung 32: Luftbild der gebäudegebundenen Photovoltaikanlage im Gewerbepark Traiskirchen .	67
Abbildung 33: Luftbild der Photovoltaik-Freiflächenanlage in Oberwaltersdorf.....	68
Abbildung 34: Staudruckmaschine des Kleinwasserkraftwerks in Pfaffstätten.....	70
Abbildung 35: Luftbild - Verortung der Windkraftanlagen im Bezirk Baden (2018) (maßstabslos)	71
Abbildung 36: Eignung der Dachflächen zur Solarenergienutzung nach Ausrichtung und Neigung	73
Abbildung 37: Ergebnis der gebäudegebundenen Solarpotenzialanalyse (GIS-Kartenausschnitt)	73
Abbildung 38: Schematische Darstellung des Prinzips der Sonneneinstrahlungsberechnung (Sonnenposition und -neigung im Tages-/Jahresverlauf sowie Verschattung).....	76
Abbildung 39: Prinzipielle Vorgehensweise der Sonneneinstrahlungssimulation.....	77
Abbildung 40: Querschnitt des geologischen Profils im Bezirk Baden.....	89
Abbildung 41: Energierelevante Planungsinstrumente - Beispielset.....	95
Abbildung 42: Rahmenbedingungen, Struktur und Themen der Energiestrategie Österreich.....	99
Abbildung 43: Prozessablauf im e5-Programm.....	111
Abbildung 44: Gemeindeprofile und Umsetzungsgrade der e5-Gemeinden im Bezirks Baden	112
Abbildung 45: Grundlagen und prinzipielles Schema für die Erstellung eines kommunalen Energierichtplans.....	118
Abbildung 46: Einbettung eines kommunalen Energierichtplans ins Planungsinstrumentarium	119
Tabellen	
Tabelle 1: Dichte der Luft in Abhängigkeit zur Temperatur ($\rho = 1 \text{ bar} = 1000 \text{ hPa}$).....	26
Tabelle 2: Konflikte bezüglich der Flächeninanspruchnahme für PV-Freiflächenanlagen.....	41
Tabelle 3: Konflikte bezüglich der Flächeninanspruchnahme und Raumwirkung der Windenergienutzung.....	47
Tabelle 4: Potenzieller flächenbezogener Energieertrag von Biomasseprodukten nach Landbedeckungsklassen.....	49
Tabelle 5: Potenzielle Konflikte des Biomasseanbaus mit Schutzbelangen.....	51
Tabelle 6: Entzugsleistungen für Flächenkollektoren nach Bodentyp (Bodentyp - HAÖ ATLAS, Entzugsleistung - VDI 4640).....	56
Tabelle 7: Eingeschränkte technische Potenziale erneuerbarer Energieträger, inklusive der Szenarien für 2020 sowie bereits genutzte Anteile 2016 von Szenario MAX 2020 in Österreich	58
Tabelle 8: Geo-Datengrundlagen für die räumlichen Potenzialanalysen der erneuerbaren Energieträger.....	59

7. Abbildungs-, Tabellen-, Diagramm- und Kartenverzeichnis

Tabelle 9: Flächenbedarfe erneuerbarer Energieproduktion nach Energieträgern (m ² /kWh·a)	61
Tabelle 10: Sektoraler Endenergiebedarf im Bezirk Baden (2016) (Schätzung).....	66
Tabelle 11: Daten zu den Windparks im Bezirk Baden.....	71
Tabelle 12: Gebäudegebundenes Solarenergiepotenzial im Bezirk Baden nach Gemeinden, differenziert nach Elektrizität und Wärme	74
Tabelle 13: Jahresverlauf der maximalen absoluten (flächenbezogenen) und relativen Sonneneinstrahlungswerte im Bezirk Baden	75
Tabelle 14: Gebäudegebundene Solarpotenzialanalyse - Methodenvergleich anhand der Gemeinden Oberwaltersdorf und Kottlingbrunn	77
Tabelle 15: Freiflächenbezogenes Photovoltaikpotenzial im Bezirk Baden.....	80
Tabelle 16: Bestand, Engpassleistung und Regelarbeitsvermögen der (Klein)Wasserkraftanlagen im Bezirk Baden (2018).....	81
Tabelle 17: Flächen und durchschnittliche Energieerträge der bestehenden Windparks im Bezirk Baden.....	83
Tabelle 18: Potenzieller Energieertrag aus Windkraft im Bezirk Baden, auf Eignungsflächen gemäß dem Sektoralem Raumordnungsprogramm über die Windkraftnutzung in NÖ	83
Tabelle 19: Potenzieller Energieertrag forstwirtschaftlicher Biomasse	85
Tabelle 20: Landwirtschaftlich genutzte Flächen im Bezirk Baden	85
Tabelle 21: Erwartungswert der spezifischen thermischen Entzugsleistung der Gesteinsarten im Bezirk Baden (VDI Richtlinie 4640 unter Vorgabe von 2400 Jahresbetriebsstunden)	86
Tabelle 22: Eignung und Energieertrag des oberflächennahen Geothermiepotenzials im Bezirk Baden	88
Tabelle 23: Annahmen für die Berechnung des hydrothermalen Geothermiepotenzials (Tattendorf 1)	89
Tabelle 24: Hydrothermales Geothermiepotenzial (Tattendorf 1)	90
Tabelle 25: Jährlicher mittlerer flächenbezogener Energieertrag von Flächenkollektoren im bodennahen Erdreich, bei 2.400 Betriebsstunden, differenziert nach Bodentypen	91
Tabelle 26: Erneuerbare Energiepotenziale im Bezirk Baden, differenziert nach Elektrizität und Wärme.....	93
Tabelle 27: Handlungsfelder der Energieraumplanung	97
Tabelle 28: Handlungsfelder und Aufgabenbereiche der 3. Strategiesäule (Klimawandel, Anpassung und Ressourceneffizienz) des ÖREK 2011	101
Tabelle 29: Quantitative Ziele des NÖ Energiefahrplans 2030 für den Ausbau erneuerbarer Energien (in GWh)	103

7. Abbildungs-, Tabellen-, Diagramm- und Kartenverzeichnis

Diagramme

Diagramm 1: Anteile der Energieträger am Bruttoinlandsverbrauch in Österreich 2016	9
Diagramm 2: Marktentwicklung der Photovoltaik- und Solarthermieranlagen in Österreich	11
Diagramm 3: Einsatzgebiete unterschiedlicher Wasserturbinen in Abhängigkeit von Fallhöhe H und Durchfluss Q	23
Diagramm 4: Rayleigh-Verteilung für verschiedene mittlere Windgeschwindigkeiten	25
Diagramm 5: Verbrauch fester Biobrennstoffe in Österreich von 2006-2017 in Petajoule (PJ)	29
Diagramm 6: Anteile erneuerbarer Energieträger in Österreich 2016	58
Diagramm 7: Sektoraler Endenergieverbrauch in Österreich (2016)	65
Diagramm 8: Monatliches gebäudegebundenes Solarenergiepotenzial im Bezirk Baden (Photovoltaik oder Solarthermie)	76
Diagramm 9: Zielpfade gemäß NÖ Energiefahrplan - Niederösterreichs Endenergieverbrauch in GWh, differenziert nach den Sektoren Gebäude, Verkehr und Produktion (Szenario ab 2009)	102

Karten

Karte 1: Räumliche Verteilung der Wasserkraftwerke in Österreich	20
Karte 2: Regionale Verteilung der Windenergieerzeugung in Österreich nach Bundesländern (Ende 2017)	25
Karte 3: Bestand und Potenzialgebiete hydrothermalen Geothermie in Österreich	32
Karte 4: Gemeinden und Lage des Bezirks Baden in NÖ	64
Karte 5: Übersicht - Kulturlandschaften im Bezirk Baden	64
Karte 6: Biomassenutzung in Nahwärme- und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen im Bezirk Baden (2016)	69
Karte 7: Übersichtskarte des Bezirks Baden	72
Karte 8: Photovoltaik-Freiflächenpotenziale im Bezirk Baden	79
Karte 9: Verortung der bestehenden Wasserkraftanlagen im Bezirk Baden	80
Karte 10: Land- und forstwirtschaftliche Biomasse-Potenzialflächen im Bezirk Baden	84
Karte 11: Jährliches, flächenspezifisches Potenzial aus oberflächennaher Geothermie im Bezirk Baden	87
Karte 12: Heizkraftwerke, Fernwärmenetze und Wärmebedarfsdichte in der Nähe des hydrothermalen Geothermiepotenzials im Bezirk Baden (Tattendorf 1)	90
Karte 13: Kartenausschnitt des Bezirks Baden aus Anlage 2 (Karte SO) des Sektoralen Raumordnungsprogramms über die Windkraftnutzung in NÖ	106
Karte 14: Übersicht der Klima- und Energiemodellregionen im Bezirk Baden	108

**Räumliche Potenzialanalyse und Einsatz erneuerbarer Energieträger
 am Beispiel des Bezirks Baden (NÖ) - Ein Beitrag zur regionalen Energieraumplanung**

Interviewleitfaden

1.	<p>Einführung: Energieraumplanung beschäftigt sich mit den räumlichen Dimensionen von Energieverbrauch und Energieversorgung. Wichtige Grundsätze und Ziele, welche mit regionaler Energieraumplanung verfolgt werden sind Energieeinsparungen, Energieeffizienzsteigerungen und der Umstieg auf erneuerbare Energieträger, unter Gewährleistung der Versorgungssicherheit und Koordination der entstehenden Raumansprüche.</p> <p>a) <i>Wann haben Sie sich zum ersten Mal mit Themen der Energieraumplanung beschäftigt?</i></p> <p>b) <i>Welche Ihrer Tätigkeiten oder Projekte haben mit Energie(raum)planung zu tun?</i></p>
2.	<p>a) <i>Wie könnten allgemein klima- und energierelevante Aspekte stärker mit der Raumplanung verknüpft werden? → Was bedeutet das für die regionale Ebene?</i></p> <p>b) <i>Welche Instrumente und Maßnahmen können Sie nennen, um die Wirkung einer regionalen bzw. interkommunalen Energieraumplanung zu fördern? → Welche davon würden Sie als besonders effektiv erachten?</i></p> <p>c) <i>Was für Instrumente oder Maßnahmen würden Sie als besonders wirkungsstark bewerten, um eine koordinierte, regionale Energieraumplanung zu fördern? → Inwiefern könnten bspw. Gemeindekooperationen dazu beitragen?</i></p> <p>d) <i>Wie könnte Ihrer Meinung nach Verbindlichkeit bei der Umsetzung energieraumplanerischer Maßnahmen (oder Projekte) hergestellt werden?</i></p>
3.	<p>a) <i>Bei welchen erneuerbaren Energieträgern sehen Sie die größten Nutzungspotenziale im Bezirk Baden?</i></p> <p>b) <i>Welche Projekte kennen Sie, die den Einsatz erneuerbarer Energien im Bezirk Baden fördern?</i></p> <p>c) <i>Und wie würden Sie die Rahmenbedingungen dieser Projekte beschreiben? → Beispielsweise hinsichtlich möglicher Treiber und Barrieren bei der Initiierung oder der Umsetzung der Projekte sowie relevanter Akteurinnen und Akteure im Projektverlauf.</i></p>
4.	<p>a) <i>Würden Sie die derzeitigen Steuerungsinstrumente und Maßnahmen, die in der regionalen Energieraumplanung zum Einsatz kommen, als ausreichend betrachten, um den Einsatz erneuerbarer Energieträger im Sinne einer umweltverträglichen Energiewende zu forcieren?</i></p> <p>→ Wenn Ja: <i>Welche Instrumente, Maßnahmen und Aktivitäten würden Sie hierbei bezüglich ihrer Effektivität hervorheben?</i></p> <p>→ Wenn Nein: <i>Was bräuchte es an Instrumenten, Maßnahmen und Aktivitäten? (Und wie würde die (rechtliche) Wirkungsweise funktionieren? Wie lässt sich Ihrer Meinung nach interkommunale Verbindlichkeit herstellen?)</i></p> <p>b) <i>Zusammengefasst, wie würden Sie persönlich die künftigen Handlungsmöglichkeiten der Energieraumplanung (im Bezirk Baden) beurteilen – bspw. nach Schulnoten, auf einer Skala von 1-5?</i></p> <p>c) <i>Abschließend: Was sehen Sie als Ihren persönlichen Beitrag zur Energieraumplanung?</i></p>

Antworten/ Notizen: