

Ludwig-Maximilians-Universität München
Fakultät für Geowissenschaften
Department für Geographie
Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung

GRUNDLAGEN DER ENERGIEWENDE UND ERNEUERBARE ENERGIEN IM LANDKREIS ROSENHEIM

Schriftliche Hausarbeit für die Zulassung zum Ersten Staatsexamen
für das gymnasiale Lehramt

vorgelegt von
Katharina Mayer
Herzogstraße, 88
80796, München

im Fach Geographie
bei
Herr Prof. Dr. Ralf Ludwig

München, 23. Juli 2018

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildungsverzeichnis | 4 |
| Abkürzungsverzeichnis und Glossar | 7 |
| 1. Grundlagen zur Energiewende | 8 |
| 1.1. Kurze Geschichte der Energiewende | 8 |
| 1.2. Energiewende im globalen, nationalen und regionalen Kontext | 11 |
| 1.3. Motivation der Arbeit und Klärung wichtiger Begriffe | 15 |
| 2. Naturräumliche Gegebenheiten im Landkreis Rosenheim | 17 |
| 2.1. Geomorphologie und Böden | 18 |
| 2.2. Klima (Wind, Temperatur, Niederschlag, Solare Strahlung) | 20 |
| 2.3. Hydrologie (Wasservorkommen) | 21 |
| 2.4. Landnutzung | 24 |
| 2.4.1. Landwirtschaft..... | 24 |
| 2.4.2. Forstwirtschaft und Vegetation | 25 |
| 2.4.3. Siedlungsflächen und Versiegelung..... | 26 |
| 3. Bedarfs- und Verbrauchsanalyse von Energie in Stadt und Landkreis Rosenheim..... | 28 |
| 3.1. Energiebilanz Stadt Rosenheim | 31 |
| 3.1.1. Strombedarf der Stadt Rosenheim..... | 31 |
| 3.1.2. Wärmebedarf der Stadt Rosenheim | 32 |
| 3.2. Energiebilanz Landkreis Rosenheim..... | 33 |
| 3.2.1. Strombedarf des Landkreises Rosenheim | 33 |
| 3.2.2. Wärmebedarf des Landkreises Rosenheim | 34 |
| 4. Daten und methodische Grundlagen der Bestands- und Potentialanalyse..... | 35 |
| 5. Energieerzeugung durch erneuerbare Energien im Landkreis Rosenheim | 37 |
| 5.1. Wasserkraft..... | 39 |
| 5.2. Photovoltaik..... | 41 |
| 5.3. Bioenergie | 43 |
| 5.4. Windenergie..... | 45 |
| 5.5. Geothermie..... | 46 |
| 6. Potentialanalyse der erneuerbaren Energien im Landkreis Rosenheim | 48 |
| 6.1. Potential der Wasserkraft..... | 52 |
| 6.2. Potential der Solarenergie | 53 |
| 6.3. Energiepotential aus Biomasse..... | 56 |
| 6.4. Potential der Windkraft..... | 57 |

| | |
|--|----|
| 6.5. Potential der Geothermie..... | 58 |
| 7. Diskussion..... | 60 |
| 7.1. Der Erfolg der Energiewende im Hinblick auf Klimaziele..... | 60 |
| 7.2. Flächennutzungskonflikte..... | 62 |
| 7.3. Ökologische Probleme erneuerbarer Energien..... | 63 |
| 8. Ausblick und weiterführende Gedanken..... | 64 |
| 8.1. Einsparmöglichkeiten und Energieeffizienz..... | 64 |
| 8.2. Technologieentwicklung und Forschung..... | 65 |
| 8.3. Elektromobilität..... | 66 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 1: Die drei Säulen des Bayerischen Energieprogramms ((Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, 2018) | 14 |
| Abb. 2: Die Planungsregion 18 mit den beteiligten Landkreisen (Regionaler Planungsverband Südostoberbayern, 2018)..... | 15 |
| Abb. 3: Differenzierung der Potentiale (Wikipedia, 2018) | 17 |
| Abb. 4: Geologische Karte 1:500.000 vom Landkreis Rosenheim (Otto, 2018) | 19 |
| Abb. 5: Mittlerer Jahresniederschlag in Bayern (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1998) | 21 |
| Abb. 6: Abflusskurve des Inns vom 17.06.2017 bis zum 17.06.2018 (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018b)..... | 22 |
| Abb. 7: Abflusskurve der Mangfall vom 17.06.2017 bis zum 17.06.2018 (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018c) | 23 |
| Abb. 8: Abflusskurve der Prien vom 17.06.2017 bis zum 17.06.2018 (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018a)..... | 23 |
| Abb. 9: Landoberflächennutzung im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Landesamt für Umwelt und Verbraucherschutz, 2014)..... | 24 |
| Abb. 10: Bodenfläche Bayerns zum 31.12.2015 nach Nutzungsarten - Anteile in Prozent (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2017) | 26 |
| Abb. 11: Art der Flächennutzung in Stadt und Landkreis Rosenheim zusammen, eigene Darstellung nach (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2018a) | 27 |
| Abb. 12: Versiegelte Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Einwohner in Quadratmeter im Jahr 2015 (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2018)..... | 28 |
| Abb. 13: Die linke Graphik zeigt die Bevölkerungsentwicklung der Stadt Rosenheim und die rechte Graphik die Bevölkerungsentwicklung für den Landkreis Rosenheim (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2018b)..... | 29 |
| Abb. 14: Schematische Darstellung des Primärenergieeinsatzes und dessen Aufteilung in Landkreis und Stadt Rosenheim im Jahre 2013 (Müller & Bücken, 2016, S. 14)..... | 30 |
| Abb. 15: Prozentuale Aufteilung des Primärenergieeinsatzes nach Energieträgern in Landkreis und Stadt Rosenheim, eigene Darstellung nach (Müller & Bücken, 2016, S. 16) ... | 30 |
| Abb. 16: Verteilung des Gesamtenergiebedarfs von der Stadt Rosenheim 2016 nach Sektoren, eigene Darstellung nach (Freitag et al., 2017, S. 10) | 31 |
| Abb. 17: Aufteilung des Strombedarfs der Stadt Rosenheim nach Sektoren, eigene Darstellung nach (Freitag et al., 2017, S. 11) | 32 |
| Abb. 18: Aufteilung des Wärmebedarfs der Stadt Rosenheim nach Sektoren, eigene Darstellung nach (Freitag et al., 2017, S. 14) | 32 |
| Abb. 19: Verteilung des Wärmebedarfs der Stadt Rosenheim nach Energiequelle, eigene Darstellung nach (Freitag et al., 2017, S. 13) | 33 |
| Abb. 20: Elektrischer Endenergiebedarf des Landkreises Rosenheim nach Verbrauchergruppen 2013, eigene Darstellung nach (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 1f.)... | 34 |
| Abb. 21: Thermischer Endenergieverbrauch des Landkreises Rosenheim nach Verbrauchergruppen 2013, eigene Darstellung nach (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 1f.) .. | 34 |
| Abb. 22: Thermischer Endenergieverbrauch des Landkreises Rosenheim nach Energieträger 2013 (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 3) | 35 |
| Abb. 23: Der Energie 3-Sprung (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 36 |

| | |
|---|----|
| Abb. 24: Bereitstellung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern in GWh für Stadt und Landkreis Rosenheim, eigene Darstellung nach (Müller & Bücken, 2016, S. 18) .. | 38 |
| Abb. 25: Wasserkraftanlagen und Anteile der Wasserkraft am Gesamtstromverbrauch je Landkreis in Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)..... | 39 |
| Abb. 26: Wasserkraftanlagen im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 40 |
| Abb. 27: Anteil der Wasserkraft am Gesamtstromverbrauch im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 40 |
| Abb. 28: Anteil Photovoltaik am Gesamtstromverbrauch im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 42 |
| Abb. 29: Photovoltaikanlagen im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 43 |
| Abb. 30: Anteil Bioenergie am Gesamtstromverbrauch in Bayern nach Landkreisen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 44 |
| Abb. 31: Biomasseanlagen, Deponien und kommunale Kläranlagen zur Stromerzeugung im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 45 |
| Abb. 32: Verteilung der Erdwärmesonden für oberflächennahe Geothermie in Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 47 |
| Abb. 33: Verteilung der Erdwärmesonden für oberflächennahe Geothermie im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 48 |
| Abb. 34: Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtstromverbrauch im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 48 |
| Abb. 35: Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch im Landkreis Rosenheim nach Energieträger. Von links nach rechts: Wind, Biomasse, PV-Dachflächen, PV-Freiflächen, Wasserkraft (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 49 |
| Abb. 36: Art und Verteilung der Schutzgebiete im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)..... | 50 |
| Abb. 37: Verteilung der Denkmäler im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)..... | 52 |
| Abb. 38: Neubaupotential an bestehenden Querbauwerken und Modernisierungs- und Nachrüstungspotential im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 52 |
| Abb. 39: Globalstrahlung im Jahresmittel (1971 bis 2000) im Landkreis Rosenheim in kWh/m ² (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)..... | 54 |
| Abb. 40: Korrekturfaktoren der ankommenden Strahlungsmenge auf einer geneigten Fläche für die vier Jahreszeiten (Hofer et al., 2016, S. 27) | 55 |
| Abb. 41: Eigentumsverhältnisse der Waldgebiete im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)..... | 56 |
| Abb. 42: Energiepotential aus Waldholz im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)..... | 56 |
| Abb. 43: Potential der Windkraft im Landkreis Rosenheim in 100m, 130m, 160m Höhe dargestellt als Volllaststunden pro Jahr (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 57 |
| Abb. 44: Günstige Gebiete für Erdwärmesonden in Bayern und im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a) | 58 |
| Abb. 45: Temperaturverteilung im Boden in 250 m Tiefe in Südbayern (Blauabstufungen) und mögliche Nutzungsgebiete für Geothermie zur Stromerzeugung (Otto, 2018) | 59 |

| | |
|--|----|
| Abb. 46: Vergleich der CO ₂ -Restemissionen der unterschiedlichen Klimaschutzziele bezogen auf das Jahr 1990 (Freitag et al., 2017)..... | 61 |
| Abb. 47: Darstellung der Treibhausgasemissionen verschiedener Sektoren in Deutschland von 1990 bis 2016 und der Klimaschutzlücke zwischen den Klimazielen von 2050 und der Trendfortschreibung (Agentur für erneuerbare Energien, 2018a) | 62 |

Abkürzungsverzeichnis und Glossar

| | |
|-----------------|--|
| /a | pro Jahr |
| AKW | Atomkraftwerk |
| BImSchG | Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| CO ₂ | Kohlenstoffdioxid |
| EE | Erneuerbare Energien |
| EEG | Erneuerbare-Energien-Gesetz |
| EnEV | Energieeinsparverordnung |
| EEWärmeG | Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz |
| EnergieStG | Energiesteuergesetz |
| EZG | Einzugsgebiet |
| Ezro | Energiezukunft Rosenheim |
| FFH | Fauna-Flora-Habitat |
| GHD | Gewerbe, Handel, Dienstleistungen |
| GJ | Grundeneergieeinheit Gigajoule (1 Gigajoule entspricht 10 ⁹ Joule) |
| GW | Gigawatt |
| GWh | Energieeinheit Gigawattstunde (entspricht 1.000 MWh) |
| KOM | Kommunaler Sektor |
| KWK | Kraft-Wärme-Kopplung |
| kWh | Energieeinheit Kilowattstunde |
| kWp | Kilowatt-Peak (Ein kWp = maximal abgegebene elektrische Leistung bei senkrechter Sonneneinstrahlung) |
| Lkr. | Landkreis |
| LSG | Landschaftsschutzgebiet |
| MNQ | Mittlerer Niedrigwasserabfluss |
| MQ | Mittlerer Abfluss |
| MW | Megawatt |
| MWh | Energieeinheit Megawattstunde (entspricht 1.000 kWh) |
| NDCs | Nationally Determined Contributions |
| NQ | Niedrigwasserabfluss |
| NSG | Naturschutzgebiet |
| PHH | Privathaushalt |
| PV | Photovoltaik |
| PVA | Photovoltaikanlage |
| SDGs | Sustainable Development Goals |
| THG | Treibhausgas |
| WFS | Web Feature Services |
| WKA | Wasserkraftanlage |
| WiKA | Windkraftanlage |
| WMS | Web Map Services |

1. Grundlagen zur Energiewende

1.1. Kurze Geschichte der Energiewende

Nachhaltige Energieversorgung ist eine der größten Herausforderungen dieser Zeit. Um die Versorgung zukunftsfähig zu gestalten, müssen nationale Energiesysteme umgebaut werden. Statt fossiler Energieträger, sollte auf erneuerbare Energien (EE) gesetzt werden. Diese sind in einer nachhaltigen Zukunft unabdingbar und angesichts des Klimawandels notwendig (Hake, Fischer, Venghaus, & Weckenbrock, 2015, S. 1). Dabei verfolgt die Politik meist zwei Grobziele: zum einen die Reduktion von Treibhausgasen, zum anderen eine Verbesserung der Energieeffizienz. Deutschland gilt hier als Vorreiter und wird folglich von anderen Staaten beurteilt und gleichzeitig die Effektivität der Maßnahmen und Instrumente wie das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), der Emissionshandel, die Integration der EE in ein Stromsystem und das Design des Strommarktes überprüft (Hake et al., 2015).

Die deutsche Politik ist seit den letzten 20 Jahren mit dem Thema Nachhaltigkeit beschäftigt und die Energiewende nimmt einen wichtigen Posten auf einem zukunftsorientierten Weg zur Nachhaltigkeit ein (Fischer, Hake, Kuckshinrichs, Schröder, & Venghaus, 2016, S. 1). Die ehrgeizigen Ziele bis 2020 wurden in verschiedenen Dokumenten festgehalten (Energiekonzept von 2010, Zusatz zur Energiepolitik von 2011 nach Fukushima, Koalitionsvertrag von 2013):

- Die Energieproduktivität soll sich um 20 % (seit dem Jahr 1990) erhöhen,
- die Treibhausgase sollen sich um 40 % bis zum Jahr 2020 und mindestens um 80 % bis zum Jahr 2050 reduzieren verglichen mit 1990.
- Außerdem soll der Anteil der EE bis 2020 um 18 % erhöht werden und bis 2050 um 60 %.
- Der Anteil der EE an der Stromproduktion soll bei 35 % (2020) bzw. 80 % (2050) liegen.
- Das letzte Atomkraftwerk (AKW) muss im Jahr 2022 vom Netz (Fischer et al., 2016, S. 1).

Um zu verstehen, wie es zur Energiewende und den Klimazielen kam, ist ein historischer Überblick hilfreich. Im Jahr 1977 wurde das Institut für angewandte Ökologie, kurz Öko-Institut, gegründet. Drei Jahre später wurde eine Studie mit dem Titel *Energie-Wende, Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran* veröffentlicht. Darin wird eine Zukunftsvision der Energiewende beschrieben. Die Autoren haben damit die Bezeichnung *Energiewende* als Energiekonzept ins Leben gerufen (Maubach, 2014, S. 29f.). Die anfänglich kleine Umweltbewegung gewinnt an Bedeutung. Auch die Gründung des BUND im Jahr 1975 ist Ausdruck dafür und die Grünen wurden im Jahr 1980 zu einer bundesweiten Partei (Maubach, 2014, S. 30). In den 1950er Jahren befasste sich die Politik vor allem mit dem Wiederaufbau der Energieversorgung nach dem Krieg. Westdeutschland investierte in Kernenergie, um international aufzuholen. Dies gelang zunächst nur mäßig. Als die nationale Kohleindustrie aber Konkurrenz durch ausländisches Mineralöl bekam, wurde ein erneuter Versuch

gestartet, die Kernenergie voranzutreiben. Finanzielle Anreize und Unterstützung durch die Regierung machten die Kernindustrie in den 1960er Jahren erstmals erfolgreich (Hake et al., 2015, S. 3). Doch schon zehn Jahre später kam es zu Protesten gegen Atomkraftwerke durch die grüne Bewegung unterschiedlicher Organisationen. Die Gemeinsamkeit der verschiedenen ökologischen Gruppen war die Ablehnung der Kernenergie (Hake et al., 2015, S. 4). Die Bewegung gegen Kernkraft kämpfte auch für eine Unabhängigkeit von Energieimporten. Trotzdem blieb die Energiewende zunächst ein theoretisches Konzept. Manche AKWs gingen sogar erst in den 1980er Jahren ans Netz. Erste Anzeichen einer Veränderung brachten höhere Auflagen im Umweltschutz für Kohlekraftwerke (Maubach, 2014, S. 33f.). Auch Versuche, Windenergie zu etablieren wurden gestartet, aber meist nicht erfolgreich zu Ende geführt. Allerdings kam es dann im Jahre 1990 zur Einführung eines Gesetzes, das einen entscheidenden Schritt für die Energiewende bedeutete. Das *Gesetz über die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz*, kurz das *Einspeisegesetz* verpflichtet Energieversorger, grünen Strom aus Kleinanlagen in ihre Netze einzuführen (Maubach, 2014, S. 38f.). Die Anbieter müssen für diesen Strom staatlich festgelegte Preise, die sogenannte Einspeisevergütung, zahlen. Dieses Gesetz wirkt auf dem Strommarkt regulierend und stellt ein Anreizsystem für Klein- und Privatanlagen da. Das Gesetz zeigt Erfolg, weil nur Anlagen für EE die Einspeisevergütung und somit eine sichere Preislage erhalten (Maubach, 2014, S. 39f.). Die zeitliche Nähe dieser Gesetzeseinführung zur deutschen Wiedervereinigung hatte zur Folge, dass Großkonzerne sich zunächst darauf konzentrierten, die Energieversorgung in Ostdeutschland zu modernisieren und nicht in Kleinanlagen für EE zu investieren (Maubach, 2014, S. 42). Am Anfang gab es hauptsächlich Windanlagen. Dagegen waren Sonnen- und Wasserenergie noch relativ unbedeutend. Mit der Entwicklung der EE entstanden neue Zulieferer-Branchen und Arbeitsplätze wurden geschaffen. Allmählich entwickelten sich die EE zu einer ernstzunehmenden Konkurrenz zu den konventionellen Großkonzernen (Maubach, 2014, S. 43f.). Die Kernenergie, die nach dem zweiten Weltkrieg eine erfolgsversprechende Energieform war, verlor Ende der 1980er Jahre ihren Status als innovative Technologie. Die damalige CDU-Regierung unterstützten auch nach dem Unglück in Chernobyl weiterhin den Einsatz von AKWs, aber die deutsche Bevölkerung sprach sich zunehmend dagegen aus (Hake et al., 2015, S. 7). Gleichzeitig rückte das Thema Klimawandel und Klimaschutz zum ersten Mal in den Fokus des öffentlichen Diskurs (Hake et al., 2015, S. 6). Mehrere Parteien machten den Klimawandel zum Thema und erste Klimaschutzziele wurden genannt. Die Reduktion der Treibhausgase (THG) stand im Vordergrund und Deutschland setzte damals die internationalen Standards in der Klimapolitik. Die Parteien waren sich einig, dass das Klima geschützt werden muss. Gleichzeitig herrschte aber Uneinigkeit darüber, wie es mit der Kernenergie weitergehen sollte. Deutlich wurde jedoch, dass EE in der Zukunft eine wichtige Rolle spielen werden (Hake et al., 2015, S. 7). Im Jahr 1998 gab es dann einen Regierungswechsel. Eine Koalition von SPD und Grüne löste die CDU ab. Diese Koalition stellte einen Plan vor, die AKWs nach und nach abzustellen und in EE zu investieren. Der Koalitionsvertrag ist einer der Wendepunkte in der deutschen Energiepolitik (Hake et al., 2015, S. 8). Nachfolgend traten diverse Gesetze in Kraft,

die allerdings teils widersprüchlich sind und Unternehmer und Kunden verwirren. Im Jahr 2000 wurde das Einspeisegesetz erneuert und zum *Gesetz zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien*, bzw. *Erneuerbare-Energien-Gesetz*, kurz EEG umbenannt (Maubach, 2014, S. 60). Weiterhin wird das EEG in unregelmäßigen Abständen novelliert. Die neueste Version ist vom Jahr 2017 (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018b). Weiterhin gelten festgelegte Einspeisevergütungen und Abnahmeverpflichtungen für regenerativen Strom. Die Netzbetreiber kaufen den Strom von den Anlagenbetreibern zu den Vergütungspreisen und verteilen Strom und Kosten an die Kunden. Allerdings wurden die Vergütungsstrukturen des EEG verfeinert. Die Höhe der Einspeisevergütung ist jetzt abhängig von der verwendeten Technologie und der Anlagengröße (Maubach, 2014, S. 61). Das EEG machte Investitionen in EE attraktiv und als Folge wurde das Ziel, nämlich die Verdopplung der Stromerzeugung aus EE bis zum Jahr 2010, auch erreicht. Gleichzeitig stiegen aber die Strompreise aufgrund der Einspeisevergütung, die nicht an die marktüblichen Schwankungen gebunden ist. Auch ersetzten Investitionen in EE nicht die laufenden Kosten für herkömmliche Kraftwerke. Um zum Beispiel die Stromversorgung in wind- oder sonnenschwachen Zeiten zu garantieren, mussten konventionelle Kraftwerke weiterhin betrieben werden. Außerdem muss das Stromnetz ausgebaut werden (Maubach, 2014, S. 62f.). Um die Stromkosten zu reduzieren, müssen deshalb Verbesserungspotentiale gefunden werden. Vor allem sollten die Kosten der Anlagen (Anschaffungs- und Unterhaltungskosten) durch technische Entwicklungen verringert werden. Auch die Standortbedingungen sind zu beachten, da die Infrastruktur nicht überall gleich gut ausgebaut ist (Maubach, 2014, S. 66). Wind gibt es beispielsweise hauptsächlich im Norden Deutschlands und anfangs musste der produzierte Strom von dort aus verteilt werden. Dazu war und ist ein Netzausbau nötig. Die Situation verbesserte sich, als Solarenergie und Biomasse dazugekommen sind, da diese Energieträger in Deutschland weiter verteilt sind, als Wind (Maubach, 2014, S. 73f.).

Die traditionelle Energiewirtschaft war den EE gegenüber zunächst kritisch eingestellt und bezeichnete diese als Subventionsgeschäft. Langfristige Entwicklungen deuten aber etwas anderes an: die Bürger fragen regenerativen Strom immer mehr nach, die Politik fördert EE und die Technologieentwicklung macht eine Energiewende möglich (Maubach, 2014, S. 69). Das EEG macht, gerade in der Anfangsphase, EE zu einer guten Geldanlage. Etwa 50 % der Investitionen wurden von Privatpersonen getätigt. Weitere 20 % wurden von Projektgesellschaften und 15 % von Fonds und Dienstleister investiert (Maubach, 2014, S. 70f.).

Im Jahr 2011 kam es in Japan zu einem wegweisenden Ereignis für die Energiewende. Es geschah das stärkste Erdbeben Japans und ein Tsunami traf auf einen Küstenstreifen, der Standort für einige Kernkraftwerke ist. Diese wurden aus Sicherheitsgründen sofort heruntergefahren und die Stromproduktion gestoppt. Die Schäden im Kraftwerk von Fukushima waren so gravierend, dass es ganz vom Netz genommen wurde (Maubach, 2014, S. 11). Weltweit wurde in den Medien von dem Unglück berichtet. Aber während meist von

der prekären Situation für Natur und Mensch berichtet wurde, nahmen die deutschen Medien die Kernkraftwerke in den Fokus. Die Diskussion über die (Strom-) Sicherheit der AKWs und ob diese noch verantwortbar sind, kam wieder auf (Maubach, 2014, S. 12). Die Katastrophe in Fukushima veränderte die Risikowahrnehmung in Deutschland und der Druck auf die Bundesregierung war groß. Erst wenige Monate vor Fukushima wurde eine Laufzeitverlängerung für alle AKWs bewilligt. Aber schon vier Tage nach dem Erdbeben in Japan wurde beschlossen, dass acht alte AKWs aufgrund von Sicherheitsrisiken eingestellt werden. Die übrigen Werke sollen maximal bis zum Jahr 2022 betrieben werden (Maubach, 2014, S. 19f.). Fukushima war also der Anfang vom Atomausstieg, aber wie oben gezeigt, keineswegs der Startschuss für die Energiewende. Der Vorfall in Fukushima wirkte nur beschleunigend (Maubach, 2014, S. 26f.).

1.2. Energiewende im globalen, nationalen und regionalen Kontext

Das wichtigste Ziel der bayerischen Energiepolitik ist eine Energieversorgung, die sicher, bezahlbar und umweltfreundlich ist. Rahmenbedingung hierfür ist das Bayerische Energieprogramm, das am 20. Oktober 2015 die alte Version des Energiekonzepts vom Jahr 2011 ablöste (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, 2018). Um zu verstehen, wie es zu dem bayerischen Energieprogramm kam, muss der internationale Kontext betrachtet werden. Die Sustainable Development Goals (SDGs) haben im Jahr 2015 die bis dahin gültigen Millennium Development Goals der Vereinten Nationen abgelöst. Die 17 SDGs gelten bis 2030 und sollen die Welt, heute und zukünftig, für Mensch, Tier und Umwelt lebenswert machen und nachhaltig gestalten. Ziel sieben besagt, dass ein bezahlbarer, verlässlicher und nachhaltiger Zugang zu moderner Energie für alle gesichert werden soll (United Nations - Department of Economic and Social Affairs, 2018). Ein Zwischenfazit aus dem Jahr 2017 zeigt, dass die angestrebten Ziele des SDG 7 bei bisherigem Handeln nicht erreicht werden können. Die Finanzierung muss verbessert und Richtlinien erneuert sowie verbindlich gemacht werden. Aber vor allem braucht es die Bereitschaft der einzelnen Länder, die neuen Technologien und Strategien in ihre Energieproduktion einzubinden. Der globale Anteil an EE ist zwischen 2012 und 2014 um nur 0,4 % von 17,9 % auf 18,3 % angestiegen. Die Aufgabe ist es, den Anteil an EE im Wärme- und Transportsektor zu erhöhen, da diese beiden Sektoren zusammen weltweit für etwa 80 % des Energieverbrauchs verantwortlich sind (United Nations - Department of Economic and Social Affairs, 2018).

Eingebettet in die SDGs ist auch das Klimaabkommen von Paris aus dem Jahr 2015. Das Abkommen ist die Fortsetzung des im Jahre 2020 auslaufenden Kyoto-Protokolls. Das Paris-Abkommen dient dem Klimaschutz und die Hauptziele bis zum Jahr 2050 sind die Verringerung der THG-Emissionen und die Begrenzung der Erderwärmung auf unter 2° Celsius gegenüber vorindustriellen Werten (United Nations Climate Change, 2018). Weltweit wurde dieses Abkommen von fast allen Staaten unterzeichnet. Alle Teilnehmerstaaten müssen sogenannte Nationally Determined Contributions (NDCs), das sind Ziele und Beiträge zum

Klimaschutz auf nationaler Ebene, vorstellen. Auch Deutschland hat sich den SDGs und dem Paris-Abkommen verpflichtet und richtet daher seine nationalen Strategien zum Klimaschutz auf die internationalen Abkommen aus (United Nations Climate Change, 2018). Genauer gesagt auf die europäische Richtlinie 2009/28/EG, die ein Teil des Europäischen Klima- und Energiepakets ist. Darin ist festgelegt, dass die EU-Mitgliedstaaten einen *Nationalen Aktionsplan* für EE erarbeiten müssen. In dem Plan sind bestehende und geplante Maßnahmen, Instrumente und Richtlinien der Bundesregierung enthalten, die den Ausbau der EE vorantreiben sollen. Ein wichtiges Instrument ist beispielsweise das bereits erwähnte EEG (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018c).

Die EU-Richtlinie beschreibt für jedes Mitgliedsland, wie viel Prozent des Endenergieverbrauchs aus EE stammen müssen. Deutschland hat ein nationales Ziel von 18 % bis zum Jahr 2020. Nach Sektoren aufgeteilt ergibt sich folgendes Bild: 15,5 % EE sollen im Bereich Wärme und Kälte aufgewendet werden, 38,6 % EE gehen an den Strommarkt und weitere 13,2 % an den Verkehrssektor. Erreicht werden sollen diese Ziele durch Projekte und Maßnahmen auf nationaler Ebene, aber auch durch Importe von grüner Energie aus anderen Staaten sowie Emissionshandel etc. (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018c). Folglich ist der Ausbau der EE ein Eckpfeiler der deutschen Energiestrategie. Der Nationale Aktionsplan wird fortlaufend entwickelt und an neue Bedingungen angepasst. Die Maßnahmen, die es umzusetzen gilt, sind größtenteils schon gestartet. Allerdings müssen sie ständig weiterentwickelt werden. Im Stromsektor ist das EEG die entscheidende Grundlage, um neue Produzenten für grünen Strom zu gewinnen. Im Wärme- und Kältebereich gibt es mehrere Maßnahmen, die ein sogenanntes Maßnahmenpaket bilden. Dazu gehören das Marktanzreizprogramm (MAP), das Erneuerbare-Energien-Wärme-gesetz (EEWärmeG), die Förderprogramme der KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) und die Energieeinsparverordnung (EnEV). Mit diesen Instrumenten soll die Nutzung der EE ausgebaut und der Verbrauch an Energie gesenkt werden. Im Verkehrssektor soll vor allem die Elektromobilität gefördert werden. Außerdem gibt es auch hier Richtlinien wie das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) und das Energiesteuergesetz (EnergieStG) (Bundesrepublik Deutschland, 2010, S. 1ff.). Neben dem Nationalen Aktionsplan gibt es weitere Konzepte und Richtlinien auf Bundesländer-, Landkreis- und Gemeindeebene.

Wie zu Anfang dieses Kapitels genannt, ist es Ziel der bayerischen Energiepolitik, die Energieversorgung sicher, bezahlbar und umweltverträglich zu gestalten (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, 2018). Die Umstellung auf EE ist daher nach wie vor die zentrale Herausforderung. Seit der Verabschiedung des Energiekonzepts im Jahr 2011 hat Bayern in der Energiewende Fortschritte erzielt. Obwohl die Bevölkerung gestiegen ist und die Wirtschaftsbilanz positiv war, blieb der Endenergieverbrauch relativ konstant. Der Anteil der EE am Endenergieverbrauch ist dabei um fast ein Viertel auf 18,8 % innerhalb von vier Jahren (2010 – 2014) gestiegen und gleichzeitig sind die CO₂-Emissionen trotz eines Wirtschaftswachstums von 6,2 auf 6,1 Tonnen pro Kopf leicht gesunken (Bayerische Energieagentur ENERGIE INNOVATIV im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, 2018).

Fünf konkrete Ziele bis zum Jahr 2025 lassen sich in dem Bayerischen Energieprogramm vom Jahr 2015 finden:

- *Klimaziel:* eine weitere Reduzierung der energiebedingten CO₂-Emissionen in Bayern auf 5,5 Tonnen pro Kopf.
- *Effizienzziel:* Steigerung der Primärenergieeffizienz in Bayern um mindestens 25 % gegenüber des Jahres 2010.
- *Verbrauchsziel:* Reduzierung des Energieverbrauchs um 10 % gegenüber des Jahres 2010.
- *Ausbauziele EE:* die Politik möchte den Anteil EE an der Stromproduktion auf 70 % steigern.
- *Anteil der EE am Endenergieverbrauch:* Steigerung des Anteils EE in der Wärmeversorgung und im Verkehr. Hier sollen 20 % mit grüner Energie gedeckt werden (Bayerische Energieagentur ENERGIE INNOVATIV im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, 2018).

Aus diesen Zielen lassen sich drei notwendige und umfassende Maßnahmen herausarbeiten, welche die Energiewende erfolgreich machen sollen. Abbildung 1 zeigt die Maßnahmen als Säulen, auf denen das Bayerische Energieprogramm lastet. Eine effiziente Verwendung von Energie ist die erste Maßnahme. Das heißt, Potentiale effizienter Energienutzung sollen ausgeschöpft werden. Praktische Umsetzungen sind beispielsweise das 10.000 Häuser-Programm, das finanzielle Unterstützung für energieeffiziente Gebäude bietet, oder die Nutzung von Bioenergie als Wärmequelle. Außerdem muss die Energieerzeugung und -verwendung flexibler werden. Dies kann zum Beispiel durch *Smart Grids*, also intelligente Stromnetze, die Erzeugung, Speicherung und Verbrauch von Strom optimal aufeinander abstimmen, auf der Nachfrageseite erreicht werden, oder durch angepasste Rahmenbedingungen des EEG seitens der Politik geschehen. Die zweite Säule beschreibt eine nachhaltige Stromerzeugung. Dazu gehört auch, dass EE stärker in den Markt und in Energiesysteme integriert werden sollen. Gerechte Wettbewerbsbedingungen zwischen den Regionen müssen durch bundespolitische Rahmenbedingungen (im Wesentlichen das EEG) bestimmt werden. Weiter ist eine regionale Verwaltung der Energie wichtig, um die Energiewende dezentral zu gestalten. Dadurch wird die Akzeptanz unter den Bürgern erhöht und eine Verteilung der Energie über lange Distanzen bleibt erspart. Wichtig ist es auch die Speichertechnik und entsprechende Infrastruktur zum Speichern der Energie zu entwickeln, um das Problem der zeitlichen Diskrepanz zwischen Energieproduktion und Energienutzung zu verringern. Die Sicherheit der Energieversorgung soll aber vorerst durch konventionelle Gaskraftwerke gewährleistet werden. Die dritte Säule stellt der Stromtransport dar, der für eine sichere, bezahlbare und umweltverträgliche Energiewende notwendig ist. Der Transport verbindet Stromerzeugung, Stromspeicherung sowie Stromverbrauch und stellt so die Stromversorgung sicher (Bayerische Energieagentur ENERGIE INNOVATIV im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, 2018).

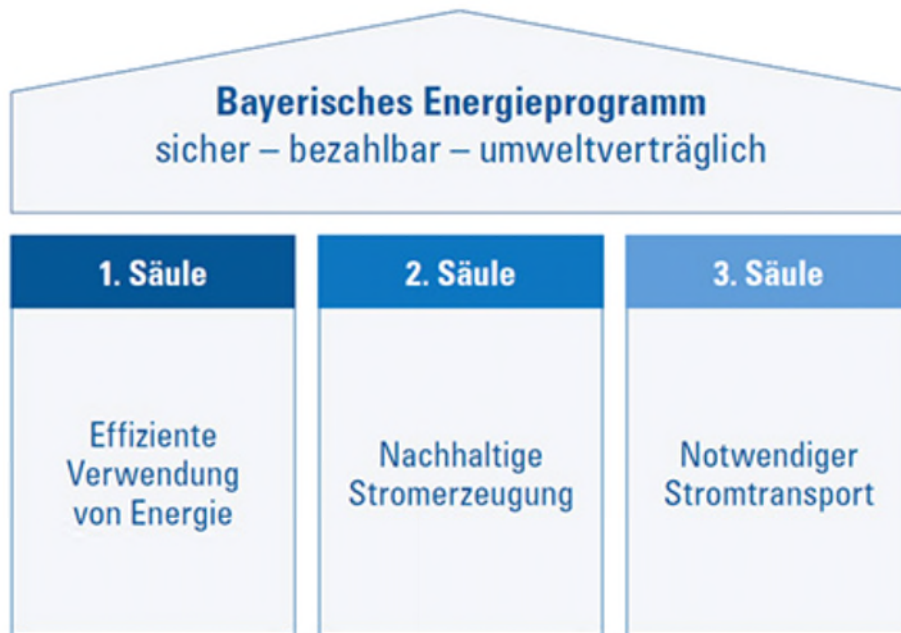


Abb. 1: Die drei Säulen des Bayerischen Energieprogramms ((Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, 2018)

Ein Landkreis, bzw. eine Gemeinde in Bayern muss sich, bei der Erstellung des eigenen Energiekonzepts, an das Energieprogramm Bayerns halten. Bayern ist in 18 Planungsregionen eingeteilt, die meist mehrere Landkreise umfassen. Diese Planungsregionen erstellen Konzepte zur Regionalplanung in verschiedenen Handlungsbereichen, wie zum Beispiel Flächennutzung, Siedlungsplanung, Umweltschutz und Energie (Regionaler Planungsverband Südostoberbayern, 2018). Wie auf Abbildung 2 zu sehen, formt der Landkreis Rosenheim gemeinsam mit den Landkreisen Mühldorf am Inn, Altötting, Traunstein und Berchtesgaden den regionalen Planungsverband Südostoberbayern und ist Region Nummer 18 in Bayern (Müller & Bückler, 2016, S. 10). Innerhalb dieses Planungsverbandes stellt aber jeder Landkreis und auch jede Gemeinde eine eigene Energiebilanz oder ein eigenes Energiekonzept vor. Der Landkreis Rosenheim ist gerade noch dabei, sein Konzept fertigzustellen, welches im Oktober im Jahr 2018 herauskommen soll (Weißenbacher & Voggenauer, 2018). Bisher haben noch nicht alle Rosenheimer Gemeinden ein solches Konzept abgeben, jedoch finden sich auf den Seiten des Landratsamtes schon Konzepte für zwölf Gemeinden (Rosenheim, 2018).



Abb. 2: Die Planungsregion 18 mit den beteiligten Landkreisen (Regionaler Planungsverband Südostoberbayern, 2018)

1.3. Motivation der Arbeit und Klärung wichtiger Begriffe

Die Energiewende wird oft mit einer Stromwende gleichgesetzt. Dabei gehört zu einer Energiewende noch viel mehr, als nur Strom aus erneuerbaren Quellen. Der Verkehrssektor spielt eine immer größere Rolle, vor allem angesichts der zunehmenden Elektromobilität. Aber auch Biokraftstoffe sind nicht zu vergessen, wenn es um nachhaltige Mobilität geht. Außerdem geht es bei der Energiewende nicht nur darum, neue regenerative Energiequellen zu etablieren und die entsprechende Technologie weiterzuentwickeln, sondern es muss vor allem auch darum gehen, Energie effizienter zu nutzen, bzw. einzusparen. Der fast wichtigste Aspekt der Energiewende ist jedoch der Wärme- und Kältesektor. Um Gebäude oder Infrastruktur sowie Geräte etc. zu wärmen oder zu kühlen braucht es enorm viel Energie. In einem Gespräch mit Herrn Richard Weißenbacher und Frau Katharina Voggenauer vom Landratsamt Rosenheim wurde deutlich, dass für den Landkreis Rosenheim, die Stromproduktion kein Problem darstellt. Dieser wird schon jetzt zu 100 % aus EE gewonnen. Die wichtigen Handlungsfelder sind vielmehr die Wärmeproduktion und der Verkehr (Weißenbacher & Voggenauer, 2018).

Trotzdem soll in dieser Arbeit der Fokus auf dem Stromsektor liegen. Begründet wird das damit, dass viele der Fördermaßnahmen und Richtlinien auf den Stromsektor ausgelegt sind und der grüne Strommarkt daher schon weiterentwickelt ist, als der Markt für nachhaltige Wärme. Der fortschrittliche Stand der Stromwende eignet sich im Falle dieser Arbeit besser dafür, eine Bestands- und Potentialanalyse durchzuführen.

Eine Schwierigkeit bei der Analyse ergibt sich aus der Tatsache, dass Rosenheim ein Landkreis ist, mit der gleichnamigen kreisfreien Stadt als Verwaltungszentrum. Stadt und Landkreis haben unterschiedliche Gremien, die sich mit der Energiewende beschäftigen. Auch das Energiekonzept wird teils getrennt erarbeitet. Die Stadt Rosenheim erstellt jedes Jahr einen Energiebericht, in dem die CO₂-Bilanz und der Bedarf an Energie in Relation zur Bevölkerung dargestellt wird und der Landkreis Rosenheim ist gerade noch in der finalen Phase seines Energiekonzepts. Im Rahmen dessen wurde aber schon ein Steckbrief für den Landkreis herausgegeben, der eine Energie- und CO₂-Bilanz des Landkreises zeigt. Außerdem gibt es den Energiebericht für Stadt und Landkreis Rosenheim, der von der Initiative *Energiezukunft Rosenheim* (ezro) erstellt wurde. Die im Jahr 2012 gegründete ezro will den Landkreis und die Stadt bei der Energiewende unterstützen. Dazu haben sich staatliche, kommunale, politische und private Organisationen bzw. Personen zusammengeschlossen. Zu den Mitgliedern gehören Hochschulen, städtische Ämter, der Landkreis und die Stadt Rosenheim sowie verschiedene Fördervereine. Ziele der ezro sind die nachhaltige Energieversorgung in Stadt und Landkreis, die Ermittlung bestehender Energiepotentiale der Region und die Entwicklung von Strategien zur Nutzung der Potentiale von Energieeffizienz und von EE (Müller & Bucker, 2016).

In der vorliegenden Arbeit wird, wo möglich, der Landkreis sowohl als auch die Stadt behandelt. Allerdings steht, vor allem wenn es um die Analyse des Potentials der EE geht, der Landkreis im Vordergrund, da dort weniger Restriktionen bezüglich der Flächennutzung sind, bzw. mehr Raum für den Bau von Anlagen zur Verfügung steht.

Für eine Potentialanalyse ist es notwendig, zunächst den Begriff *Potential* einzugrenzen. Ein Potential definiert die Möglichkeit, Ungenutztes auszuschöpfen. Es gibt allerdings verschiedene Arten von Potential, die nach Kaltschmitt in theoretisches, technisches, wirtschaftliches und erschließbares Potential unterteilt werden. Abbildung 3 zeigt diesen Zusammenhang (Hofer et al., 2016, S. 2). Wirtschaftliche und vor allem erschließbare Potentiale sind von sich schnell ändernden, energiewirtschaftlichen und energiepolitischen Randbedingungen zu stark abhängig. Aus diesem Grund wird in der vorliegenden Arbeit bei der Potentialbestimmung der EE nur auf das theoretische, bzw. technische Potential eingegangen (Kaltschmitt, Streicher, & Wiese, 2014, S. 25).

Das *theoretische Potential* einer EE bezeichnet das theoretisch physikalisch nutzbare Energieangebot innerhalb einer bestimmten Raum- und Zeiteinheit. Dazu gehört zum Beispiel die solare Energie, die innerhalb eines Jahres auf die Erde trifft oder die Windenergie im Jahresverlauf. Einige regenerative Energieformen haben eine stark schwankende Energieleistung (z.B. wenig solare Energie bei Bewölkung), deshalb bezieht sich das theoretische Potential meist auf eine langjährige, durchschnittliche Energieproduktion (Kaltschmitt et al., 2014, S. 26). Das theoretische Potential ist nur von der physikalischen Nutzungsgrenze bestimmt. Allerdings gibt es viele einwirkende Faktoren (technische, ökologische, strukturelle, administrative Grenzen), die das theoretische Potential einschränken. Daher ist dessen praktische Relevanz eher eingeschränkt.

Das *technische Potential* definiert den Teil des theoretischen Potentials, der sich ergibt, wenn technische Randbedingungen berücksichtigt werden. Außerdem werden hier auch strukturelle und gegebenenfalls gesetzliche Einschränkungen mit einbezogen, mit der Begründung, dass diese auch ähnlich unüberwindbar sind, wie technische Unmöglichkeiten. Das *wirtschaftliche Potential* ist der Anteil des technischen Potentials der wirtschaftlich umsetzbar ist. Oft wird die Wirtschaftlichkeit EE an einem Vergleich mit konventionellen Energiequellen ermessen. Zusätzlich stellt die Wirtschaft selbst eine Einflussgröße dar, die von verschiedenen Faktoren abhängig ist (z.B. Zinssatz, Abschreibungsdauer, Eigenkapital usw.).

Das *erschließbare Potential* beschreibt den zu tatsächlichen Mehrwert einer Möglichkeit EE zur Energieproduktion zu verwenden (Kaltschmitt et al., 2014, S. 27ff.).

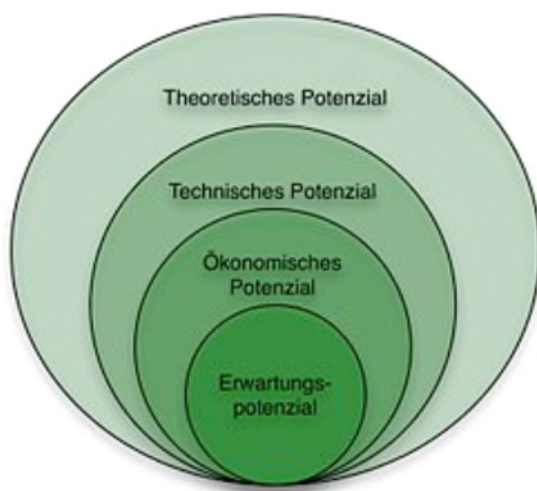


Abb. 3: Differenzierung der Potentiale (Wikipedia, 2018)

2. Naturräumliche Gegebenheiten im Landkreis Rosenheim

Das Nutzungspotential EE ist stark abhängig von den naturräumlichen Gegebenheiten einer Region. Beispielsweise ist es nur sinnvoll, Photovoltaik-Freiflächenanlagen dort zu bauen, wo genug Strahlung übers Jahr auf die Erde gelangt, keine Bewaldung, Siedlung oder ackerbauliche Nutzung anzutreffen ist. Deshalb widmet sich Kapitel zwei der Darstellung der natürlichen Bedingungen im Landkreis Rosenheim.

Der Landkreis Rosenheim ist Teil des Regierungsbezirks Oberbayern und befindet sich im Süd-Osten Bayerns zwischen München, Salzburg und Innsbruck (Stadt Rosenheim, 2018). Aufgrund der Lage im Alpenvorland ist die Landschaft orographisch stark gegliedert, wodurch das lokale Klima wesentlich beeinflusst wird (Auerswald & Ahl, 2015, S. 12).

2.1. Geomorphologie und Böden

Die Grundgestalt der Landschaft des Rosenheimer Landkreises entstand im Wesentlichen durch die Alpenbildung, die vor etwa 250 Millionen Jahren stattfand. Das Gebirge und auch der tiefere Untergrund des Alpenvorlandes bestehen aus versteinerten Böden vergangener Meere. Erst viel später, vor etwa 2 Millionen Jahren, wurde das Alpenvorland von Gletschern überformt. Im Fall des Landkreises Rosenheim ist der Inn-Chiemsee-Gletscher formprägend gewesen (Darga, 2009, S. 6). Der Bereich des Landkreises umfasst die südlichere Faltenmolasse, wie auch die nördlichere Vorlandmolasse. Beides ist Abtragungsschutt, der sich während der Gebirgsbildungsphase abgelagert hat (Doppler et al., 2004, S. 4f.). Die pleistozäne Prägung durch den Gletscher, verursachte Akkumulationsformen wie Alt- und Jungmoränenlandschaften (im Osten des Lkrs.), glaziale Zungenbeckenseen (der westliche Teil des Chiemsees) oder Eiszerfallandschaften (Eggstätt-Hemhofer Seenplatte) (Auerswald & Ahl, 2015, S. 10). Das Tal des ehemaligen Inn-Gletschers prägt den größten Teil des Landkreises. Der Inn verlässt bei Flintsbach im Süden die Voralpen und verläuft über die Stadt Rosenheim weiter nach Norden. Im Süden des Landkreises liegen die Oberbayerischen Voralpen, östlich des Inns befinden sich die Chiemgauer Alpen und im Westen ist das Mangfallgebirge, mit der höchsten Erhebung des Landkreises, dem Großen Traithen (1852 m) (Glaser, Lagally, Loth, Schmid, & Schwerd, 2008, S. 151). Nördlich schließt an den Alpenrand das zum Inn-Chiemsee-Hügelland gehörende Becken an, welches vom Inn-Gletscher ausgeschürft worden ist. Das Becken liegt erkennbar tiefer als die umliegenden Bereiche (meist 450 m bis 500 m). Der tiefste Punkt liegt in Babensham am Inn mit 413 m (Glaser et al., 2008, S. 151). Abbildung 4 zeigt die geologische Karte vom Landkreis Rosenheim mit den verschiedenen Landschaftsformen.

Für die Bodenbildung sind eine Vielzahl an Steuerungsfaktoren verantwortlich. Im Landkreis Rosenheim, wie auch wo anders, sind das vor allem das Relief, die Grundgesteine und exogene Faktoren wie das Klima. Aber auch der Faktor Mensch spielt eine Rolle. Die räumliche Ausprägung der Böden ist in der rosenheimer Region sehr inhomogen. Folglich sind auch die Bodentypen, also die charakteristischen Horizontabfolgen und die Bodenarten, bestimmt durch die Korngrößenzusammensetzung, stark unterschiedlich (Hofer, Süß, Prasch, & Mauser, 2015, S. 13). Vorherrschende Böden im südlichen, also alpennahen Teil des Landkreises, sind vor allem geringmächtige Rendzinen mit hohem Skelettanteil. Die Oberböden sind dort meist mit reichlich organischem Material angereichert und oft schließt das schwach verwitterte Ausgangsgestein (Kalkstein) direkt an. Folglich ist die Wasserspeicherkapazität dieser Böden relativ schlecht. Auf den höheren Lagen treten vereinzelt felsige oder kaum entwickelte Rohböden auf. Aufgrund der beschriebenen Bodeneigenschaften ist in diesen Regionen wenig Ackerbau möglich oder zumindest nicht lohnenswert (Hofer et al., 2015, S. 14). In den flacheren Bereichen der Schotterebene im Norden gibt es vor allem Braunerden und Parabraunerden aus verwittertem Schotter. Die Bodenarten reichen von sandigen bis schluffigen Kiesen und die Bodenmächtigkeit variiert von flach- bis tiefgründig.

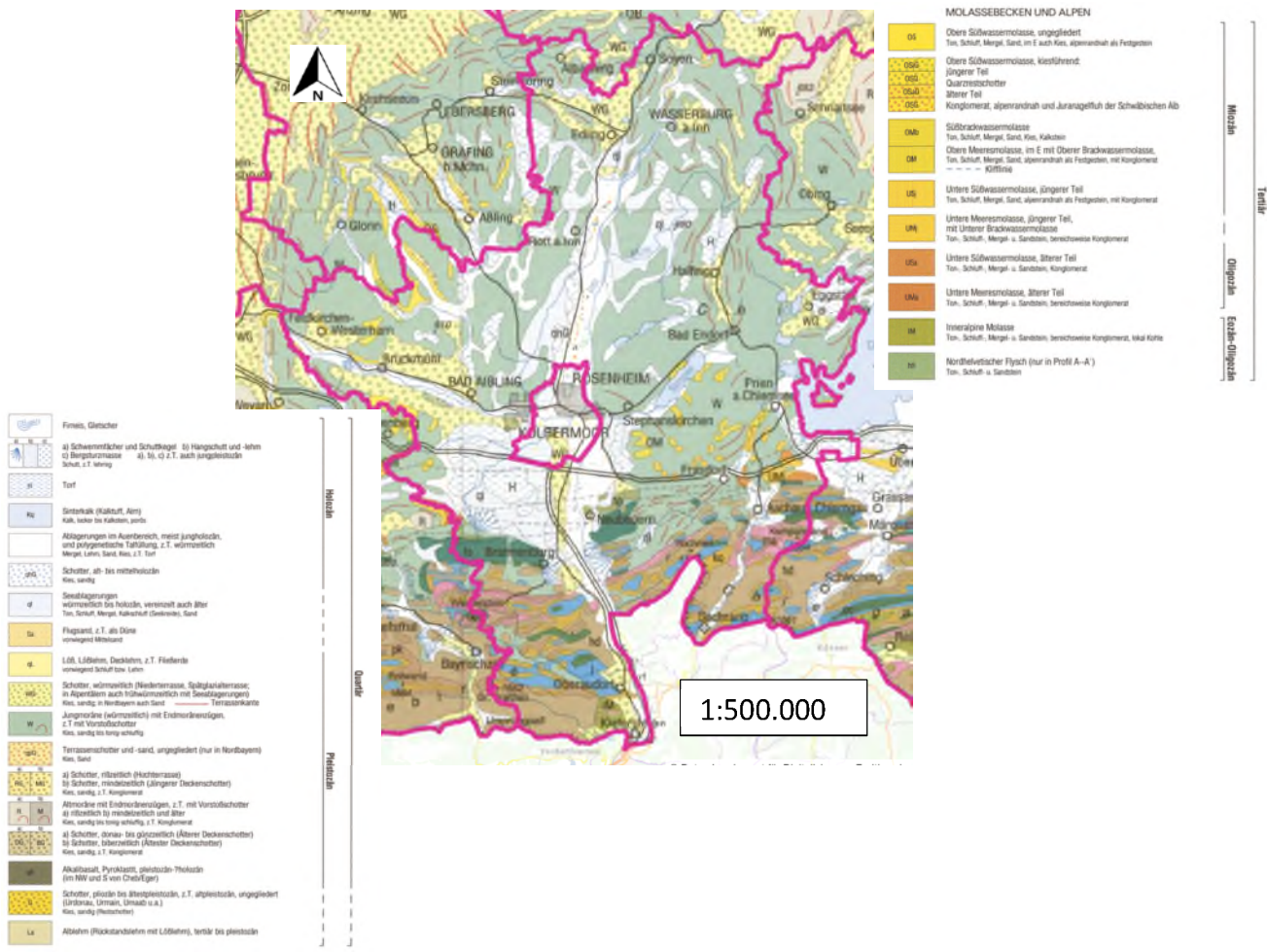


Abb. 4: Geologische Karte 1:500.000 vom Landkreis Rosenheim (Otto, 2018)

Die durch die Gletscheraktivität entstandene Moränenlandschaft in Teilen des Landkreises sind aufgrund des inhomogenen Reliefs durch kleinräumige Bodenvariationen gekennzeichnet. Entlang der Flüsse treten häufig vom Grundwasser beeinflusste Gley-Böden auf und auf den Moränterrassen sind vor allem Braun- und Parabraunerden anzutreffen. In diesen variablen Bereichen gibt es Bodenarten von sandig bis tonig. Es hängt vom Nährstoffgehalt und der Tiefgründigkeit dieser Böden ab, wie gut sie sich für die Landwirtschaft eignen.

Außerdem findet man im Landkreis Rosenheim einen hohen Anteil an Nieder- und Hochmooren, wie beispielsweise die Moore des Chiemseebeckens. Diese Gebiete haben eine wichtige ökologische Funktion als Kohlenstoffsinken und sind auch für den Landschaftswasserhaushalt (Rückhaltefunktion) wichtig. Außerdem stellen sie einen schützenswerten Lebensraum für spezielle Flora und Fauna dar (Hofer et al., 2015, S. 14).

2.2. Klima (Wind, Temperatur, Niederschlag, Solare Strahlung)

Der Landkreis Rosenheim liegt in der warmgemäßigten Zone der Mittelbreiten. Die Hauptwindrichtung ist der Westen. Vor allem in den Sommermonaten sind Nordwestlagen besonders häufig anzutreffen. Allerdings variiert der Wind zeitlich in der Intensität sowie in der Strömungsrichtung. Der Landkreis Rosenheim, wie auch ganz Südbayern, ist der Übergang vom maritimen zum kontinentalen Klima. Das heißt es gibt keine zu kalten Winter und keine zu heißen Sommer. Die Jahresmitteltemperaturen sind allerdings abhängig von der Höhe über dem Meeresspiegel, der geographischen Lage sowie der vorherrschenden Landnutzung, bzw. Landoberfläche. In Bayern liegen die Jahresmitteltemperaturen etwa zwischen 7°C und 9°C (Auerswald & Ahl, 2015, S. 12f.). In Rosenheim liegt die durchschnittliche Jahrestemperatur bei 9,8°C. Der wärmste Monat ist der Juli mit durchschnittlich 19,9°C. Der kälteste Monat ist der Januar mit durchschnittlich -1,4°C (Merkel, 2018). Bei raschem Geländeanstieg im Alpenvorland entstehen große Temperaturunterschiede und deshalb sind im Landkreis Rosenheim aufgrund der starken orographischen Gliederung lokal unterschiedliche Temperaturen anzutreffen. Auch nimmt der mittlere Tagesgang der Temperatur mit der Höhe ab. Bayernweit betrachtet sind es in München noch 6°C und auf der Zugspitze nur noch 2°C Temperaturunterschied am Tag (Auerswald & Ahl, 2015, S. 14). Im Herbst gibt es häufig stabile Hochdruckwetterlagen, wobei aufgrund der geringen Tageslänge und des niedrigen Sonnenstands, die Nettostrahlung am Boden eher gering ist und gleichzeitig die langwellige Ausstrahlung und damit die Abkühlung des Bodens relativ groß ist. Durch diese Situation entstehen im Herbst teilweise Inversionslagen. Das bedeutet, dass es in den oberen Luftschichten wärmer ist als in den darunter liegenden und es so zu Nebel in der Nähe von Gewässern kommt (Auerswald & Ahl, 2015, S. 15).

In Bayern sind vor allem die zyklonalen West- und Nordwetterlagen verantwortlich für die jährliche Niederschlagsverteilung. Diese Wetterlagen verursachen, dass feuchte Luftmassen im Luv der Mittelgebirge und den Alpen aufsteigen. Die Luftmassen kühlen sich adiabatisch ab und es kommt zu Niederschlägen. Auf der Leeseite steigen die wasserdampfarmen Luftmassen wieder ab und erwärmen sich dabei wieder adiabatisch. Folglich regnet es auf der Süd- und Ostseite der Gebirge auf gleicher Seehöhe weniger als auf der Nord- und Westseite. Die Orographie zeigt sich also auf den Niederschlagskarten wieder. Die höchsten Niederschläge in Bayern gibt es in den Alpen mit über 2000 mm/a und die geringsten Niederschläge fallen im Donautal süd-südöstlich der Alb mit etwa 300 mm/a (Auerswald & Ahl, 2015, S. 18). Im Rosenheimer Landkreis fallen etwa 640 mm/a (Merkel, 2018). Wobei auch hier die Unterschiede in der Niederschlagsverteilung aufgrund der Alpennähe und Orographie zu erkennen sind (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1998). Abbildung 5 zeigt diesen Sachverhalt für Bayern. Von den Alpen zur Donau nehmen die mittleren Niederschläge mit abnehmender Höhe kontinuierlich ab. Die höchsten Niederschläge fallen im Sommer aufgrund der nordwestlichen Winde und des stärker ausgeprägten Staueffekts der Alpen sowie der Konvektionsniederschläge, die im Sommer aufgrund der höheren Strahlungsintensität gehäuft vorkommen (Auerswald & Ahl, 2015, S. 18). Der regenreichste

Monat im Landkreis Rosenheim ist der Juli mit 79 mm und am wenigsten regnet es im Januar mit 35 mm (Merkel, 2018). Die Niederschlagssummen fallen jedoch räumlich und zeitlich (auf die Jahre gesehen) sehr variabel und für Südbayern ist es typisch, dass es immer wieder zu Trocken- bzw. Nassjahren kommt (Auerswald & Ahl, 2015, S. 20).

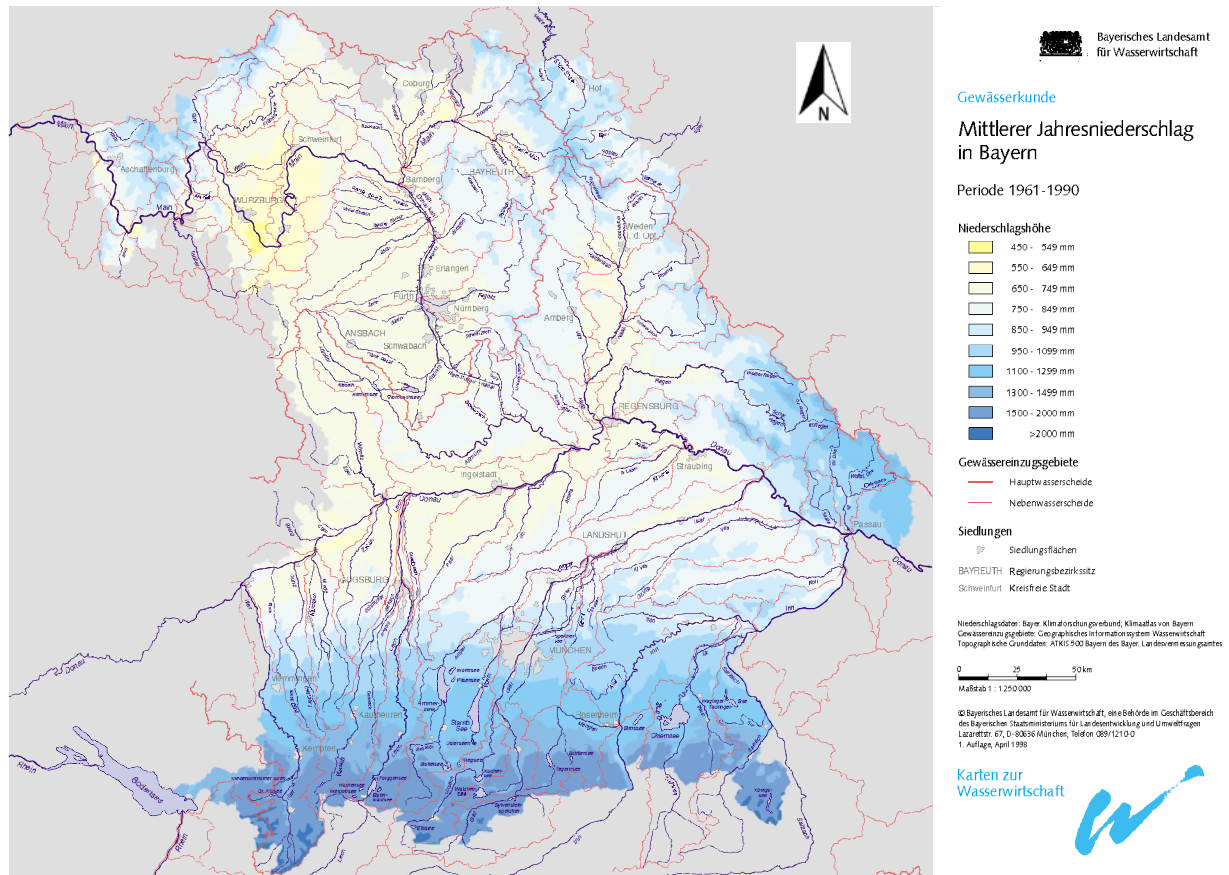


Abb. 5: Mittlerer Jahresniederschlag in Bayern (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 1998)

2.3. Hydrologie (Wasservorkommen)

Der Landkreis Rosenheim wird von insgesamt von drei Flüssen (Inn, Mangfall, Prien) durchzogen. Der Inn ist der größte Fluss und teilt den Landkreis Rosenheim in Ost und West. Der Inn entspringt in den Schweizer Alpen und durchzieht den Landkreis von Süd nach Nord über Kiefersfelden, Rosenheim Stadt und Wasserburg. In Passau mündet der Inn schließlich in die Donau (Landkreis Rosenheim, 2018). Das Einzugsgebiet (EZG) des Inns in seiner gesamten Größe von den Schweizer Alpen bis Passau ist 26.130 km² groß (Gattermayr, 2006). Das EZG des Inns bis Rosenheim beträgt mit 10.153,50 km² etwas mehr als ein Drittel des gesamten EZG. Der mittlere Abfluss des Inns bei Rosenheim oberhalb der Mündung der Mangfall beträgt 316 m³/s (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018b). Wie in Abbildung 6 beispielhaft für das Jahr 2017/18 zu erkennen, hat der Inn ein nivo-pluviales Abflussregime. Das bedeutet, dass für die Höhe der Abflusses die Schneeschmelze im Frühling und Regenfälle im Sommer verantwortlich sind (Hofer et al., 2015, S. 12).

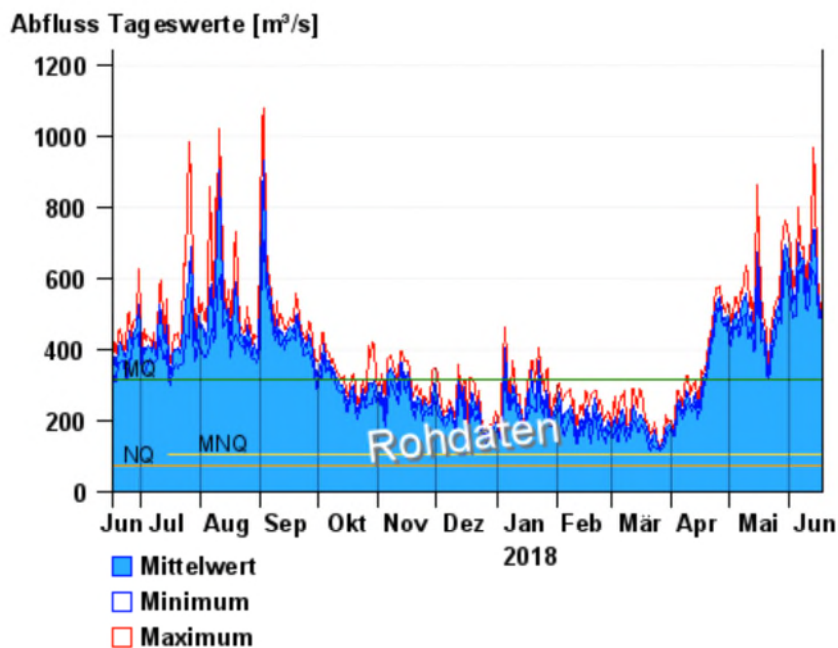


Abb. 6: Abflusskurve des Inns vom 17.06.2017 bis zum 17.06.2018 (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018b)

Die Mangfall ist ein Abfluss des Tegernsees und mündet in der Stadt Rosenheim in den Inn. Die Mangfall fließt von West nach Ost und wird auf ihrem Weg von der Schlierach, der Leitzach, der Glonn und der Kalten gespeist (Landkreis Rosenheim, 2018). Der mittlere Abfluss bei Rosenheim beträgt $17,6 \text{ m}^3/\text{s}$ und das EZG der Mangfall bis Rosenheim ist $1.094,60 \text{ km}^2$ groß. Da die Mangfall nicht in den Alpen entspringt, sondern ein Abfluss des Tegernsees ist, sieht das Abflussregime (siehe Abbildung 7) anders aus, als beim Inn. Der Abfluss der Mangfall ist zwar auch durch starke Niederschlagsereignisse und die Schneeschmelze gesteuert, aber nur indirekt, da der Tegernsee eine Pufferwirkung ausübt (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018c). Die Prien entspringt auf dem Spitzstein in den Alpen und mündet nach 32 km bei der Ortschaft Prien in den Chiemsee und ist der zweitgrößte Zufluss des Sees (Landkreis Rosenheim, 2018). Das EZG ist bei Prien $92,70 \text{ km}^2$ groß und der Abfluss der Prien kurz vor der Mündung liegt bei $1,68 \text{ m}^3/\text{s}$. Abbildung 8 zeigt den Abfluss der Prien und es ist zu erkennen, dass die Prien aufgrund ihres insgesamt recht geringen Abflusses viel stärker auf große Niederschlagsereignisse im Sommer reagiert, als auf die Schneeschmelze im Frühjahr (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018a).

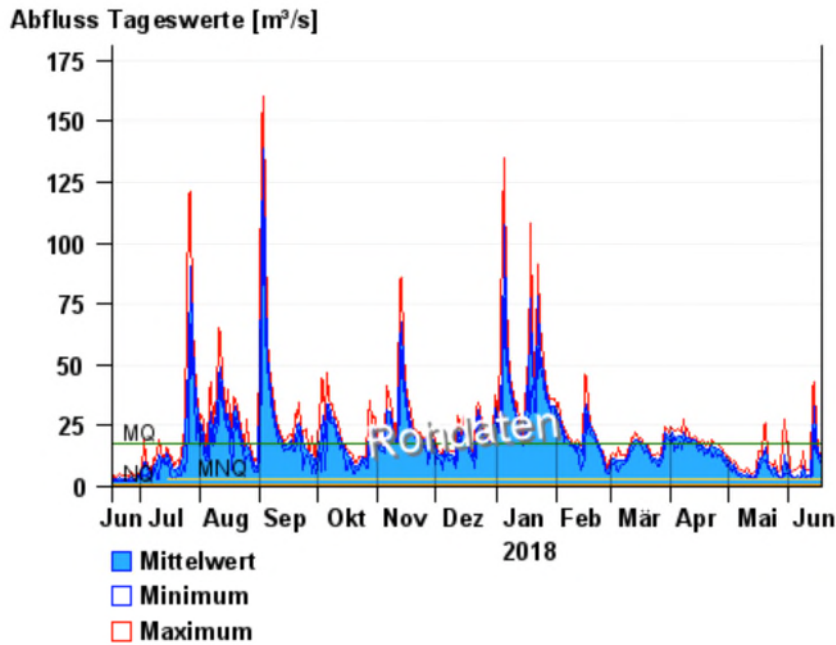


Abb. 7: Abflusskurve der Mangfall vom 17.06.2017 bis zum 17.06.2018 (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018c)

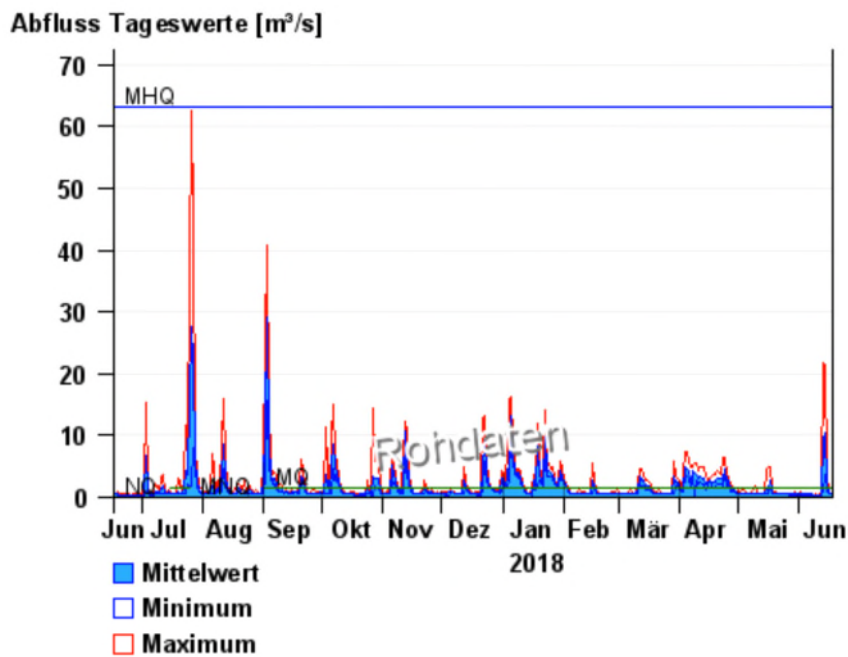


Abb. 8: Abflusskurve der Prien vom 17.06.2017 bis zum 17.06.2018 (Gewässerkundlicher Dienst Bayern, 2018a)

Die Wasserbilanz in Bayern gibt folgendes Bild: Der Niederschlag beträgt im langjährigen Mittel 939 mm/a, davon evapotranspirieren 517 mm/a und weitere 422 mm/a gehen in den Abfluss. Etwa die Hälfte wird zur Grundwasserneubildung genutzt, die anderen 205 mm/a fließen direkt oberirdisch ab (Auerswald & Ahl, 2015, S. 47). Das Trinkwasser in Bayern entstammt überwiegend den Grundwasserreserven, deshalb ist die Grundwasserneubildung

wasserwirtschaftlich von großer Bedeutung (Auerswald & Ahl, 2015, S. 49f.). Die drei größten Flüsse im Landkreis Rosenheim haben natürlich noch einige Nebenflüsse, die aber aufgrund ihres kleinen Einflusses auf den Wasserhaushalt hier nicht behandelt werden. Neben den Flüssen gibt es noch einige nennenswerte stehende Gewässer. Darunter der größte See des Landkreises, der Simsee. Seine Fläche beträgt 6,5 km² und die tiefste Stelle liegt bei etwa 22 m. Außerdem gehört auch ein Teil des Chiemsees zum Landkreis. Landschaftlich gesehen spielt auch die Eggstätt-Hemhofer Seenplatte eine große Rolle. Sie ist eine Ansammlung von 18 Seen, die durch Toteislöcher der letzten Eiszeit entstanden sind. Der größte dieser Seen ist der Langbürgnersee mit einer Größe von etwa 1 km². Die Gesamtwasserfläche der Seenplatte beträgt rund 3,5 km² (Landkreis Rosenheim, 2018).

2.4. Landnutzung

Der Landkreis Rosenheim reicht von der Stadt Wasserburg am Inn im Norden bis zur Kampenwand im Süden und vom Chiemsee im Osten bis Feldkirchen-Westerham im Westen. Die Flächenausdehnung beträgt rund 1.500 km². Es zählen vier Städte und 43 Gemeinden, bzw. Märkte dazu. Trotzdem wird der größte Anteil der Fläche (80%) für die Land- und Forstwirtschaft genutzt (Krause, 2018). Abbildung 9 zeigt dies eindrücklich.



Abb. 9: Landoberflächennutzung im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Landesamt für Umwelt und Verbraucherschutz, 2014)

2.4.1. Landwirtschaft

Grundsätzlich sind die klimatischen Bedingungen für die Landwirtschaft im Landkreis Rosenheim relativ günstig, sofern die lokal vorhandenen Böden geeignet sind (Auerswald & Ahl, 2015, S. 20). Die Landwirtschaft in Südbayern ist kleinstrukturiert und neben 60 %

Ackerbau, sind 40 % Grünlandbewirtschaftung die vorherrschenden Nutzungen. Am meisten wird Mais (31 %) angebaut (als Futter- oder Energiepflanze), gefolgt von Weizen (25 %) und Gerste (15 %). Des Weiteren werden Zuckerrüben, Kartoffeln und anderes Gemüse angebaut. Gerade der Maisanbau hat mit dem Biogas-Boom 2002 wieder zugenommen (Auerswald & Ahl, 2015, S. 42). Der Landkreis Rosenheim zeigt ein leicht anderes Bild. Mehr als 70 % der landwirtschaftlich genutzten Fläche ist Grünland. Dieser hoher Anteil Grünlandnutzung zeigt, dass im Landkreis die Milchviehhaltung im Vordergrund steht. Auf den Ackerflächen sind hauptsächlich Mais (52 %) und Getreide (25 %) zu finden. Auch die Almwirtschaft spielt noch eine wichtige Rolle, gerade um im Berggebiet die Kulturlandschaft zu erhalten und zu pflegen (Krause, 2018). Grundsätzlich sind im Landkreis die Betriebe klein und meist Familienunternehmen. Die durchschnittliche Betriebsgröße liegt bei 23 Hektar landwirtschaftlich genutzte Fläche (Krause, 2018).

2.4.2. Forstwirtschaft und Vegetation

Ohne die anthropogenen Eingriffe wäre Bayern zu über 95 % von Wald (vor allem Laubwald) bedeckt. In der heutigen Kulturlandschaft ist nur noch etwa ein Drittel bewaldet und nur wenig davon ist natürlichen Ursprungs, da der größte Teil forstwirtschaftlich verändert wurde (z.B. Fichtenwälder). Die natürliche Waldgesellschaft würde zum größten Teil aus Buchenwäldern bestehen, mit einer Beimischung von Fichte und Tanne. Die reale Zusammensetzung sieht allerdings anders aus: 60 % Fichte, Buche 10 % und 3 % Tanne. Es gibt allerdings Ansätze, dies zu ändern - auch um klimaresistentere Wälder zu gestalten (Auerswald & Ahl, 2015, S. 45). In Südbayern ist die Forstwirtschaft noch etwas weiterverbreitet als im Rest Bayerns. Südbayern gehört zu den produktivsten forstlichen Wuchsregionen Europas. Der Grund dafür ist vor allem das günstige Klima. Die Luvwirkung der Alpen mit Niederschlägen im Sommer und gleichzeitig relativ hohen Temperaturen begünstigt das Waldwachstum. Somit ist der Nord-Süd-Gradient in Niederschlag und Temperatur auch als Gradient in der Bewaldung zu erkennen: Das Alpenvorland eignet sich besonders gut für die Forstwirtschaft. Trotzdem werden die Bedingungen noch lokal vom Boden beeinflusst. So hat zum Beispiel die Schotterebene im Norden des Landkreises eine geringe Feldkapazität und ist daher nicht so gut geeignet (Auerswald & Ahl, 2015, S. 44). Der Landkreis hat eine Waldbedeckung von 33 %, das sind 48.000 Hektar. Dabei teilen sich etwa 9.000 Besitzer den Wald auf (Krause, 2018). Der Wald hat im Landkreis eine wichtige ökologische Funktion und außerdem stellt die Holzgewinnung einen erfolgreichen Wirtschaftsfaktor da. Wie oben schon für Bayern dargelegt, kommen auch im Landkreis Rosenheim Fichte, Tanne und Buche am häufigsten vor. Gerade in den Vorbergen sind aber auch andere Baumarten anzutreffen (Krause, 2018).

Weitere 5 % der Bayerischen Landoberfläche bestehen aus Gewässern, Mooren und Hochgebirgsvegetation oberhalb der Baumgrenze (Auerswald & Ahl, 2015, S. 28).

2.4.3. Siedlungsflächen und Versiegelung

Es gibt unterschiedliche Nutzungen der Bodenfläche. Eine Kategorie ist die Siedlungs- und Verkehrsfläche. Der Flächenverbrauch gibt an, wie viel Fläche jährlich für Siedlungs- und Verkehrszwecke verloren geht (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2017). Obwohl Bayern ein dichtbesiedeltes Bundesland ist, machen die Siedlungs- und Verkehrsfläche nur knapp 12% der Gesamtfläche aus. Abbildung 10 zeigt diesen Sachverhalt und es wird zudem deutlich, dass die oben beschriebene Land- und Forstwirtschaft die größten Anteile an Bayerns Fläche haben.

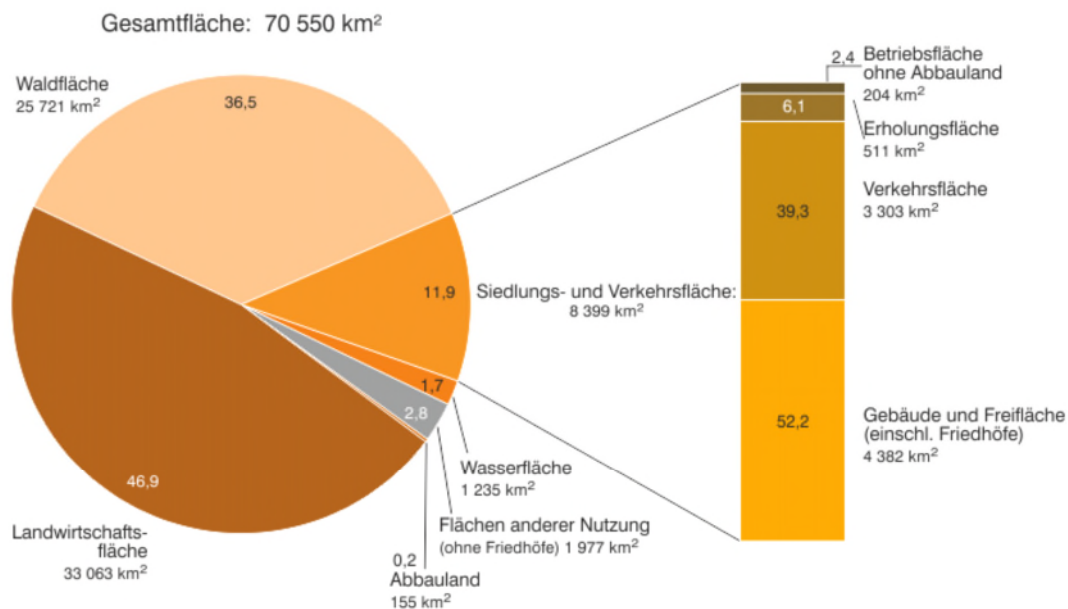


Abb. 10: Bodenfläche Bayerns zum 31.12.2015 nach Nutzungsarten - Anteile in Prozent (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2017)

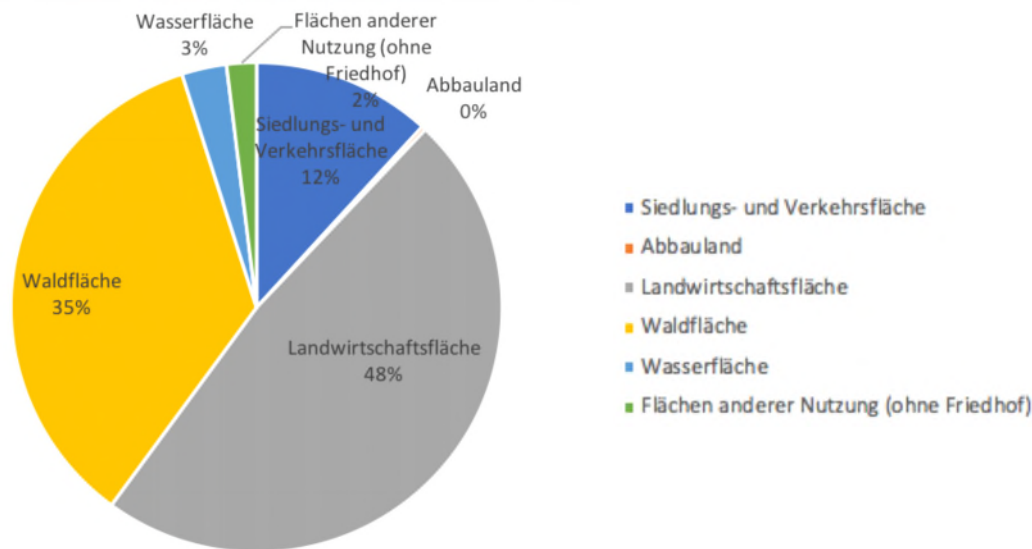


Abb. 11: Art der Flächennutzung in Stadt und Landkreis Rosenheim zusammen, eigene Darstellung nach (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2018a)

Die Werte der Flächennutzung im Landkreis und Stadt Rosenheim entsprechen mehr oder weniger den Werten Bayerns (siehe Abbildung 11). Nur der Wasserflächenanteil ist im Landkreis fast doppelt so hoch wie in Bayern. Die momentane Größe der Siedlungs- und Verkehrsfläche ist zwar noch nicht übermäßig groß, aber immerhin die drittgrößte Bodennutzungsart und die Fläche steigt kontinuierlich an. Und überall dort, wo diese Nutzungsart auftritt, kommt es zu Bodenversiegelung. Der Prozess der Versiegelung beschreibt, dass durch den Bau von Straßen, Häusern und Industrieanlagen große Bodenanteile von Beton, Asphalt und Steinen bedeckt werden. Die Versiegelung bringt einige negative Umweltfolgen mit sich und daher ist es sinnvoll, schon bebaute Flächen maximal zu nutzen. Auf Abbildung 12 ist zu erkennen, dass die pro Kopf Versiegelung im urbanen Raum geringer als im ländlichen Raum ist (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2018).

Die in diesem Kapitel dargestellten naturräumlichen Gegebenheiten sind ausschlaggebend für die Nutzungsmöglichkeiten EE. Die jeweiligen Standortbedingungen entscheiden darüber, für welche erneuerbare Energieform sich der betrachtete Raumausschnitt eignet, bzw. ungeeignet ist. Beispielsweise kann Wasserkraft oder Windkraft nur dort erfolgreich betrieben werden, wo auch Wasser, bzw. Wind in genügend großer Menge vorhanden ist. Der Landkreis Rosenheim ist aus Sicht des theoretischen, bzw. technischen Potentials grundsätzlich gut geeignet zur Erzeugung erneuerbaren Stroms oder Wärme. Allerdings bergen einige Energieformen aufgrund der naturräumlichen Bedingungen ein größeres Potential als andere. Dies soll in Kapitel fünf verdeutlicht werden.

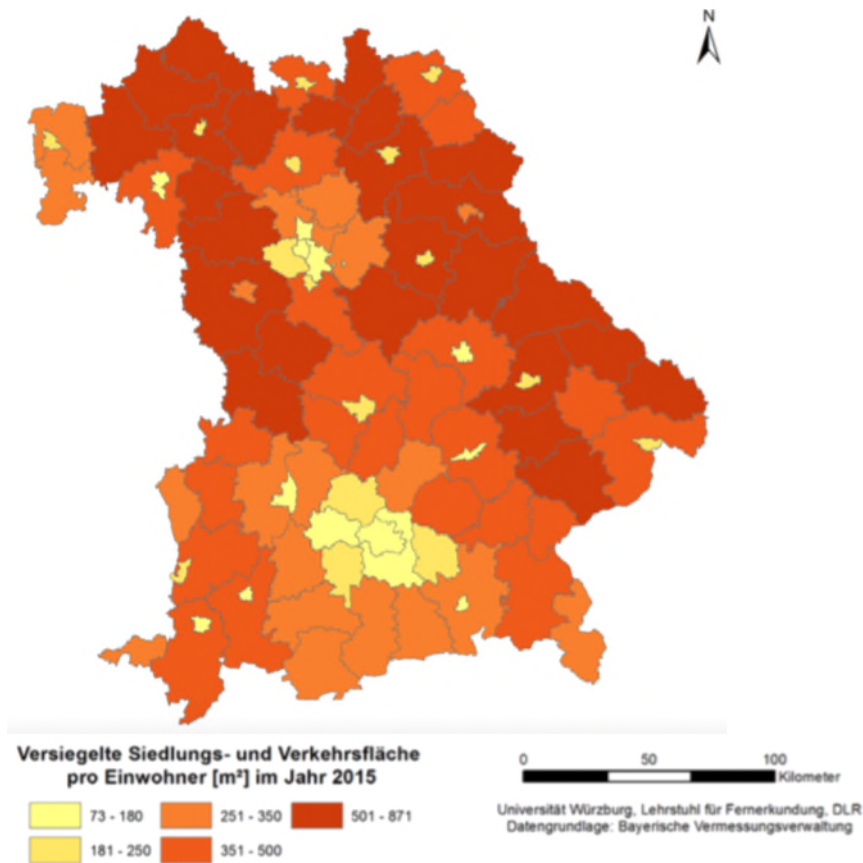


Abb. 12: Versiegelte Siedlungs- und Verkehrsfläche pro Einwohner in Quadratmeter im Jahr 2015 (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2018)

3. Bedarfs- und Verbrauchsanalyse von Energie in Stadt und Landkreis Rosenheim

Bedarfs- bzw. Verbrauchsanalysen beschäftigen sich mit der Untersuchung energetischer Daten innerhalb eines bestimmten Zeitraums. Zusätzlich müssen diese Kennzahlen auf die Bevölkerung bezogen werden, um eine Bedeutung zu erhalten. Denn die Bevölkerungsbewegung und ihre Struktur bestimmt den Energiebedarf. Dazu gehört nicht nur die absolute Bevölkerungszahl, sondern auch das Alter und der Verstädterungsgrad der Region (Müller & Bücker, 2016, S. 10). Die absolute Zahl der Bevölkerung ist in Stadt und Landkreis Rosenheim kontinuierlich gestiegen und es ist zu erwarten, dass auch in Zukunft die Bevölkerungszahlen nicht schrumpfen. Abbildung 13 zeigt das Wachstum von Stadt und Landkreis Rosenheim von 1840 bis 2016. (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2018b).

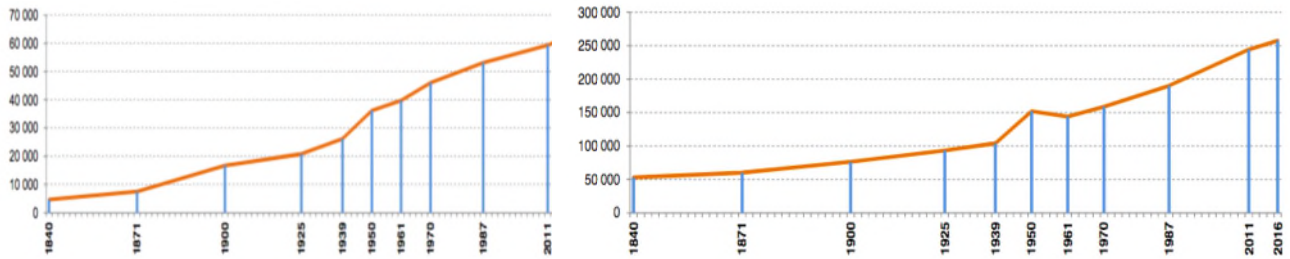


Abb. 13: Die linke Graphik zeigt die Bevölkerungsentwicklung der Stadt Rosenheim und die rechte Graphik die Bevölkerungsentwicklung für den Landkreis Rosenheim (Bayerisches Landesamt für Statistik, 2018b)

Auch die Wirtschaftsleistung einer Region ist nicht zu vergessen: Je höher die Wirtschaftsleistung, desto mehr Industrie ist vorhanden und desto mehr Energie wird gebraucht. Die Arbeitslosenquote wird oft als Indikator für die Wirtschaftsleistung herangezogen. Im Landkreis Rosenheim liegt sie bei 2,7 %, was sehr niedrig ist und auf eine gute Wirtschaft schließen lässt. Tatsächlich gibt es im Landkreis viele große Industriebetriebe und auch der Tourismus ist ein wachsender Wirtschaftssektor, der vor allem im Inntal und in der Chiemsee-Region, eine wichtige Rolle spielt (Müller & Bucker, 2016, S. 11). Die Arbeitslosenquote der Stadt liegt mit 4,9 % etwas höher als im Landkreis. Allerdings belegt die Stadt im Gesamtindex der Wirtschaftsfreundlichkeit des Instituts der Deutschen Wirtschaft Köln den zwölften Platz der 110 kreisfreien Städte, was dafür spricht, dass auch Rosenheims Wirtschaftsleistung verhältnismäßig gut ist (Müller & Bucker, 2016, S. 13).

Wenn man von Energiebedarf spricht, kommt man nicht umhin, die Begriffe *Primär-* bzw. *Endenergie* sowie *Energieverbrauch*, bzw. *-bedarf* zu verwenden. Aus diesem Grund sollen die Begriffe im Folgenden kurz definiert werden. Primärenergie meint alle in der Natur vorkommenden Energiequellen. Dabei sind sowohl fossile als auch regenerative Energiequellen, beispielsweise Sonnenenergie, eingeschlossen. Endenergie hingegen ist die Energie, die von den Endverbrauchern bezogen wird, also zum Beispiel der Strom aus der Steckdose. Dabei ist die Endenergie immer geringer, als die Primärenergie, weil bei der Energieumwandlung Verluste entstehen (Müller & Bucker, 2016, S. 14). Bedarfswerte sind Schätzungen im Voraus, bzw. Hochrechnungen während Verbrauchswerte gemessene Werte eines definierten Zeitraums sind (Reinhardt, Dillmann, & Mayer, 2017, S. 12).

Beispielsweise hatte der Landkreis Rosenheim inklusive der Stadt Rosenheim einen Primärenergieverbrauch von 13.935 GWh und einen Endenergieverbrauch von 9803 GWh im Jahr 2013. Daraus errechnet sich eine Nutzung der primären Energie von 70 %. Sektoren, die für diese Berechnung beachtet wurden sind der Verkehr, das verarbeitende Gewerbe, Haushalte und GHD (= Gewerbe, Handel, Dienstleistungen). Dabei haben die privaten Haushalte und GHD zusammen einen Anteil von rund 47 %, weitere 31 % werden vom Verkehr benötigt und die restlichen 22 % gehen an das verarbeitende Gewerbe. Abbildung 14 stellt diesen Sachverhalt dar (Müller & Bucker, 2016, S. 14).

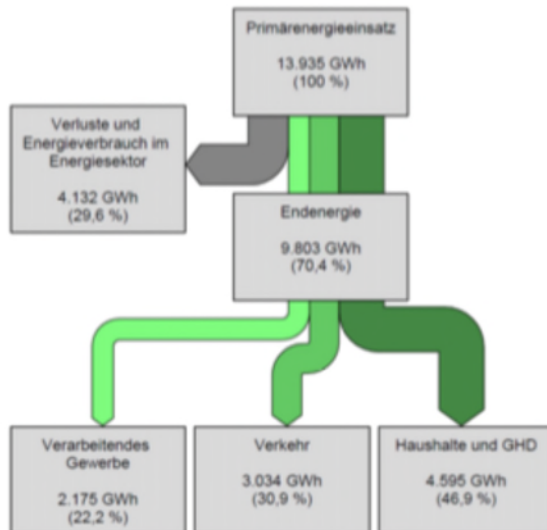


Abb. 14: Schematische Darstellung des Primärenergieeinsatzes und dessen Aufteilung in Landkreis und Stadt Rosenheim im Jahre 2013 (Müller & Bücken, 2016, S. 14)

Um den Primärenergieverbrauch im Landkreis und der Stadt Rosenheim darzustellen, wurden die Ist-Daten für Bayern verwendet und über die Einwohnerzahl auf den Landkreis, bzw. die Stadt heruntergerechnet. Die nachfolgende Abbildung 15 zeigt die prozentualen Anteile der Energieformen an der Primärenergie. Daraus würde hervorgehen, dass 16 % der Primärenergie aus EE gewonnen wurden. Allerdings können durch diese Art der Rechnung nur Richtwerte und nicht die tatsächlichen Werte für den Rosenheimer Landkreis oder die Stadt angegeben werden.

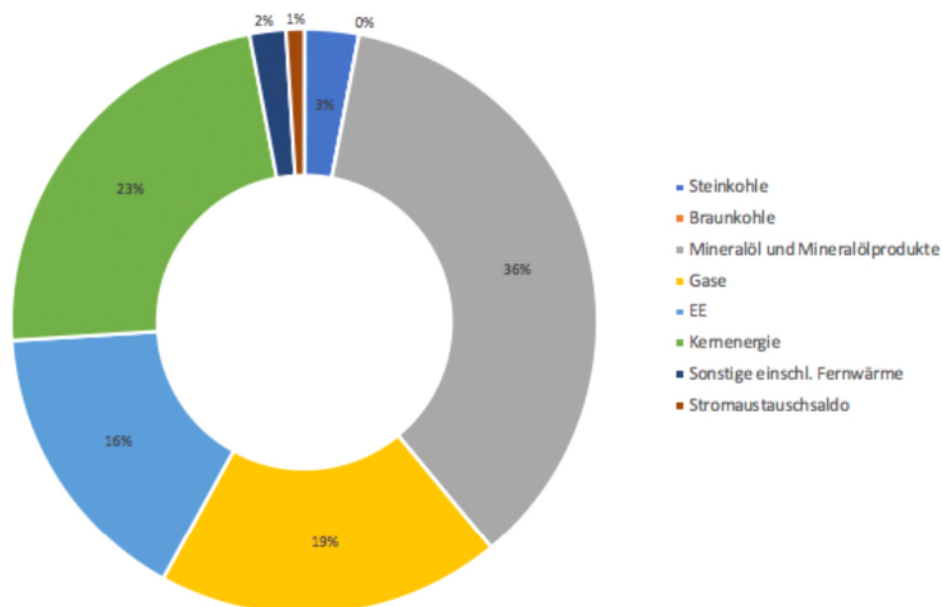


Abb. 15: Prozentuale Aufteilung des Primärenergieeinsatzes nach Energieträgern in Landkreis und Stadt Rosenheim, eigene Darstellung nach (Müller & Bücken, 2016, S. 16)

3.1. Energiebilanz Stadt Rosenheim

Der Gesamtenergiebedarf der Stadt Rosenheim hat von 2015 auf 2016 von 1.151 GWh/a um etwa 23 GWh, bzw. 2 % auf 1.175 GWh/a zugenommen. Dabei machte der Wärmebedarf mit 2,5 % am meisten aus, gefolgt vom Verkehr mit 2,2 % und dem Stromsektor mit nur 0,3 %. Der zunehmende Energiebedarf wird mit dem gleichzeitigen Bevölkerungswachstum erklärt (Freitag, Freund, & Meister, 2017, S. 10). Abbildung 16 zeigt das Verhältnis von Strom, Wärme und Verkehr im Energiebedarf.

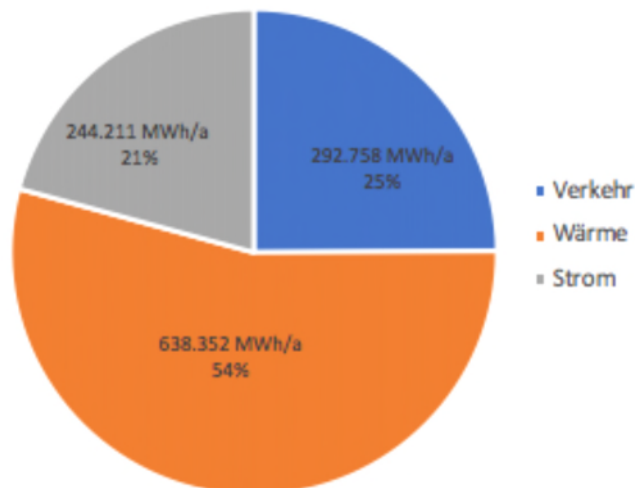


Abb. 16: Verteilung des Gesamtenergiebedarfs von der Stadt Rosenheim 2016 nach Sektoren, eigene Darstellung nach (Freitag et al., 2017, S. 10)

3.1.1. Strombedarf der Stadt Rosenheim

Das Stromnetzwerk der Stadtwerke Rosenheim lieferte im Jahr 2016 inklusive Netzverluste etwa 262 GWh/a. Um den Bedarf der verschiedenen Sektoren zu errechnen wurden die Netzverluste und die Strommenge zum Heizen von der Gesamtliefermenge abgezogen. So bleiben rund 244 GWh Strombedarf für die Sektoren im Jahr 2016. Das bedeutet eine Zunahme von 0,4 % gegenüber 2015. Betrachtet man die Sektoren getrennt voneinander, dann nimmt der kommunale Sektor (KOM) von 18,1 GWh auf 18,2 GWh zu, der Privathaushaltssektor (PHH) von 76,9 GWh auf 77,9 GWh. Der Strombedarf im GHD geht dagegen von 148,5 GWh auf 148,0 GWh leicht zurück. Die Zunahme im PHH wird durch die Bevölkerungszunahme erklärt (Freitag et al., 2017, S. 12).

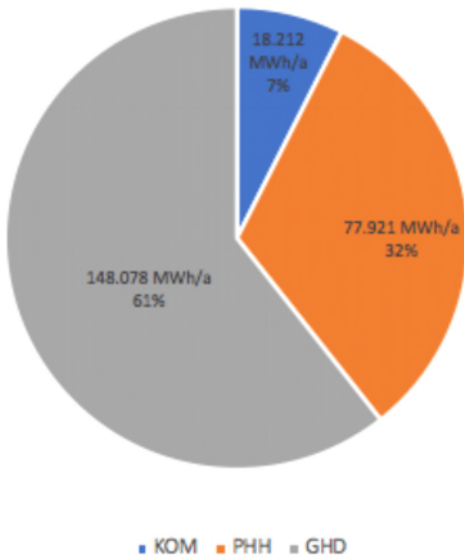


Abb. 17: Aufteilung des Strombedarfs der Stadt Rosenheim nach Sektoren, eigene Darstellung nach (Freitag et al., 2017, S. 11)

3.1.2. Wärmebedarf der Stadt Rosenheim

Auch der Wärmebedarf ist vom Jahr 2015 auf 2016 gestiegen. Die Ursache wird in dem kälteren Winter von 2016 und der Zunahme der Bevölkerung gesehen. Die Zunahme des Wärmebedarfs belief sich auf 2,5 % von 621 GWh/a (2015) auf 638 GWh/a (2016) (Freitag et al., 2017, S. 14).

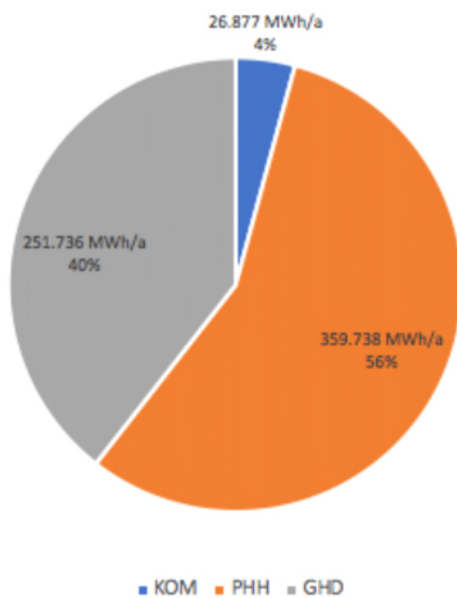


Abb. 18: Aufteilung des Wärmebedarfs der Stadt Rosenheim nach Sektoren, eigene Darstellung nach (Freitag et al., 2017, S. 14)

Ein Blick auf die Herkunft der Energiequellen für den Wärmebedarf zeigt jedoch positive Trends im Sinne der Nachhaltigkeit. Es wird weniger Öl und stattdessen mehr Erdgas und Fernwärme eingesetzt. Im Jahr 2015 wurde in etwa 19 % der Haushalte Öl zum Heizen eingesetzt, ein Jahr später sind es nur noch 17,6 % der Haushalte. Gleichzeitig stieg der Anteil der Gasheizungen von 45,8 % auf 46,9 % und Fernwärme wurde statt 25,6 % zu 26,3 % genutzt. Abbildung 19 zeigt die Verteilung der Wärmeenergiegewinnung nach Energiequellen (Freitag et al., 2017, S. 15).

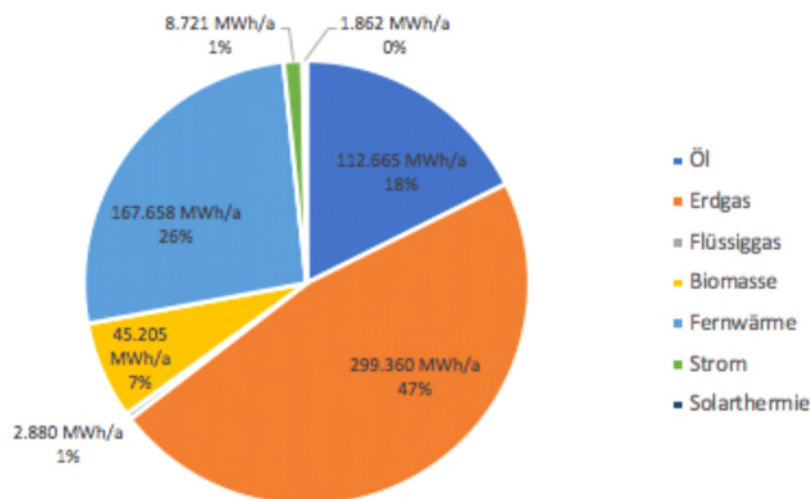


Abb. 19: Verteilung des Wärmebedarfs der Stadt Rosenheim nach Energiequelle, eigene Darstellung nach (Freitag et al., 2017, S. 13)

3.2. Energiebilanz Landkreis Rosenheim

3.2.1. Strombedarf des Landkreises Rosenheim

Aufgrund des noch nicht veröffentlichten Energiekonzepts kann nur auf die Daten des Landkreissteckbriefes von Rosenheim zurückgegriffen werden. Allerdings beziehen sich die Daten darin auf das Bezugsjahr von 2013 und sind deshalb nicht mehr aktuell. Der Endenergiebedarf für Strom belief sich auf 1.230,53 GWh/a, was 20 % des gesamten Energiebedarfs ausmacht. Aufgeteilt nach Sektoren ergibt sich folgendes Bild: PHH verwendeten 28 % des Stroms mit 347,24 GWh/a, die Industrie war mit 57 % und 698,83 GWh/a der größte Verbraucher, der GHD-Sektor benötigte 13%, also 157,14 GWh/a und öffentliche Liegenschaften waren mit 2 % und 27,32 GWh/a der kleinste Sektor (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 1f.).

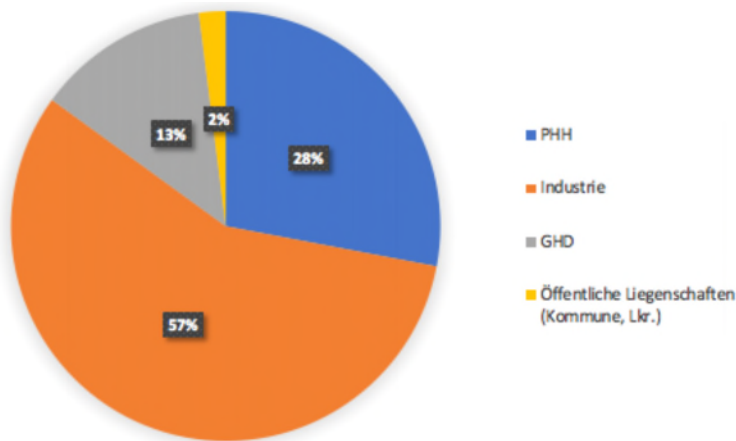


Abb. 20: Elektrischer Endenergiebedarf des Landkreises Rosenheim nach Verbrauchergruppen 2013, eigene Darstellung nach (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 1f.)

3.2.2. Wärmebedarf des Landkreises Rosenheim

Der thermische Endenergiebedarf macht 80 % des gesamten Energiebedarfs des Landkreises aus und beträgt 4.828,93 GWh im Jahr 2013. Differenziert man hier nach Sektoren, so erkennt man, dass alle Bereiche (außer die öffentlichen Liegenschaften) etwa gleich viel Energie benötigen. Die Industrie braucht mit 38 % oder 1.842,26 GWh/a des Gesamtbedarfs am meisten Energie. Darauf folgen die PHH mit 35 % oder 1.706,21 GWh/a, der GHD-Sektor mit 25 %, was 1.223,71 GWh/a entspricht und die öffentlichen Liegenschaften mit 56,74 GWh/a, also 1 % (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 3). Abbildung 21 zeigt den eben beschriebenen Sachverhalt.

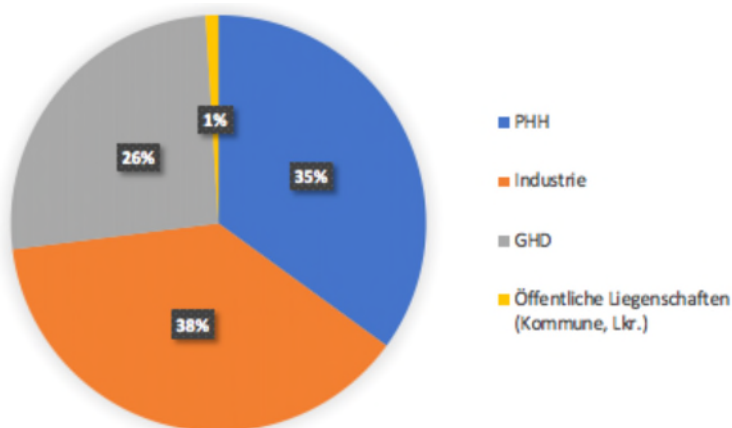


Abb. 21: Thermischer Endenergieverbrauch des Landkreises Rosenheim nach Verbrauchergruppen 2013, eigene Darstellung nach (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 1f.)

Abbildung 22 zeigt den thermischen Endenergiebedarf des Landkreises nach Art der Energieträger. Dabei wird ersichtlich, dass nur 12 % oder 556,18 GWh/a durch EE erzeugt

werden. Wie schon erwähnt, ist der Wärme- und Kältesektor also ein Handlungsfeld mit enormen Handlungsbedarf und effektive Maßnahmen sind gefragt, um den Energiebedarf zu senken und mehr Energie aus EE zu gewinnen (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 3).

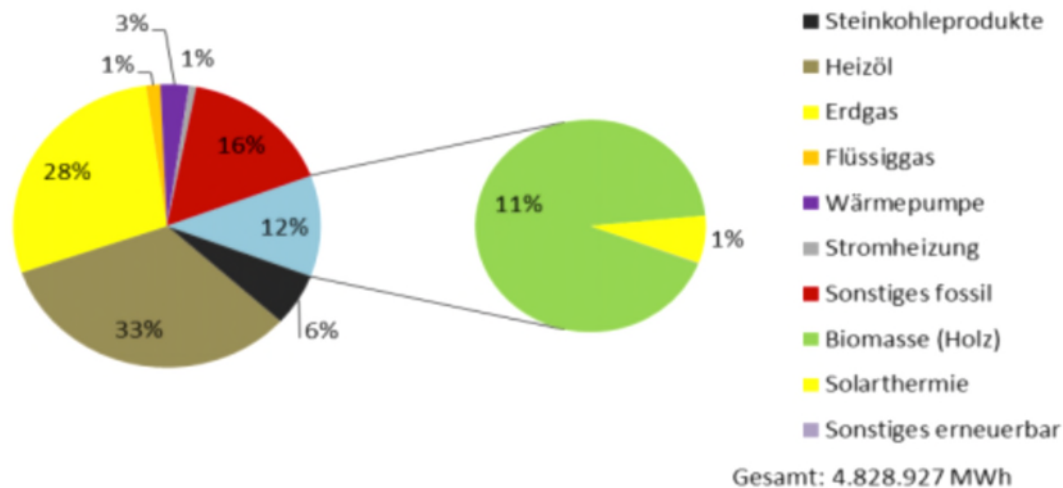


Abb. 22: Thermischer Endenergieverbrauch des Landkreises Rosenheim nach Energieträger 2013 (Landkreis Rosenheim, 2016, S. 3)

4. Daten und methodische Grundlagen der Bestands- und Potentialanalyse

Für die Analyse der Energiepotentiale im Landkreis Rosenheim wurde der Bayerische Energie-Atlas verwendet. Dieser Atlas ist ein Projekt der Bayerischen Staatsregierung, wobei das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie die Aufsicht und Federführung hat. Fachlich beteiligt sind jedoch mehrere Abteilungen:

- das Bayerische Staatsministerium der Finanzen, für Landesentwicklung und Heimat
- das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
- das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
- das Bayerische Staatsministerium des Innern und für Integration

Die fachliche Gesamtbetreuung des Atlas hat das Bayerische Landesamt für Umwelt. Die EDV-technische Aufsicht und Entwicklung obliegt der Bayerischen Vermessungsverwaltung (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a).

Vom Prinzip her ist der Energie-Atlas Bayern ein Web-Portal, das Zugang bietet zu Informationen, Anwendungen und Diensten zu den Themen Energiesparen, Energieeffizienz und Ausbau EE. Der Atlas soll für Bürger, Kommunen und Unternehmen ein kostenloses Werkzeug darstellen, mit dem Strategien zur Energiewende erarbeitet werden können. Dabei sollen Ideen generiert und ausgetauscht werden und Daten sowie Hilfestellung durch den

Atlas abgerufen und aktualisiert werden. Die Karten und interaktiven Anwendungen, wie zum Beispiel das sogenannte Mischpult, sollen bei der Standortsuche für Energieanlagen helfen. Mit dem Mischpult kann man individuelle Energieszenarien für verschiedene Energieformen durchspielen und Grenzen bzw. Möglichkeiten der Energieerzeugung mit EE herausarbeiten (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a). Das Leitmotiv des Energie-Atlas Bayern ist der sogenannte *Energie-3-Sprung* (siehe Abbildung 23), der auch in den Energiekonzepten der Kommunen wiederzufinden ist. Zunächst müssen Maßnahmen zur Energieeinsparung (1. Sprung) verfolgt werden, dann soll die Energieeffizienz (2. Sprung) gesteigert werden und schließlich soll der restliche Energiebedarf so viel wie möglich mit EE gedeckt werden (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a). Der Atlas verfügt zum einen über einen Themen-Teil, in dem Hintergrundinformationen zu verschiedenen Themen wie die verschiedenen Energieformen, aber auch Bedienungshinweise zum Atlas zu finden sind. Zum anderen gibt es einen Karten Teil, der die Möglichkeit bietet, den Bestand und das Potential EE abzurufen und vieles mehr. Um im Kartenteil die Datenaktualität und -konsistenz zu gewährleisten, werden webbasierte (Geo-) Datendienste verwendet. Die Datenzulieferer stellen ihre Daten in Form von Web Map Services (WMS) oder teils Web Feature Services (WFS) zur Verfügung. Eine Viewer-Applikation verwaltet diese Dienste und integriert sie in die Gesamtanwendung. So kann sichergestellt werden, dass die Daten im Atlas automatisch auf dem gleichen Stand sind, wie bei den Datenurhebern. Außerdem werden so wiederholte Einspeisungen der Daten und inkonsistente Datenbestände vermieden (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a). Da die Meldung von Anlagen nicht verpflichtend ist, kann es sein, dass Anlagen teils nicht erfasst, bzw. entfernt worden sind. Dies ist vor allem bei kleineren Anlagen wie PV-Dachanlagen und kleinen Biogasanlagen der Fall. Außerdem ist die Aktualität der Daten abhängig von den Datenzulieferern. Das heißt, die Daten im Atlas können nicht neuer sein, als zum Beispiel die letzte Erhebung der Strom- oder Wasserwerke. Allerdings ist es nicht der Anspruch des Atlas, die Daten mit absoluter Genauigkeit darzustellen, sondern es geht darum, eine Orientierungshilfe bezüglich der Stromwende für öffentliche und private Unternehmer zu bieten. Alle Daten für die Berechnung des Stromverbrauchs entstammen des Bayerischen Landesamts für Statistik (Bayerisches Landesamt für Umwelt, 2017, S. 1f.).



Abb. 23: Der Energie 3-Sprung (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

5. Energieerzeugung durch erneuerbare Energien im Landkreis Rosenheim

Energie wird in Form von Strom, Wärme oder Treibstoff in eigentlich allen Lebensbereichen verwendet und Energie ist die Grundlage für einen hohen Lebensstandard, wirtschaftliche Aktivitäten und Mobilität. Traditionell kommt die Energie größtenteils aus fossilen Energieträgern wie Kohle, Öl oder Uran. Und auch die energetische Infrastruktur ist darauf ausgerichtet. Allerdings sind diese Energien endlich und Fördermaxima wurden teils schon überschritten. Zudem produzieren die fossilen Energieträger in hohem Maße klimaschädliches CO₂. Beides sind Gründe für die Entwicklung und Nutzung EE. Diese sollen die Leitenergien der Zukunft sein. Probleme bringt nach wie vor der Übergang von fossilen zu erneuerbaren Energien. Oft ist es eine Kostenfrage, da einige EE noch immer sehr teuer sind. Außerdem ist oft nicht ganz klar, auf welche erneuerbare Energieform gesetzt werden soll, da alle Arten der Energieversorgung Vor- und Nachteile haben. Letztendlich muss ein Energiemix verwendet werden, der aus ökologischer, ökonomischer und gesellschaftlicher Sicht vertretbar und nachhaltig ist (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018b).

Im Folgenden sollen die einzelnen Energieträger, die für den Landkreis Rosenheim relevant sind, kurz vorgestellt werden. Anschließend erfolgt eine Darstellung des Beitrags der EE in Rosenheim.

Grundsätzlich haben Stadt und Landkreis Rosenheim ein großes Potential, was Energieerzeugung aus EE betrifft. Der meiste Strom aus regenerativen Quellen im Landkreis wird in den Laufkraftwerken des Inns und der Mangfall erzeugt. Auch Photovoltaik (PV) und Biomasse nehmen in der Region eine wichtige Rolle ein (Müller & Bucker, 2016, S. 9). Insgesamt konnte für Stadt und Landkreis vom Jahr 2012 auf 2013 eine geringe Steigerung der Stromerzeugung aus EE festgestellt werden. Statt 1.489 GWh/a waren es 1.495 GWh/a. PV und Wasserkraft sind aufgrund der Wetterbedingungen etwas gesunken zwischen 2012 und 2013, dafür sind Biomasse und Biogas etwas gestiegen. Nichtsdestotrotz hat die Wasserkraft mit 1.082 GWh/a den größten Anteil. Die Windkraft spielt im Landkreis Rosenheim bisher keine wichtige Rolle (Müller & Bucker, 2016). Insgesamt wird also der Verbrauch an Strom von Stadt und Landkreis im Jahr 2013 schon leicht übertroffen: Während

1.495 GWh/a produziert werden, liegt der Verbrauch bei 1.434 GWh/a. Abbildung 24 veranschaulicht diesen Sachverhalt. Betrachtet man den Landkreis ohne die Stadt, so stehen einem Verbrauch von 1.227 GWh/a eine Produktion von 1.423 GWh/a grünem Strom gegenüber (Müller & Bücken, 2016, S. 9). Das bedeutet, dass der Landkreis im Verhältnis mehr Strom als die Stadt produziert und gleichzeitig weniger davon in Anspruch nimmt. Das heißt die Stadt hat einen geringeren Wirkungsgrad als das Land (Müller & Bücken, 2016, S. 18).

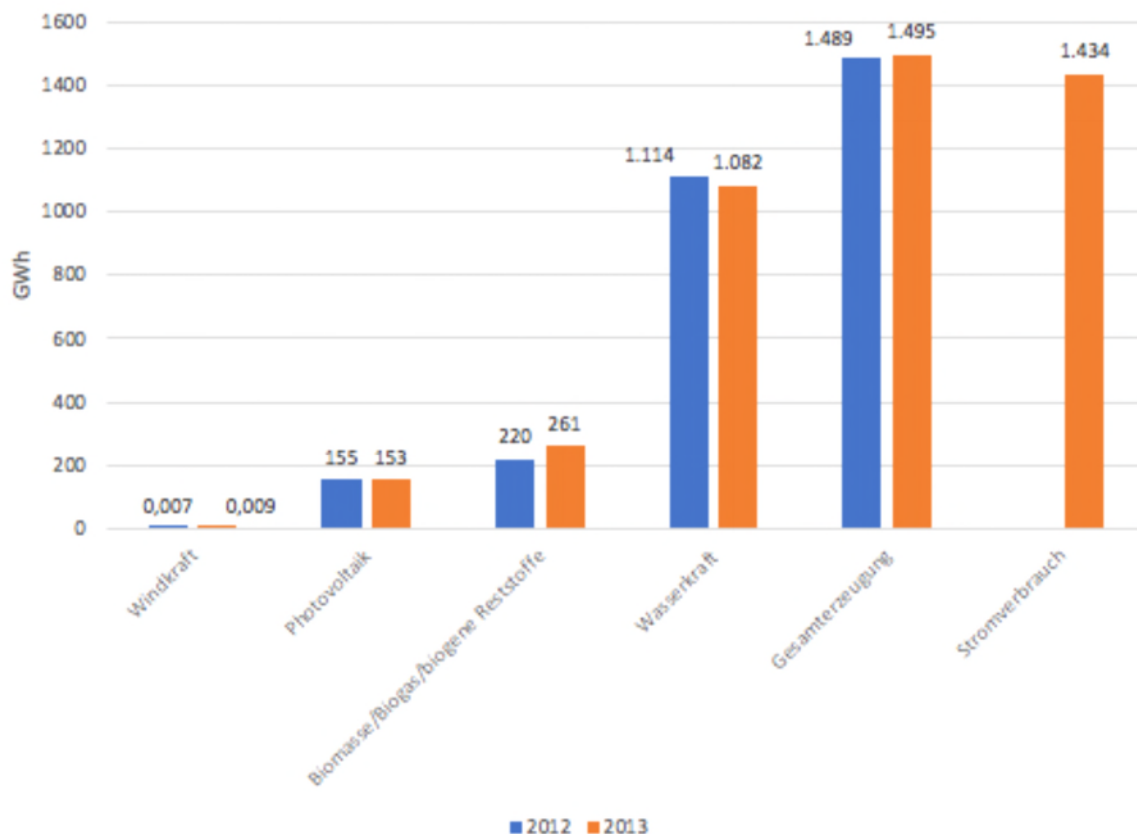


Abb. 24: Bereitstellung elektrischer Energie aus erneuerbaren Energieträgern in GWh für Stadt und Landkreis Rosenheim, eigene Darstellung nach (Müller & Bücken, 2016, S. 18)

Im Folgenden wird jeder erneuerbare Energieträger zuerst im Allgemeinen vorgestellt und dessen nötige Voraussetzungen erläutert. Danach wird mit Hilfe der Karten aus dem Energie-Atlas Bayern, der Bestand an Anlagen, sowie der Anteil der unterschiedlichen erneuerbaren Energieformen am Gesamtstromverbrauch im Landkreis Rosenheim (ohne Stadt Rosenheim) dargestellt.

5.1. Wasserkraft

Wasserkraft ist weltweit mit mehr als 16% Anteil an EE die wichtigste grüne Energiequelle für die Stromerzeugung. Die weite Verbreitung der Wasserkraft ist unter anderem eine Folge dessen, dass die Technologie ausgereift und schon seit über 100 Jahren im Einsatz ist. Der Vorteil der Wasserkraft ist die stetige Verfügbarkeit und der hohe Wirkungsgrad (Agentur für erneuerbare Energien, 2018a). Die Strömungsenergie eines Wassers treibt über ein Turbinenrad Generatoren an, die dann den Strom erzeugen. Dabei können Wirkungsgrade von über 90% erreicht werden. Die Menge des erzeugten Stroms ist vor allem von der Menge des fließenden Wassers und der Fallhöhe abhängig (Agentur für erneuerbare Energien, 2018a). Grundsätzlich werden Wasserkraftanlagen (WKA) basierend auf ihrer Leistung in kleine WKA mit einer installierten Leistung von weniger als 1 MW und in große WKA mit einer installierten Leistung von mehr als 1 MW unterschieden. Außerdem gibt es verschiedene Anlagentypen, wobei im Falle des Landkreises Rosenheim die Laufwasserkraftwerke in der überwiegenden Mehrheit sind:

Laufwasserkraftwerke befinden sich an Flüssen oder Bächen. Solche Anlagen nutzen die Fließenergie der Gewässer rund um die Uhr und sind daher wichtig für die Deckung des Grundbedarfs an Strom.

Speicherkraftwerke werden nur bei Bedarf zugeschaltet. Sie stauen das Wasser in natürlichen oder künstlichen Becken auf und können es dann zu bestimmten Zeiten über eine Turbine abfließen lassen.

Pumpspeicherkraftwerke verwenden überschüssigen Strom um Wasser von einem tiefergelegenen Becken in ein höhergelegenes Becken zu pumpen. Überschüssiger Strom ist immer dann vorhanden, wenn die Nachfrage gering ist. Also zum Beispiel in der Nacht. Die Energie aus Pumpspeicherkraftwerken ist vor allem zur Spitzenlast, also zu Zeiten höchsten Strombedarfs, notwendig. Zusätzlich dienen sie als Reserve, wenn andere Kraftwerke ausfallen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018b).

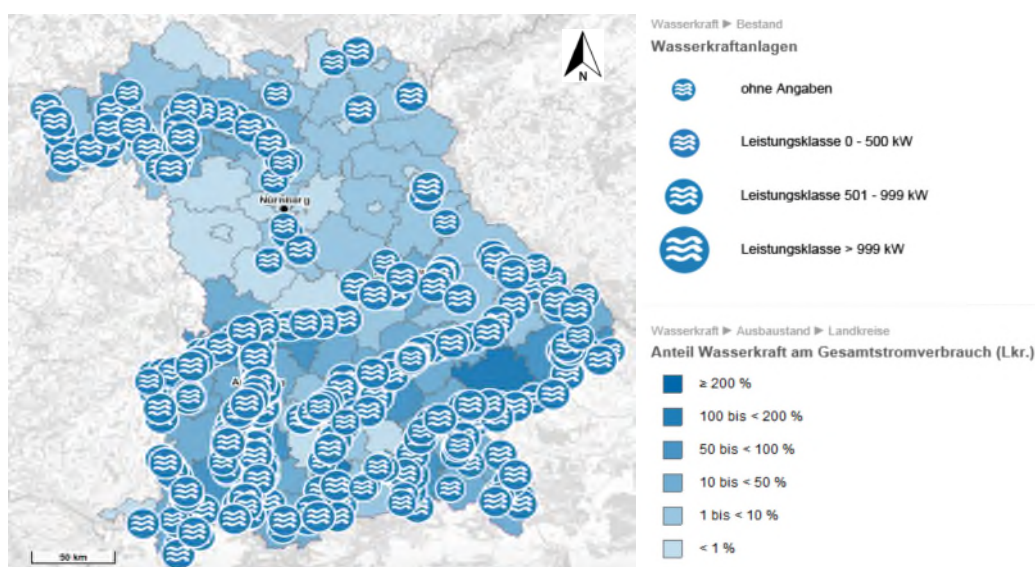


Abb. 25: Wasserkraftanlagen und Anteile der Wasserkraft am Gesamtstromverbrauch je Landkreis in Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Wie bereits erwähnt, ist Wasserkraft einer der wichtigsten erneuerbaren Energieträger Bayerns. Auf Abbildung 25 ist zu sehen, wie viel Anteil die Wasserkraft am Gesamtstromverbrauch hat (blaue Farbabstufungen) und es wird vor allem deutlich, dass sich die Kraftwerke entlang der Flüsse erstrecken. Der Landkreis Rosenheim hat mit dem Inn und mit der Mangfall zwei große Flüsse und hat daher die Möglichkeit, (Lauf-) Wasserkraftwerke zu betreiben. Abbildung 26 zeigt, wie sich die Kraftwerke im Landkreis Rosenheim verteilen. Die meisten befinden sich entlang der Mangfall, einige am Inn und weitere an Nebenflüssen.



Abb. 26: Wasserkraftanlagen im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

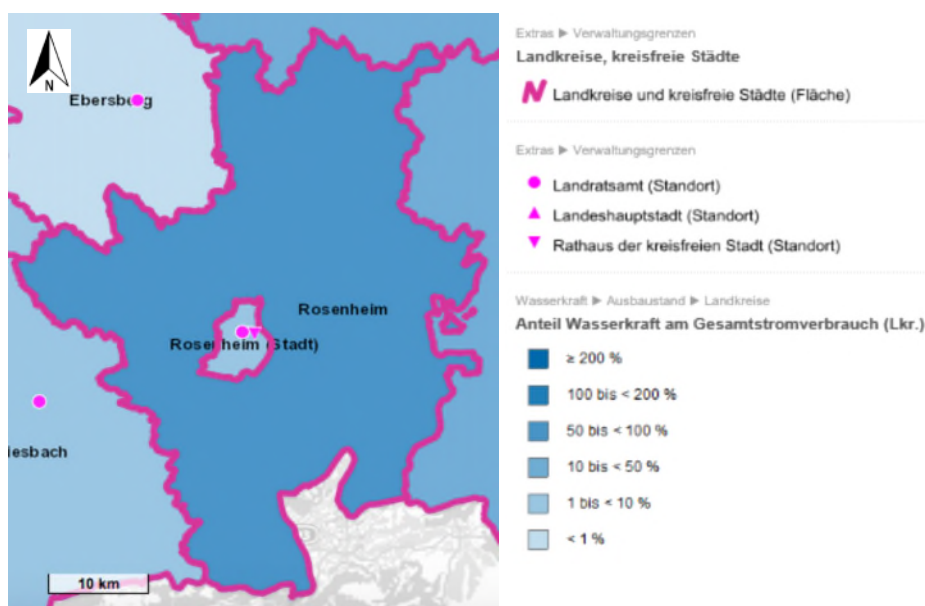


Abb. 27: Anteil der Wasserkraft am Gesamtstromverbrauch im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Der Landkreis gehört zu den Regionen in Bayern mit einer sehr hohen Nutzung der Wasserkraft. Der erzeugte Strom entspricht einer installierten Leistung (= Höchstleistung der Anlage, gehört zu den festen technischen Daten) von 214 MW, die von insgesamt 156 WKA erbracht wird. Pro Einwohner ergibt sich daraus eine installierte Leistung von 0,831 kW. Der Anteil der Wasserkraft am Gesamtstromverbrauch liegt bei 81 %. Zum Vergleich dazu, liegt die installierte Leistung bayernweit bei 2.402 MW, die von 4.254 Anlagen generiert wird. Der Anteil der Wasserkraft an Bayerns Gesamtstromverbrauch liegt mit 16 % deutlich unter dem Wert des Landkreises Rosenheim. Auch die installierte Leistung pro Einwohner ist mit 0,186 kW nicht mit den Werten des Landkreises zu vergleichen (Stand: 2016).

5.2. Photovoltaik

Photovoltaikanlagen (PVA) wandeln, mit Hilfe von Solarzellen, Sonnenstrahlung in elektrische Energie um. Das Sonnenlicht wird in Gleichstrom umgewandelt und kann deshalb direkt zum Betrieb elektrischer Geräte verwendet oder in Batterien gespeichert werden. Ansonsten kann man den Gleichstrom auch in Wechselstrom umwandeln und so in das öffentliche Stromnetz einspeisen (Agentur für erneuerbare Energien, 2018a). Durch eine stetige Steigerung des Wirkungsgrades und sinkende Anlagenkosten werden PVA immer rentabler und können zukünftig einen großen Beitrag zur Energiegewinnung leisten. Es gibt drei mögliche Arten, eine PVA zu installieren: auf Schräg- und Flachdächern, an Fassaden und auf Freiflächen. Der Anlagenbetreiber kann den erzeugten Strom entweder in das öffentliche Netz einspeisen und die Einspeisevergütung nach EEG Vorgaben beziehen, oder den Strom selbst nutzen. Hierbei wird die Förderung nicht wirksam, aber der Netzbetreiber ist verpflichtet den überschüssigen Strom abzunehmen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018b). Generell wird daher in zwei Anlagenarten unterschieden. Es gibt netzgekoppelte Anlagen, die den Strom ins öffentliche Stromnetz einspeisen und Inselanlagen, die den Strom entweder direkt verbrauchen oder, wenn möglich, speichern. Diese Art von Anlagen sind vor allem dort, wo es schwierig ist, das öffentliche Stromnetz (kostengünstig) zu erreichen. Gerade bei PVA ist der Standort (geographische Breite) und die Auslegung (Ausrichtung und Neigungswinkel) der Anlage von besonderer Wichtigkeit. Die optimale Ausrichtung einer Anlage wäre nach Süden. Kleinere Abweichungen nach Westen oder Osten können aber weitgehend vernachlässigt werden. Wichtig ist es, darauf zu achten, dass keine Beschattung vorhanden ist, da die schwächste Solarzelle die gesamte Leistung eines Moduls bestimmt. Eine PVA, die nach Süden ausgerichtet ist, hat ihren optimalen Neigungswinkel zwischen 30° und 45°. Wenn die Anlage mehr nach Westen oder Osten gerichtet ist, dann empfiehlt sich ein geringerer Neigungswinkel (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018b). Die benötigte Fläche einer PVA hängt von der zu installierenden Leistung ab, die in Kilowatt-Peak (kWp) gemessen wird. Ein kWp gibt die maximal abgegebene elektrische Leistung bei senkrechter Sonneneinstrahlung an. Man kann mit einer Spitzenleistung von 1 kWp bei einer Modulfläche

von ca. 6-8 m² rechnen. Eine 1 kWp-Anlage erzeugt in Deutschland etwa 700 bis 1.000 kWh (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018b).

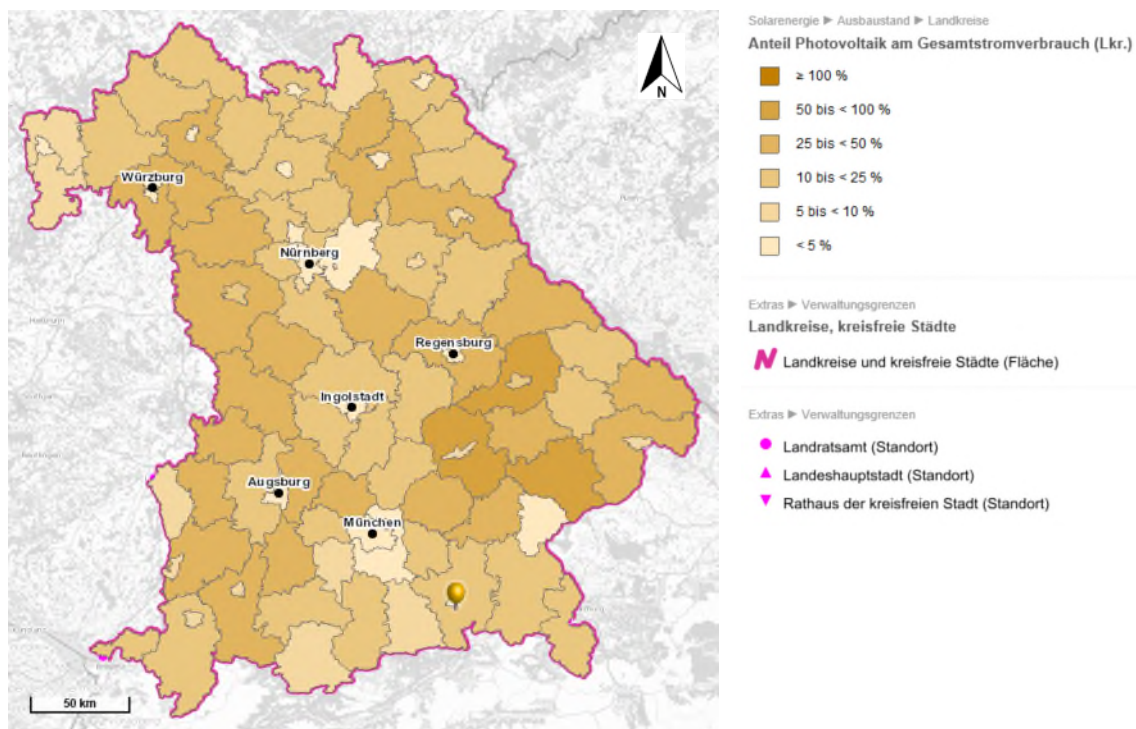


Abb. 28: Anteil Photovoltaik am Gesamtstromverbrauch im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Der Anteil des Stroms aus PVA am Gesamtstromverbrauch des Rosenheimer Landkreises liegt bei 13 %. In Bayern werden 14 % des Stromverbrauchs aus Sonnenenergie generiert. Damit liegt der Landkreis bayernweit im unteren Mittelfeld. Es gibt im Landkreis 11.639 Anlagen, die zusammen eine installierte Leistung von 188 MWp haben und im Jahr 2016 171.839 MWh in 914 Volllaststunden (siehe Kapitel 5.4) erzielt haben. Zum Vergleich dazu, werden bayernweit 510.746 Anlagen betrieben, die eine installierte Leistung von 11.400 MWp aufweisen. Pro Kopf sind das in Bayern 0,88 kWp statt 0,73 kWp im Landkreis Rosenheim. Die durchschnittlichen Volllaststunden sind für den Freistaat mit 946 Stunden etwas höher als im Landkreis und über das Jahr 2016 gesehen, wurden 10.788.514 MWh produziert.

Der Landkreis hat vier Freiflächenanlagen und einige Anlagen, die eine Produktion von 30 kWp oder weniger haben. Im gesamten südlichen, voralpinen Ende des Landkreises sind die PVA eher spärlich gesät.

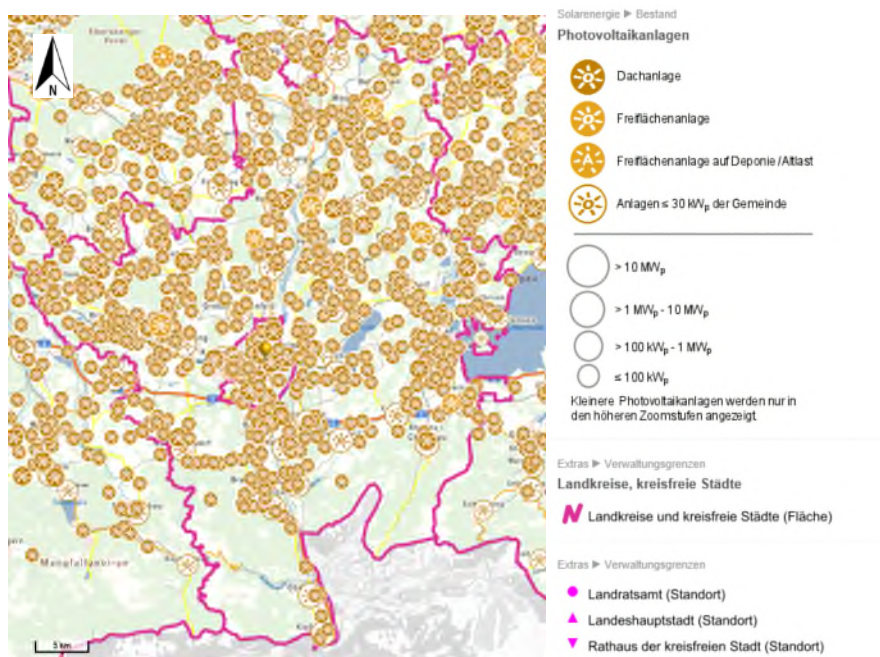


Abb. 29: Photovoltaikanlagen im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

5.3. Bioenergie

Im Grunde genommen ist Bioenergie Sonnenenergie, die in Biomasse (Energiepflanzen, Holz oder Reststoffe) gespeichert ist. Der Vorteil der Bioenergie gegenüber anderen EE ist die vielseitige Nutzbarkeit. Aus Biomasse kann Strom, Wärme aber auch Treibstoff gewonnen werden. Auch die Form, in der die Energie gespeichert wird, variiert. Biomasse findet man in fester, flüssiger und gasförmiger Form. Zudem ist Biomasse zeitlich immer verfügbar und flexibel einsetzbar und sorgt für eine dezentrale Energieversorgung (Agentur für erneuerbare Energien, 2018a). Die Nutzung von Reststoffen und Abfällen trägt dazu bei, Nutzungskonflikte und Mülldeponien zu verringern. Vor allem Anlagen, die Strom produzieren, sollen zukünftig mit Abfall- und Reststoffen versorgt werden. Dabei kann die Biomasse fest, flüssig oder gasförmig eingesetzt und in konventionellen Kondensationskraftwerken verbrannt werden. Das kochende Wasser produziert Dampf, der einen Überdruck im Kessel der Anlage erzeugt. Durch eine Druckentlastung wird mittels einer Dampfturbine Strom generiert (Agentur für erneuerbare Energien, 2018b). Allerdings lassen sich mit der herkömmlichen Technik nur rund 35 % der im Brennstoff enthaltenen Primärenergie in Strom umwandeln. Deshalb wird neuerdings versucht, durch Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), den Wirkungsgrad der Anlagen zu erhöhen. Dabei wird die bei der Stromerzeugung anfallende Wärme zum Heizen genutzt. Der Wirkungsgrad kann dadurch auf 80 % oder mehr erhöht werden. Große Kraftwerke (bis zu 20 MW) werden als Heizkraftwerke bezeichnet. Kleinere Kraftwerke (oft bis ca. 500 kW) sind oft Blockheizkraftwerke (Agentur für erneuerbare Energien, 2018b).

In Bayern ist Holz der bedeutendste Bioenergieträger. Im Landkreis Rosenheim ist die Holzzulieferung schon fast am Limit und Kurzumtriebsplantagen (siehe Kapitel 6.3.) sind im Landkreis weniger im Fokus. Dafür wird mit einer anderen Energiepflanze, der sogenannten „durchwachsenen Silphie“, experimentiert (Weißbacher & Voggenauer, 2018).

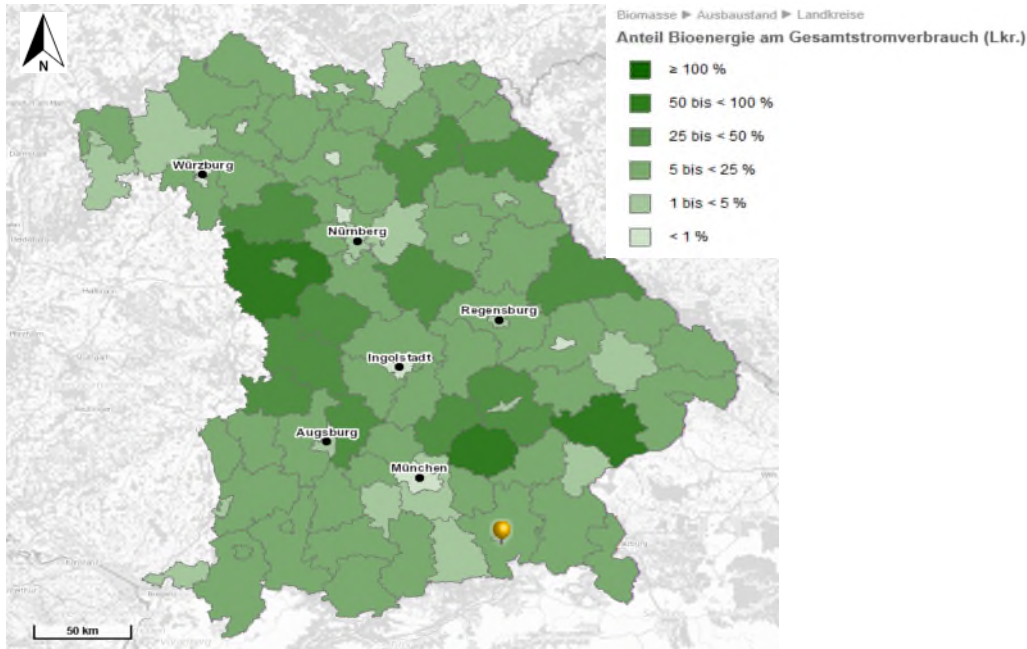


Abb. 30: Anteil Bioenergie am Gesamtstromverbrauch in Bayern nach Landkreisen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Die Biomasse ist auch im Landkreis Rosenheim ein weiterer wichtiger Energieträger. Allerdings liegt der Anteil der Stromproduktion am Gesamtstromverbrauch deutlich unter dem Anteil der Wasserkraft bei 15 %. Im bayernweiten Vergleich nimmt der Landkreis einen mittleren Platz ein (siehe Abbildung 30), da in Bayern 11 % des Stromverbrauchs aus Bioenergie gewonnen werden. Der Landkreis verfügt über 122 Biomasseanlagen mit einer installierten Leistung von 39 MW. Die meisten sind Biomasseanlagen, die gasförmigen Biobrennstoff verwenden. Außerdem gibt es im Landkreis noch sechs kommunale Kläranlagen, die Faulgas verbrennen und drei Deponien, die aus der Verbrennung von Abfällen Strom erzeugen (siehe Abbildung 31). In Bayern sind es 3.673 Anlagen, die insgesamt eine installierte Leistung von 1.556 MW haben. Pro Kopf gesehen lag die Stromproduktion im Jahr 2016 im Landkreis mit 813,8 kWh etwas höher als in Bayern mit 632,2 kWh.



Abb. 31: Biomasseanlagen, Deponien und kommunale Kläranlagen zur Stromerzeugung im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

5.4. Windenergie

Der Strom wird durch die Bewegungsenergie des Windes gewonnen. Die Rotorblätter einer Windkraftanlage (WiKA) wandeln diese in eine Drehbewegung um, die einen Generator im Inneren des Windrads antreibt. Der Ertrag hängt maßgeblich von der Bauart der Rotorblätter und der Windgeschwindigkeit sowie der Höhe des Windrads ab (Agentur für erneuerbare Energien, 2018a). Das Problem ist, dass die Windverhältnisse meteorologisch bedingt stark variabel sind. Windstarke und windschwache Jahre treten unvorhergesehen auf und können den Ertrag einer Anlage stark beeinflussen, da die Höhe der Windgeschwindigkeit mit der dritten Potenz in den Ertragswert eingeht (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, 2014, S. 9). Für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage ist also nicht die mittlere Windgeschwindigkeit wichtig, sondern die Verteilung des Windes übers Jahr. Bei schlechter Verteilung ist eine Anlage meist nicht rentabel, weil die Haltungskosten in windschwachen Jahren zu hoch sind (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, 2014, S. 18). Eine niedrige Windgeschwindigkeit ist unter anderem der Grund, dass Windenergie im Landkreis Rosenheim bisher eine untergeordnete Rolle spielt.

Normalerweise gilt je höher über dem Boden, desto windiger. Die Näherungsformel

$$v_2 = v_1 \frac{\ln\left(\frac{h_2}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_1}{z_0}\right)}$$

Mit:

- Referenzgeschwindigkeit v_1 gemessen bei der Referenzhöhe h_1
- Windgeschwindigkeit v_2 in der Höhe h_2
- Reibungslänge z_0

beschreibt diesen Sachverhalt. Dabei wird deutlich, dass Windgeschwindigkeit mit der Höhe steigt, weil die Bodenrauigkeit und die Hindernisse abnehmen (Meteotest, 2018). Aber Windkarten zeigen, dass die topographische Höhe nicht allein ausschlaggebend für die Windgeschwindigkeit in Bayern ist. Auch in niederen Lagen können hohe Windgeschwindigkeiten zu finden sein. Die Windverhältnisse in Bayern sind durch die kleinräumige Topographie geprägt. Daher muss immer lokal analysiert werden, ob sich der Standort für eine WiKA eignet (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, 2014, S. 17).

WiKA werden für verschiedene Windstärken gebaut und sollten daher auch entsprechend eingesetzt werden. Es gibt Anlagen für 100 m, 130 m oder 160 m Höhe. Die Windgeschwindigkeit ändert sich mit der Höhe und dementsprechend auch die Art der Anlage und deren Leistung. Die jährliche Stromproduktion kann in Volllaststunden, als mittlere Auslastung oder als Energieertrag angegeben werden. Volllaststunden bezeichnet die Anzahl an Stunden pro Jahr, in denen die Anlage mit voller Leistung Energie produzieren würde. Der Energieertrag ist die Anzahl der Volllaststunden multipliziert mit der maximalen Leistung der Anlage. Die Auslastung gibt an, wie Prozent der möglichen Stunden (8760 h) im Jahr tatsächlich von der Anlage als Volllaststunden gerechnet werden können (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, 2014, S. 20).

Im Landkreis Rosenheim gibt es keine nennenswerte WiKA. Die drei Kleinwindanlagen, die existieren (Stand 2016), haben zusammen gerade mal 1.083 kWh erzeugt und tauchen deshalb nicht in der Gesamtbilanz der Stromerzeugung auf. Es wurden zwar Vorranggebiete im Zuge des Regionalplans festgelegt, aber als die 10-H-Regel, die besagt, dass eine WiKA den zehnfachen Abstand ihrer Höhe zur nächsten Siedlung haben muss, eingeführt wurde, war die Windenergie nicht mehr interessant für den Landkreis. Der Aufwand wäre zu groß und es gibt zu wenige Möglichkeiten, eine WiKA sinnvoll zu betreiben (Weißenbacher & Voggenauer, 2018). Bayernweit sind 1.166 Anlagen zu finden, die gemeinsam 3.321.178 MWh im Jahr 2016 produziert haben und damit 4 % Anteil am Gesamtstromverbrauch haben.

5.5. Geothermie

Man kann mit Hilfe von Erdwärme Strom, Wärme- und Kälteenergie gewinnen. Grundsätzlich wird in oberflächennahe Nutzung (bis zu 400 m Tiefe) und Tiefengeothermie unterschieden. Im Erdinnern erreichen Temperaturen bis zu 6.000° Celsius und erwärmen so die oberen Gesteins- und Erdschichten sowie unterirdische Wasserreservoirs. In Mitteleuropa nimmt die Temperatur durchschnittlich um etwa 3° Celsius pro 100 m Tiefe zu. Vorteile der Erdwärme sind die beständige Verfügung, unabhängig von Wetter, Tages- und Jahreszeiten (Agentur für erneuerbare Energien, 2018a).

Die Wirtschaftlichkeit, die Genehmigung und die eingesetzte Technologie der oberflächennahen Geothermie hängt von den jeweiligen geologischen Verhältnissen und vom

Grundwasser ab. Die oberflächennahe Geothermie wird hauptsächlich zum Heizen und Kühlen kleinerer Einheiten verwendet.

Tiefengeothermie hingegen dient der Wärmeversorgung von großen öffentlichen, gewerblichen und industriellen Gebäuden sowie größeren Siedlungen oder Stadtteilen. Die Stromerzeugung ist am effizientesten, wenn sie mit Tiefengeothermie erfolgt, die an eine KWK gebunden ist. Der geothermisch erzeugte Strom ist andauernd verfügbar und kann deshalb als Grundversorgung eingesetzt werden. Der heutige Stand der Technik und die Wirtschaftlichkeit lässt eine maximale Tiefe von etwa 7.000 m zu. (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018b).

Im Landkreis Rosenheim gibt es bisher keine Tiefengeothermie zur Stromerzeugung. Dagegen ist oberflächennahe Geothermie an vielen Stellen anzutreffen. Abbildung 32 zeigt die

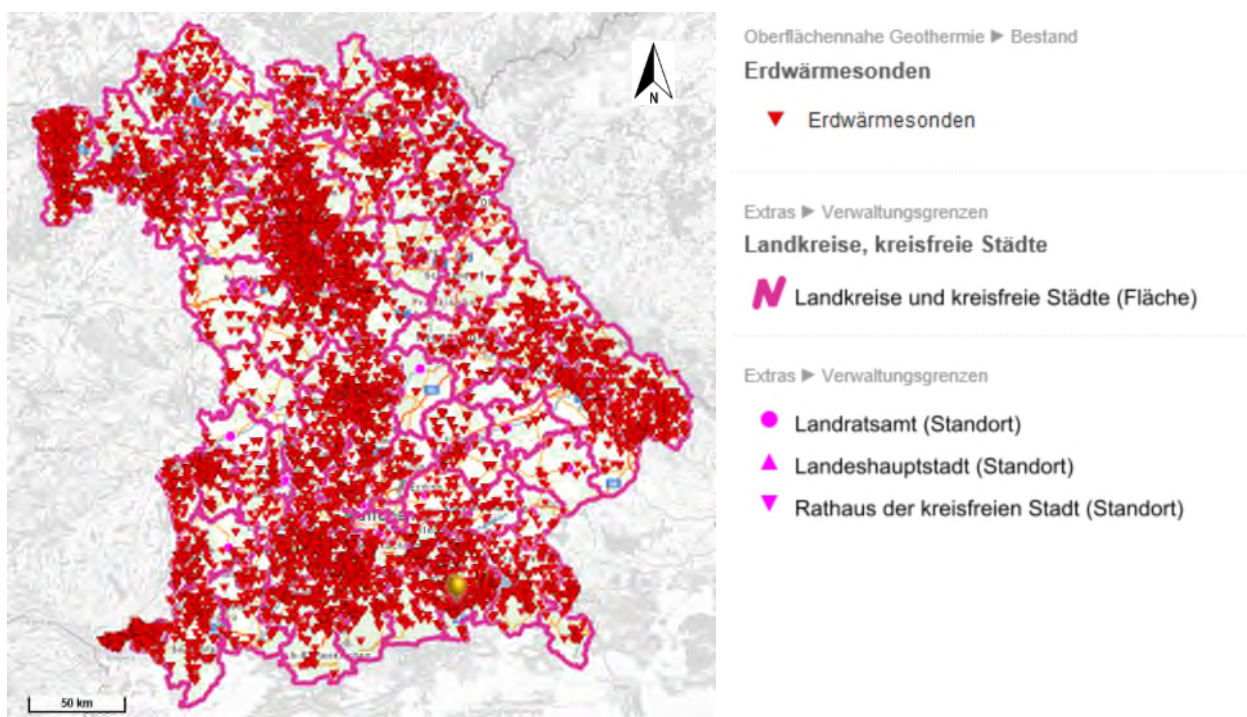


Abb. 32: Verteilung der Erdwärmesonden für oberflächennahe Geothermie in Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Verteilung der Erdwärmesonden in Bayern. Es ist zu erkennen, dass im Landkreis Rosenheim eine Anhäufung von Erdwärmesonden ist. In Abbildung 33 kann man sehen, dass die Verteilung der Erdwärmesonden im Landkreis sich oft in der Nähe der Flüsse Mangfall und Inn befindet sowie in der Nähe des Chiemsees, was oft zu Konflikten mit Schutzgebieten führt. Dennoch ist die Nutzung von Erdwärme im Landkreis relativ weit fortgeschritten. Dass dies sinnvoll sein kann, zeigt folgendes Beispiel. Eine Produktionshalle bei der Gemeinde Bernau wird geothermisch mit Wärme versorgt. Das Firmengebäude wurde auf einer ehemaligen Hausmülldeponie gebaut und deshalb mussten Pfähle in den Boden eingesetzt werden, um das Fundament zu stabilisieren. Die Bohrungen, die dafür nötig waren, wurden gleichzeitig für die Installation von Wärmesonden genutzt. Dadurch konnten die Kosten für die Anlage

sowie Eingriffe in die Umwelt reduziert werden. Die Energie, die dadurch pro Jahr eingespart werden kann liegt bei 45,5 MWh (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a).



Abb. 33: Verteilung der Erdwärmesonden für oberflächennahe Geothermie im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

6. Potentialanalyse der erneuerbaren Energien im Landkreis Rosenheim

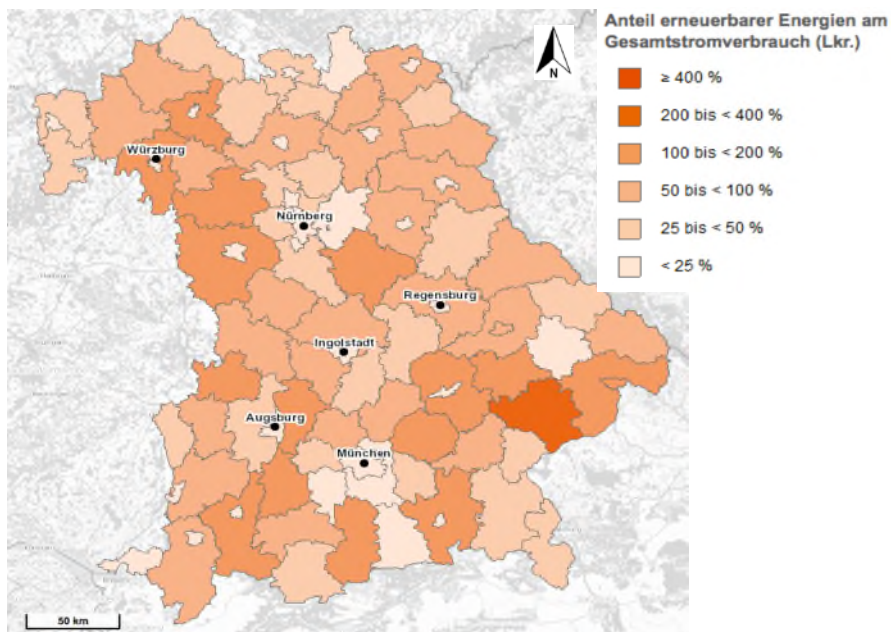


Abb. 34: Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtstromverbrauch im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Im Energie-Atlas Bayern hat man die Möglichkeit, den Stand der Energiewende pro Landkreis zu zeigen. Der Anteil der EE am Gesamtstromverbrauch im Landkreis Rosenheim beträgt 109 % und liegt damit im oberen Bereich im bayernweiten Vergleich (siehe Abbildung 34). Die unterschiedlichen Anteile der jeweiligen Energieträger kann man mit Hilfe des Mischpults des Energie-Atlas Bayern darstellen. Wie auf Abbildung 35 zu sehen, ist die Wasserkraft mit 81 % führend, was die Produktion von Strom im Landkreis Rosenheim betrifft. Die farbliche Schattierung der vertikalen Balken zeigt das mögliche technische Potential des jeweiligen Energieträgers. Die Zahl unterhalb der vertikalen Balken gibt den Anteil des Energieträgers an der Gesamtproduktion erneuerbaren Stroms an. Die kleinen Querbalken zeigen an, wie viel des Potentials bereits ausgeschöpft wurde. Sobald der Querbalken rot gefärbt wird, ist das Potential bereits überschritten – im Landkreis Rosenheim ist das im Fall der Biomasse so. Dagegen gibt es bei der Windkraft, den PV-Freiflächenanlagen, aber vor allen der PV-Dachflächenanlagen noch gutes (technisches) Potential. Die Wasserkraft hat dagegen fast das ganze Potential ausgeschöpft.

Die folgende Potentialanalyse wurde mit Hilfe der Kartenlayer des Energie-Atlas durchgeführt. Die Analyse des Landkreises (ohne Stadt) erfolgt hinsichtlich des theoretischen, bzw. technischen Potentials, wie zuvor definiert. Es werden im Folgenden trotzdem kurz die verschiedenen Beschränkungen beschrieben, die eine tatsächliche Installation einer Anlage verhindern und somit auch das Potential der EE im Landkreis Rosenheim einschränken, da die nutzbaren Flächen nicht ausreichen.

Zunächst gibt es verschiedene Schutzgebiete, die alle unterschiedlich strenge Auflagen haben und so teilweise oder ganz den Bau einer Anlage für EE verhindern. Die Karte in Abbildung 36 zeigt die verschiedenen Schutzgebiete im Landkreis Rosenheim.

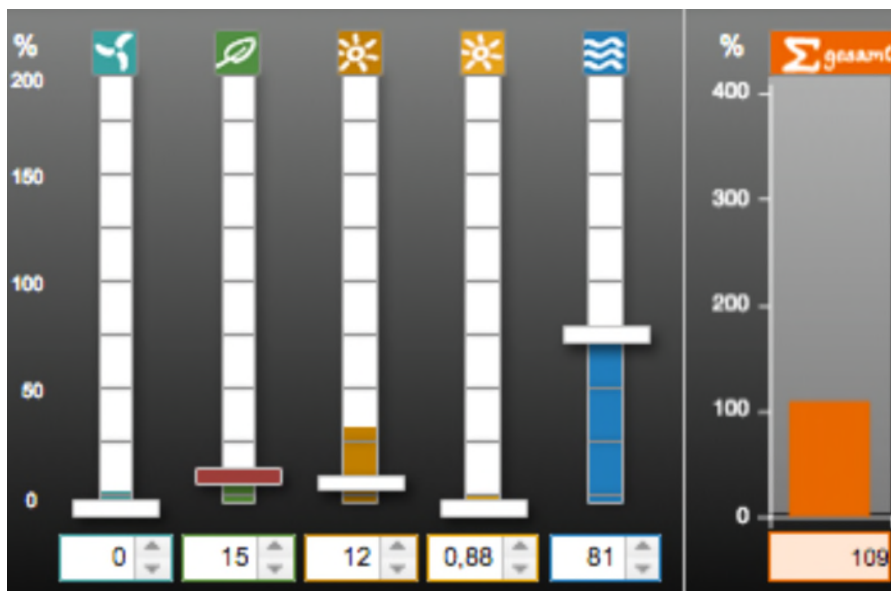


Abb. 35: Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch im Landkreis Rosenheim nach Energieträger. Von links nach rechts: Wind, Biomasse, PV-Dachflächen, PV-Freiflächen, Wasserkraft (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

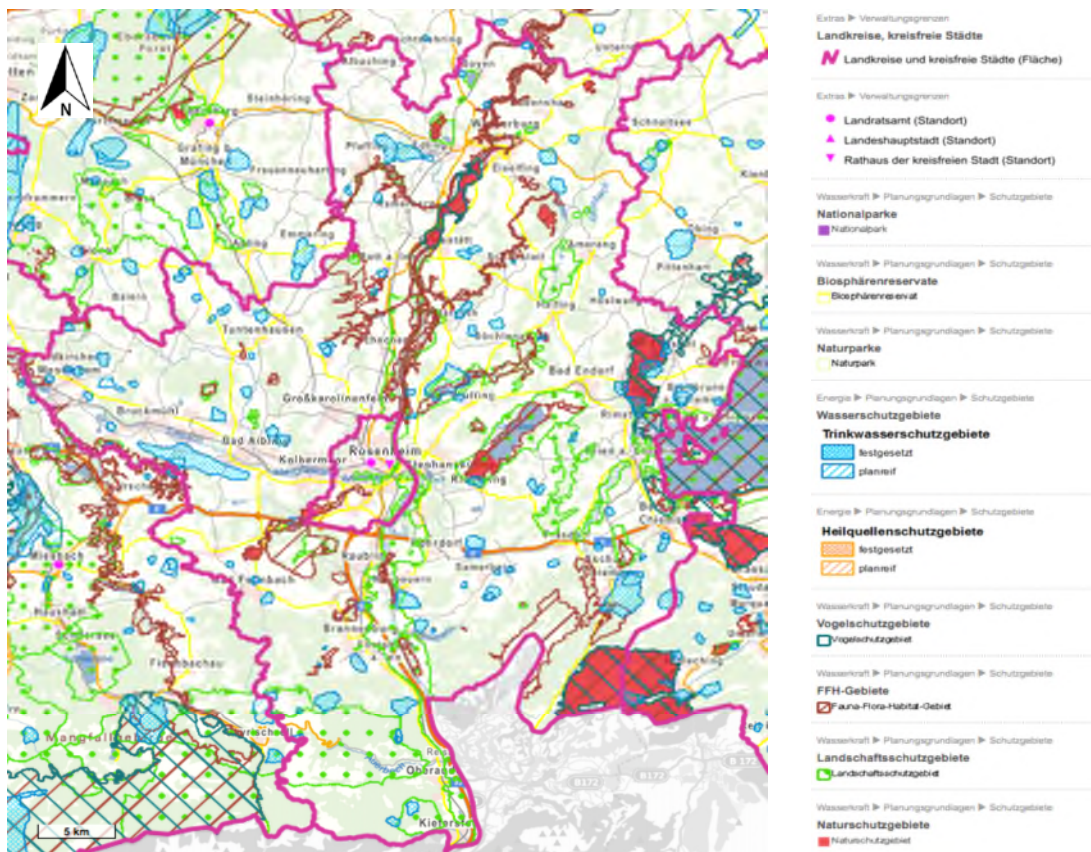


Abb. 36: Art und Verteilung der Schutzgebiete im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Naturschutzgebiete (NSG) bieten Natur und Landschaft besonderen Schutz und sollen diese erhalten sowie Entwicklung oder Wiederherstellung von Biotopen oder Lebensgemeinschaften unterstützen. Zusammen mit den Nationalparks haben die NSG die strengsten Auflagen unter den Schutzgebieten. Daher sind in solchen Gebieten Nutzungen gewissen Restriktionen unterworfen oder untersagt. Dies gilt auch für die Nutzung der Flächen zur Erzeugung EE (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a).

Landschaftsschutzgebiete (LSG) dienen vor allem dem Schutz des Naturhaushalts und seiner Funktionsfähigkeit. Dazu gehören beispielsweise die Flora und Fauna (Boden, Grund- und Oberflächenwasser, Klima, Landschaftsbild etc.). Wenn ein Gebiet eine besondere Bedeutung für die Erholung hat, kann es auch als LSG ausgewiesen werden. Im Vergleich zu NSG steht der abiotische Ressourcenschutz im Vordergrund. Bezüglich der EE können solche Gebiete gewisse Einschränkungen und ausschließende Bereiche bringen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a).

Fauna-Flora-Habitat (FFH) Gebiete unterliegen einer europäischen Richtlinie, die dafür sorgen soll, dass die biologische Vielfalt durch den Schutz der natürlichen Lebensräume und seiner Bewohner in den Mitgliedsstaaten erhalten wird. Genauso wie für LSG gelten in FFH-Gebieten gewisse Restriktionen, die eine Nutzung des Gebiets für EE ausschließen oder zumindest beschränken (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a).

Vogelschutzgebiete dienen zur Erhaltung bestimmter Vogelarten und weisen Flächen aus, die besonders dafür geeignet sind. Die Gebiete werden von den EU-Mitgliedsstaaten festgelegt und es kann zu Restriktionen bezüglich der Nutzung kommen.

Wasserschutzgebiete schützen Quellen und Brunnen, die für die Trinkwasserversorgung wichtig sind, oder die als Heil- und Mineralwasserquellen dienen, vor Schadstoffeintrag. In diesen Gebieten gelten deshalb diverse Ge- und Verbote und die Festlegung der Gebiete erfolgt durch die zuständige Landesbehörde.

Naturparke haben das Ziel, eine umweltverträgliche Erholung und Tourismus zu gewährleisten sowie eine dauerhaft natur- und umweltverträgliche Landnutzung. Die grundlegende Idee dabei ist Schutz durch Nutzung. Im Gegensatz zu Nationalparks werden Naturparke geplant, gegliedert, erschlossen und weiterentwickelt. Auch hier können gewisse Restriktionen für EE entstehen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a).

Biosphärenreservate dienen der Erhaltung und Förderung traditioneller, extensiver Landnutzungsformen und unterstützen die Umweltbildung, Umweltbeobachtungen und die Forschung. Es werden also vor allem Kulturlandschaften geschützt.

Nationalparke sollen einen möglichst ungestörten Ablauf natürlicher Vorgänge gewährleisten. Daher sind diese Gebiete auch wichtig für wissenschaftliche Untersuchungen, ökologische Bildung und Naturerleben für die Bevölkerung. Auch hier gibt es natürlich Nutzungseinschränkungen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a).

Neben den Schutzgebieten, die in erster Linie dem Schutz der Umwelt und den natürlichen Gegebenheiten dienen, gibt es noch anthropogen geschaffene Denkmäler, die schützenswert sind und deshalb oft Ausschlussgebiete für EE darstellen. Allerdings nehmen Denkmäler meist eine geringere Fläche ein und sind punktueller, als Schutzgebiete. Es gibt Boden- und Baudenkmäler, Baudenkmalensembles und landschaftsprägende Denkmäler. Dazu gehören beispielsweise Befestigungsanlagen, Gräber, Burgen, Schlösser, Kirchen, ausgewiesene Städte und Dörfer etc. Der Schutz solcher Denkmäler reicht oft über das Denkmal selbst hinaus und formt einen „Schutzradius“, innerhalb dessen Nutzungseinschränkungen gelten, die auch EE betreffen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a). Abbildung 37 zeigt die räumliche Verteilung der Denkmäler im Landkreis. Man kann erkennen, dass diese relativ gleichmäßig über die Region verteilt sind, mit Ausnahme des südlichen Teils am Alpenrand.

„Landwirtschaftlich benachteiligte Gebiete“ (zum Beispiel Berggebiete) haben einen positiven Einfluss auf die Nutzungsmöglichkeiten der Fläche für PV-Freiflächenanlagen und es kann eine Förderprämie beantragt werden. Auch für die Windenergie gelten zusätzliche Rahmenrichtlinien der Regionalplanung, wie Vorrang- und Vorbehaltsgebiete und die 10-H-Regel. Für die Geothermie sind zusätzlich noch geologische Grundlagen ausschlaggebend. Dazu gehören die Gesteinsart und dessen Wärmeleitfähigkeit, sowie Bohrrisiken und tektonische Störungen (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a). Diese und weitere Beschränkungen, wie naturräumliche Gegebenheiten (siehe Kapitel 2.) haben einen großen Einfluss auf den Stand der Energiewende im Landkreis Rosenheim. Flächen, die für EE

nutzbar sind, werden teils aufgrund von Nutzungskonflikten und privaten Interessen nicht für den Bau von Anlagen verwendet. Des Weiteren muss beachtet werden, dass bei der Analyse des technischen Potentials der einzelnen Energieträger, die räumliche Überschneidung der benötigten Flächen nicht berücksichtigt wird. Beispielsweise kann dort, wo eine PV-Freiflächenanlage steht, keine Biomasse mehr gewonnen werden.

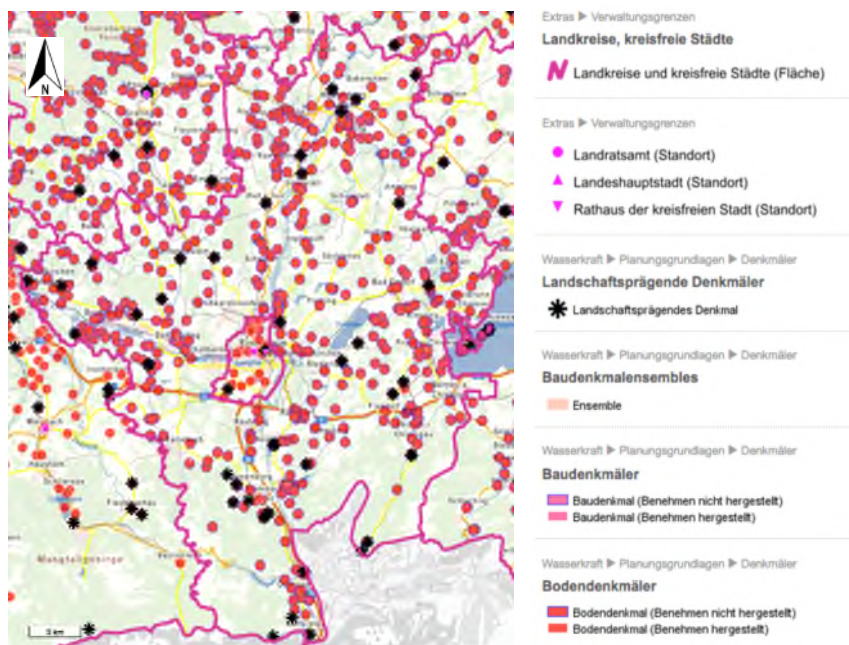


Abb. 37: Verteilung der Denkmäler im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

6.1. Potential der Wasserkraft

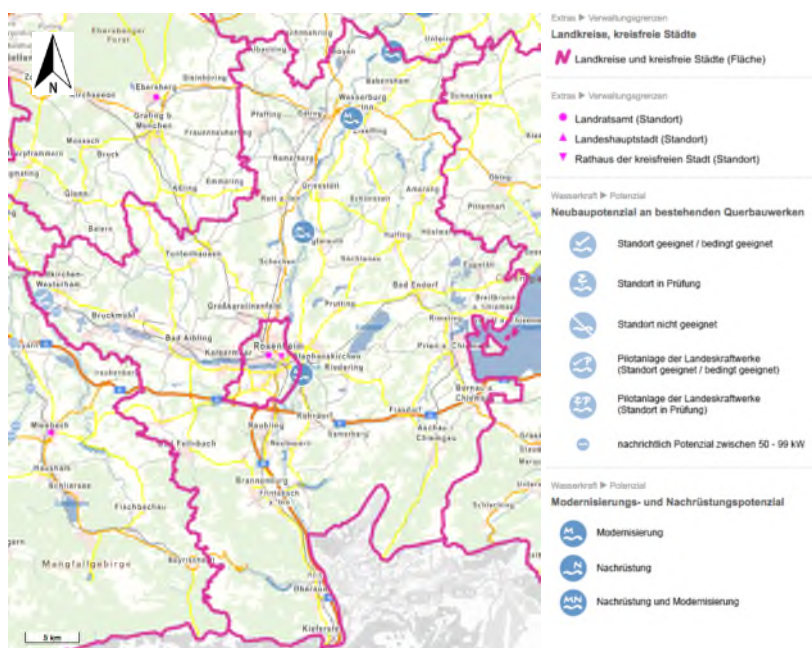


Abb. 38: Neubaupotenzial an bestehenden Querbauwerken und Modernisierungs- und Nachrüstungspotenzial im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Das Potential der Wasserkraft im Landkreis Rosenheim ist schon weitgehend ausgeschöpft. Es gibt laut Energie-Atlas vor allem am Inn, nördlich von Rosenheim, noch Modernisierungs-, bzw. Nachrüstungspotential. Dabei werden nur Anlagen mit einer Leistung von mehr als 1 MW in Betracht gezogen. Entlang des Inns sind dies vier Anlagen (siehe Abbildung 38), die in Frage kommen würden. Modernisierung bedeutet hierbei, dass Maßnahmen zur Steigerung der Stromerzeugung bei unverändertem Nutzungsumfang ergriffen werden. Das heißt, die Ausbauleistung (= durch Ausbau des Durchflusses generierte Leistung eines Laufkraftwerks) der Anlagen wird ohne Auswirkungen auf Wasserstands- und Abflussverhältnisse erhöht. Deshalb wird dazu keine Genehmigung verlangt. Tatsächlich ist es aber so, dass das Potential der Leistungssteigerung durch Modernisierung eher gering ist, da alte Anlagen oft bereits einen sehr hohen Wirkungsgrad haben (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018b). Nachrüstung beschreibt Maßnahmen, die mit Vergrößerung des Nutzungsumfangs die Stromerzeugung steigern. Das bedeutet, die Ausbauleistung wird erhöht, so dass es zu Auswirkungen auf die Wasserstands- und Abflussverhältnisse kommt und es daher einer wasserrechtlichen Genehmigung bedarf. Das Potential ist hier allerdings größer, als bei einer reinen Modernisierungsmaßnahme.

Das Neubaupotential an bestehenden Querbauwerken ist im Landkreis Rosenheim mit insgesamt 233 kW aus drei möglichen Anlagen nicht sehr hoch und beschränkt sich auf die Mangfall und ihre Nebenflüsse im Westen des Landkreises (siehe Abbildung 38) (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018b).

6.2. Potential der Solarenergie

Die von der Sonne eingestrahlte Energie auf die Erde ist das Mehrtausendfache des weltweiten Energieverbrauchs. In Deutschland beträgt das langjährige Mittel der, auf einer horizontalen Fläche an der Erdoberfläche, eintreffenden Energie 1.055 kWh/m^2 pro Jahr (Hofer et al., 2016, S. 25). Aus meteorologischer Sicht ist nur die Globalstrahlung einer der möglicherweise begrenzenden Faktoren, für die Gewinnung von Sonnenenergie. Die Sonnenscheindauer und der Bewölkungsgrad sind in dieser Größe schon berücksichtigt. In großen Teilen des Rosenheimer Landkreises ist die Strahlungsenergie sogar etwas höher, als das deutsche Mittel, wie Abbildung 39 zeigt. Vor allem der Nord-Osten zeigt Spitzenwerte von 1194 kWh/m^2 . Im Alpenbereich ist die Strahlungsintensität vor allem in den Talflächen geringer als an anderen Orten des Landkreises. Trotzdem sind auch diese Werte mit etwa 1015 kWh/m^2 bis 1074 kWh/m^2 nur knapp unter bzw. über dem deutschen Mittel. Das Gebiet bietet also gute Voraussetzungen für die Betreibung von PVA.

Wie viel der eintreffenden Strahlung wirklich genutzt werden kann, hängt aber von vielen Faktoren ab. Dazu gehören der Wirkungsgrad der Anlage, die Flächenneigung und -ausrichtung sowie der Einfallswinkel der Sonne. Die genannten Werte der Strahlung beziehen sich immer auf eine horizontale Ebene. Das ist vor allem für Dach- und Hangflächen relevant, wo die Neigung und die Ausrichtung eine Auswirkung auf die Menge der Strahlung hat, die

von den Zellen umgewandelt wird. Zusätzlich wirkt sich auch der, jahreszeitlich variierende, Sonnenstand auf die Menge der einkommenden Strahlung aus. Je senkrechter die Sonnenenergie eintrifft, umso höher ist die nutzbare Energiemenge. Um dies in einer Potentialanalyse zu beachten, werden Korrekturfaktoren verwendet (Hofer et al., 2016).

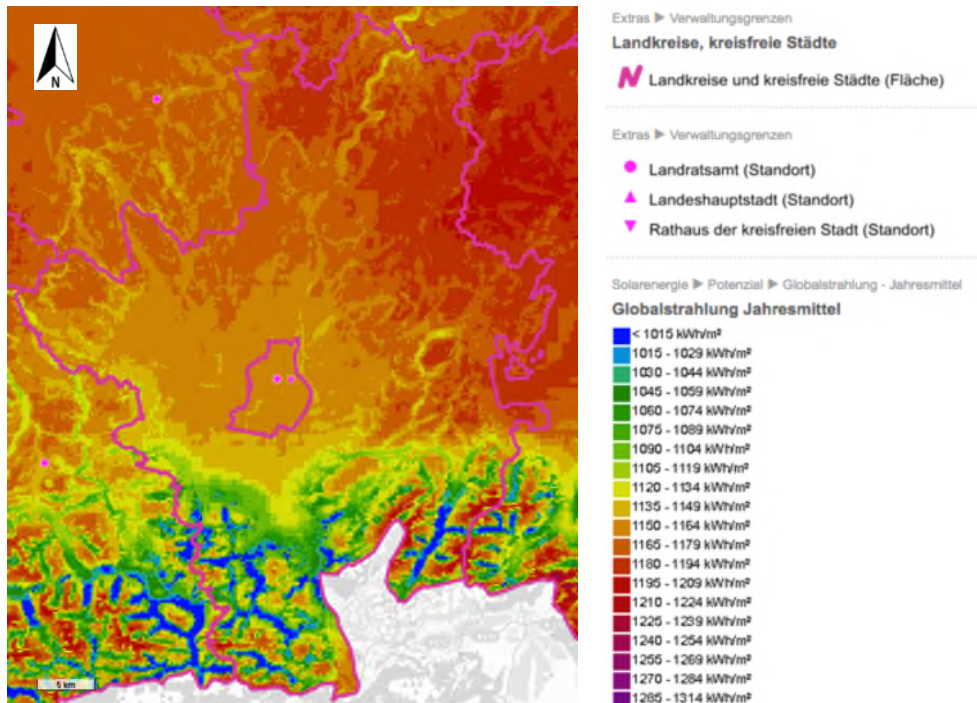


Abb. 39: Globalstrahlung im Jahresmittel (1971 bis 2000) im Landkreis Rosenheim in kWh/m² (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Der Korrekturfaktor gibt an, um wie viel mehr Strahlung eine geneigte PV-Fläche zu einer horizontalen Fläche erhält. Beispielsweise bekommt eine nach Süden ausgerichtete Fläche mit einem Neigungswinkel von 50° das 1,5 bis 1,6-fache an Strahlung, als eine horizontale Ebene. In Abbildung 40 können die Korrekturfaktoren abgelesen werden (Hofer et al., 2016).

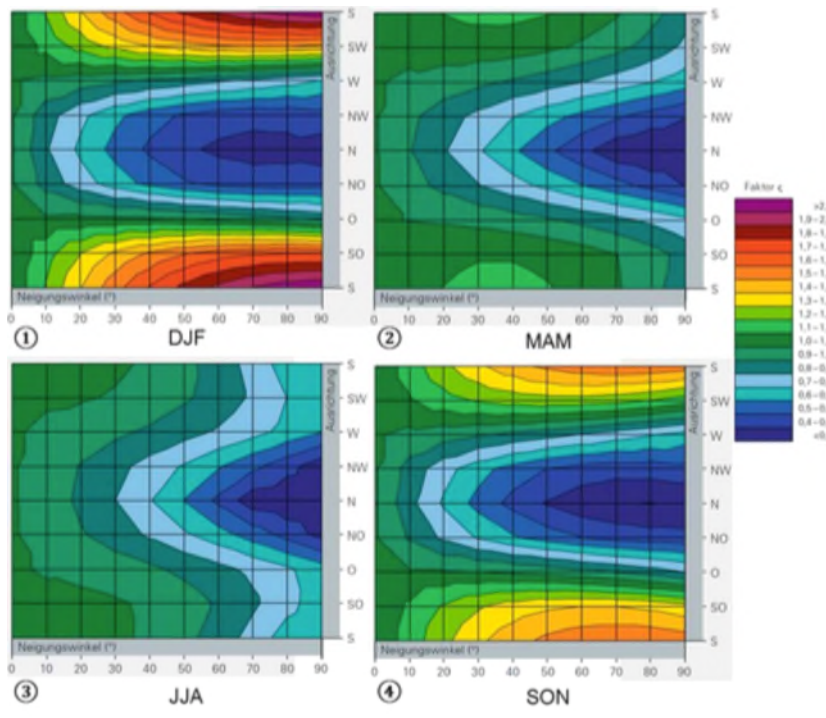


Abb. 40: Korrekturfaktoren der ankommenden Strahlungsmenge auf einer geneigten Fläche für die vier Jahreszeiten (Hofer et al., 2016, S. 27)

Im Landkreis Rosenheim könnten allein durch Erhöhung des technischen Potentials der *PV-Dachflächenanlagen* der Anteil des Stroms aus EE am Gesamtstromverbrauch um 23 % von 109 % auf 132 % aufgestockt werden. Dazu müssten aber mehr PVA als es momentan gibt neu installiert werden. Bisher gibt es 11.633 Anlagen und um das technische Potential voll auszuschöpfen müsste man die PVA auf 29.355 Anlagen aufstocken. Diese Zahlen entstammen dem Mischpult des Energie-Atlas Bayern, einem Tool zur Ermittlung des technischen Potentials der EE.

Die Voraussetzungen für *PV-Freiflächenanlagen* sind von zusätzlichen Faktoren abhängig. Die Topographie ist grundsätzlich eine relevante Größe. Gerade die Ausrichtung und Neigung der Hänge sind zu beachten. Weiter spielt die Hydrologie eine Rolle, da überall dort, wo stehende und fließende Gewässer sind, PVA ausgeschlossen werden. Auch Überschwemmungsgebiete und Gewässerrandstreifen (Bereich bis zu 5 m neben dem Gewässer) sind teils Ausschlussflächen. Auch Waldflächen kommen nicht in Frage. Um eine Beschattung und eine Beschädigung durch Windwurf auszuschließen muss zudem ein Mindestabstand zu Baumbeständen eingehalten werden. Bestehende Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie vorhandene PV-Freiflächenanlagen sind ebenfalls Ausschlussflächen (siehe Kapitel 2. für eine genauere Beschreibung der Flächennutzung) (Hofer et al., 2016, S. 36ff.). Das im Mischpult ermittelte Anteil am Gesamtstromverbrauch für Freiflächenanlagen kann aufgrund der vielen Ausschlusskriterien nur um 2,2 % erhöht werden. Statt sechs bestehenden Anlagen wären dazu insgesamt 25 Anlagen nötig (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a).

6.3. Energiepotential aus Biomasse

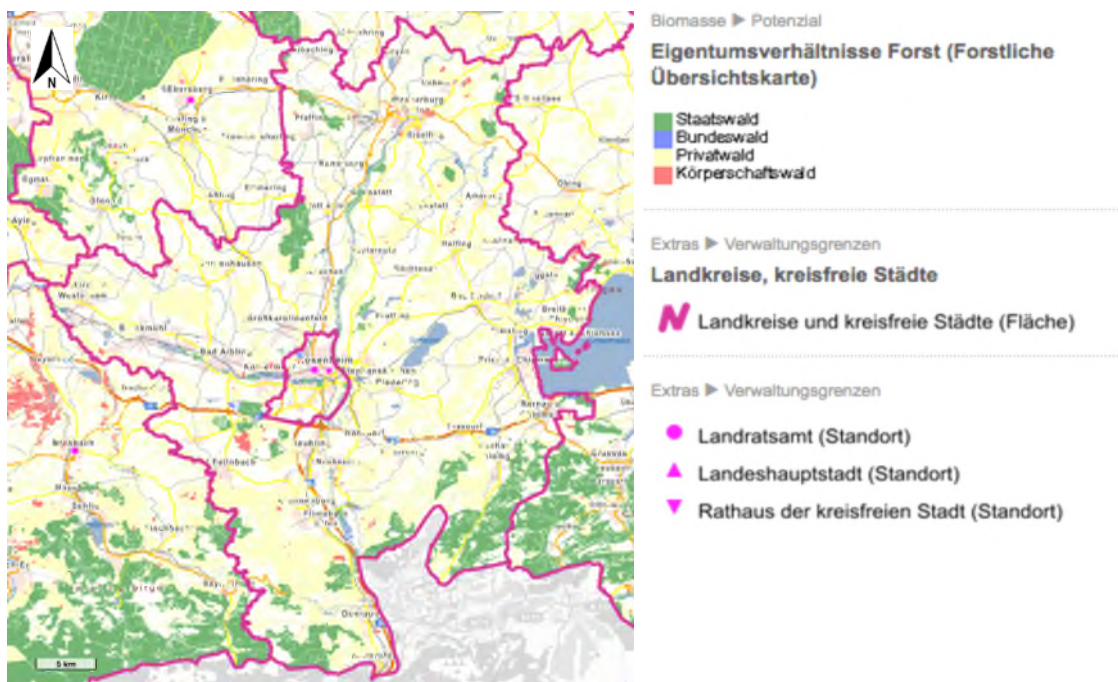


Abb. 41: Eigentumsverhältnisse der Waldgebiete im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

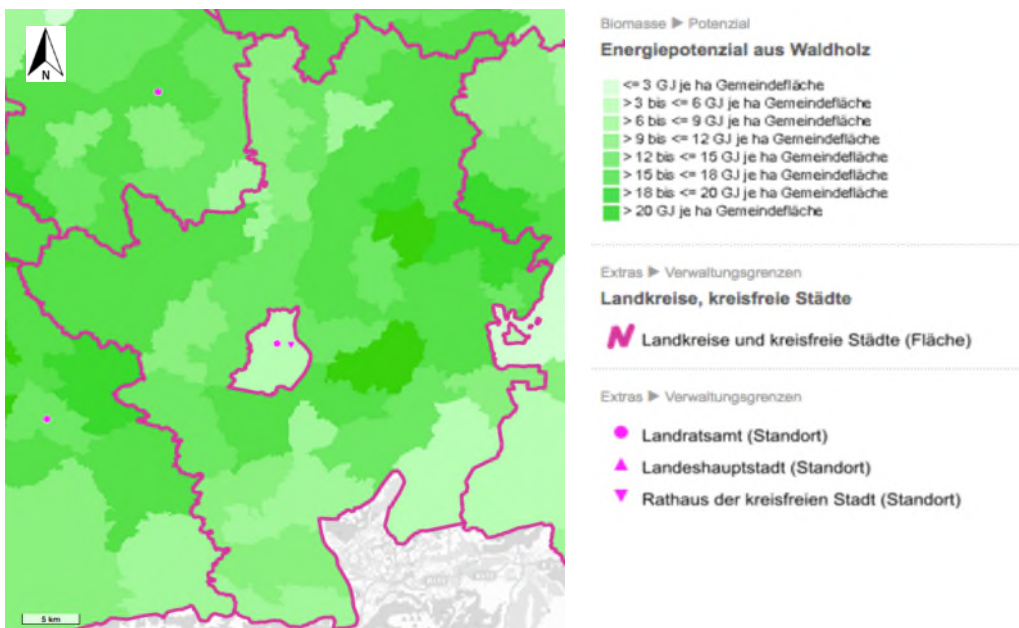


Abb. 42: Energiepotential aus Waldholz im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Die Biomasse zur Energiegewinnung kommt vor allem aus der Land- und Forstwirtschaft. Holz ist im Landkreis Rosenheim von wichtiger Bedeutung. Laut des Energieberichts von Rosenheim vom Jahr 2016 sind 33 % der Fläche des Landkreises von Wald bedeckt. Allerdings ist dieser größtenteils in privater Hand (siehe Abbildung 41) und eine einheitliche

energetische Nutzung ist daher sehr schwierig zu koordinieren (Müller & Bücken, 2016). Abbildung 42 zeigt, wie viel Energiepotential je Hektar Gemeindefläche theoretisch zur Verfügung steht. Dabei beziehen sich die Werte auf Derbholz, also die oberirdische Holzmasse mit einem Durchmesser von mehr als 7 cm, inklusive Rinde. Es wird allerdings nicht gezeigt, zu welchem Grad die Gemeinde das angegebene Potential vielleicht bereits nutzt (Hofer et al., 2016, S. 74). Tatsächlich fallen im Landkreis pro Jahr etwa 480.000 Festmeter an. Davon bleiben 40 % als Waldenergieholz. Allerdings wird Holz vorrangig zum Heizen genutzt. Geht man davon aus, dass 1 Festmeter Holz 200 Liter Heizöl entspricht, so können übers Jahr 38 Millionen Liter Öl durch Holz ersetzt werden. Strom ist damit allerdings noch keiner gewonnen, aber es gibt Bemühungen, die Abwärme zur Stromerzeugung zu nutzen (Müller & Bücken, 2016, S. 22f.). Immer häufiger findet man auch sogenannte Kurzumtriebplantagen (KUP), also den Anbau von schnellwachsenden Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen, wie zum Beispiel die Pappel (Hofer et al., 2016, S. 69f.). Allerdings scheint diese Methode, Biomasse zu generieren, noch nicht im Fokus des Rosenheimer Landkreises zu liegen (Weißbacher & Voggenauer, 2018). Dies liegt auch daran, dass der Landkreis zu 33 % mit Wald bedeckt ist und viel Holz (-abfall) anfällt, der für die Energiegewinnung genutzt wird. Im Energiebericht der ezro heißt es aber, dass die KUPs seit neuestem an Bedeutung gewinnen (Müller & Bücken, 2016, S. 22f.).

Der momentane Anteil der Biomasse am Gesamtstromverbrauch liegt bei 15 %. Laut Energie-Atlas Bayern ist das Potential damit bereits überschritten. Momentan werden 28.633 ha Fläche beansprucht, aber nur 20.997 ha stehen theoretisch potentiell zur Verfügung (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

6.4. Potential der Windkraft

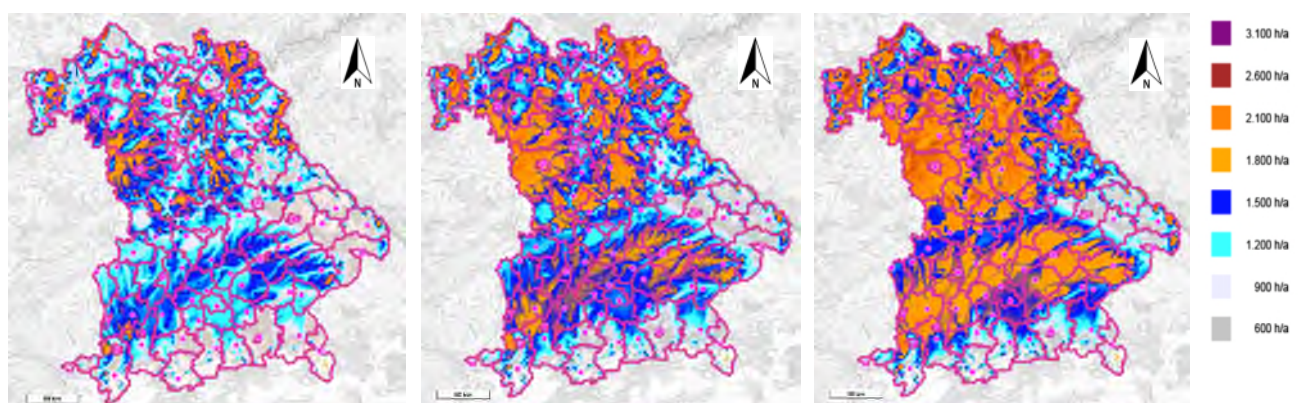


Abb. 43: Potential der Windkraft im Landkreis Rosenheim in 100m, 130m, 160m Höhe dargestellt als Volllaststunden pro Jahr (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Derzeit werden laut Mischpult des Energie-Atlas Bayern 0 % Strom aus Windenergie erzeugt. Im Atlas selbst werden zwar drei Kleinanlagen angezeigt, jedoch fällt deren geringe Menge an

Stromproduktion nicht ins Gewicht. Im Energie-Atlas finden sich Energieertragskarten, auf denen zu erwartende Volllaststunden dargestellt sind. Die Berechnungen beziehen sich auf eine beispielhafte WiKA, die für schwachwindige Standorte geeignet ist. In 100 m und 130 m Höhe ist im ganzen Landkreis Rosenheim so gut wie kein Ertrag zu erwarten. Und selbst in 160 m Höhe gibt es nur im Norden des Landkreises wenige geeignete Standorte (siehe Abbildung 43). Die Topographie der Region spielt eine erhebliche Rolle und beeinflusst die Windverhältnisse stark, so dass sich lokal sehr unterschiedliche Windgeschwindigkeiten ergeben. Es kann also durchaus Standorte geben, die sich für eine WiKA eignen würden, jedoch in den Karten nicht erscheinen, weil dort Durchschnittswerte angegeben werden. Laut Mischpult wäre es technisch sogar möglich, 5 % des Gesamtstrombedarfs im Landkreis Rosenheim mit Windenergie zu decken (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a). Eine Besonderheit im Rosenheimer Landkreis ist der sogenannte *Erier Wind*. Dieser Berg-, bzw. Talwind im Inntal kann tageszeitenabhängig in Bodennähe hohe Windgeschwindigkeiten erreichen. Allerdings ist dieses Phänomen zeitlich und räumlich begrenzt. Bezieht man zusätzlich die Ausschlussgebiete und die 10-H-Regel mit ein, so bleibt das Potential der Windkraft im Landkreis eher gering (Müller & Bücker, 2016, S. 25).

6.5. Potential der Geothermie

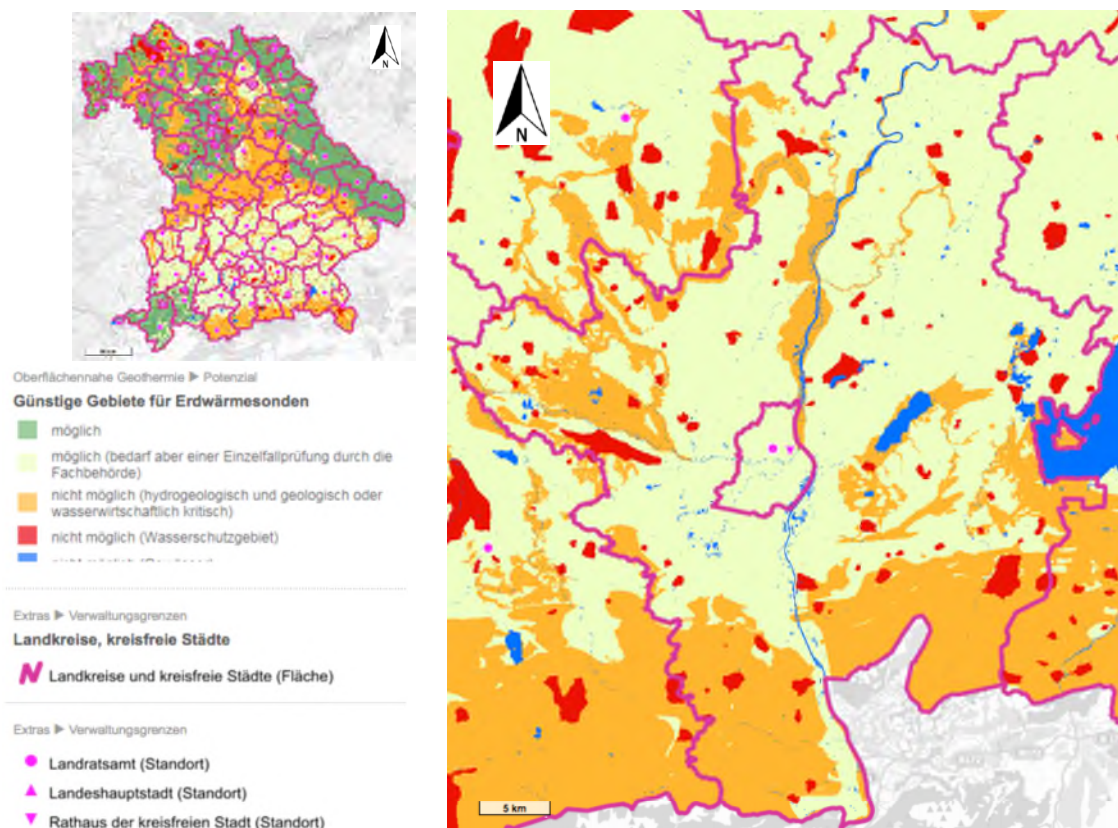


Abb. 44: Günstige Gebiete für Erdwärmesonden in Bayern und im Landkreis Rosenheim (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a)

Oberflächennahe Geothermie wird hauptsächlich zum Beheizen und Kühlen von Gebäuden oder Infrastruktur verwendet (Hofer et al., 2016, S. 82). Auch im Landkreis Rosenheim ist dies so. Die Karten des Energie-Atlas zeigen günstige Gebiete für die Nutzung von Erdwärmesonden zur Wärmeengewinnung. Daraus wird ersichtlich (Abbildung 44), dass der größte Teil des Rosenheimer Landkreises bedingt nutzbar ist. Das heißt, es bedarf einer individuellen Untersuchung jedes Standortes um zu prüfen, ob es aus geologischer oder wasserwirtschaftlicher Sicht unproblematisch und rentabel ist (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, 2018a). Die in Kapitel 2.1. dargestellten Gesteins- und Bodenverhältnisse der Vorlandmolasse sind grundsätzlich, aufgrund der häufigen Aquifere, für Geothermie geeignet (Müller & Bücken, 2016, S. 21). Für die Gewinnung von Strom wird Erdwärme im Landkreis Rosenheim bisher allerdings nicht genutzt. In den Berechnungen des technischen Potentials mit Hilfe des Mischpults, wird Geothermie nicht mit in Betracht gezogen. Ein Blick auf die Temperaturverteilung im Landkreis Rosenheim zeigt, dass die Möglichkeiten für die Nutzung von Tiefengeothermie eher beschränkt sind. Die farbliche Schattierung auf Abbildung 45 gibt die durchschnittliche Bodentemperatur in 250 m Tiefe an. Im Vergleich zu anderen Teilen Bayerns, ist der Landkreis eher kalt. Und auch die, für die Stromerzeugung aus Tiefengeothermie, günstigen Standorte (gestrichelte Fläche) beschränken sich auf die Stadt Rosenheim und Gebiete östlich und westlich davon (Otto, 2018). Allerdings wird die Tiefengeothermie bisher in Rosenheim nicht genutzt. Das liegt vor allem daran, dass der Temperaturgradient im Landkreis Rosenheim gering ist, das heißt, die warmen Bodenschichten sind weiter unten, als in anderen Gegenden Bayerns. Eine Nutzung der Erdwärme wäre bei heutiger Stand der Technik und den entsprechenden Kosten sehr aufwändig und wirtschaftlich wenig erfolgsversprechend (Müller & Bücken, 2016, S. 21).

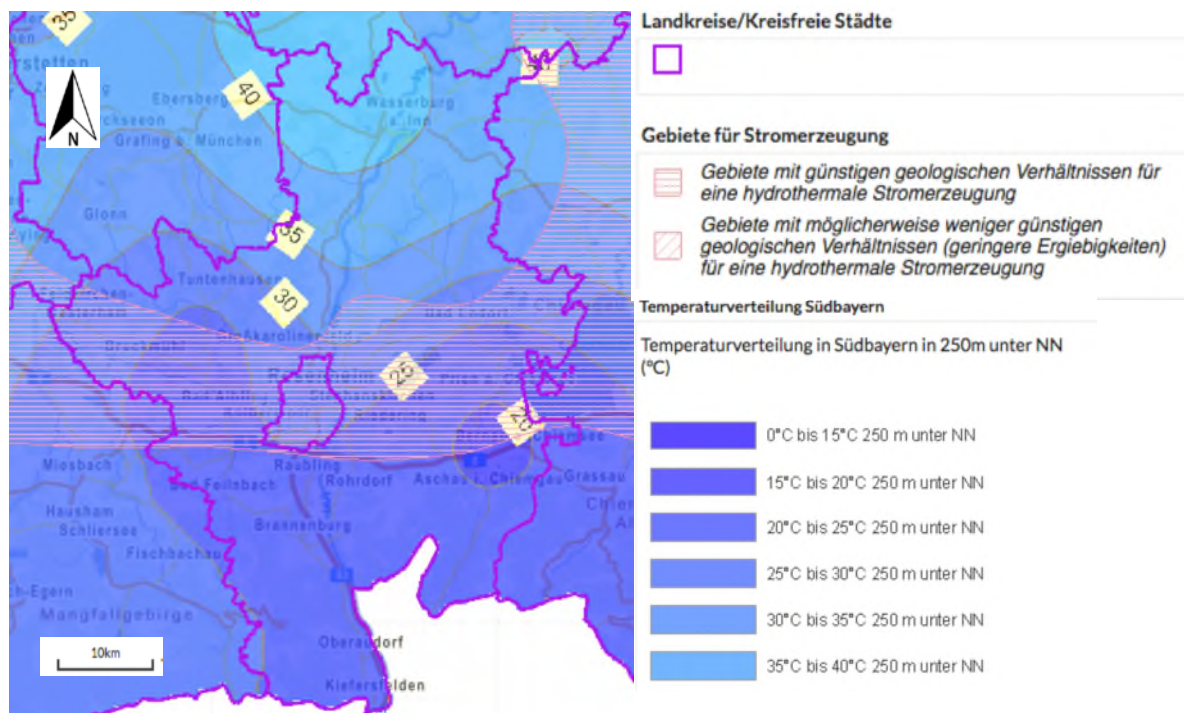


Abb. 45: Temperaturverteilung im Boden in 250 m Tiefe in Südbayern (Blauabstufungen) und mögliche Nutzungsgebiete für Geothermie zur Stromerzeugung (Otto, 2018)

7. Diskussion

7.1. Der Erfolg der Energiewende im Hinblick auf Klimaziele

Klimaziele sind in dieser Arbeit wichtig, weil die Energiewende, neben anderen Faktoren (wie limitierte Vorkommen von fossilen Energieträgern usw.), einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leistet. Die Suche nach einheitlichen Zielen ist allerdings wenig erfolgsversprechend. Je nach Aggregatsebene und je nach Verantwortungsbereich variieren diese teils erheblich. Wie eingangs schon erwähnt, gibt es eine Kaskade von Richtlinien und Abkommen, die lokal zu unterschiedlichen Klimazielen führen. Es gibt globale, europäische, nationale und lokale Klimaziele. So erstellt beispielsweise jede Gemeinde des Landkreises Rosenheim ein eigenes Klima-, bzw. Energiekonzept. Allerdings beziehen sich die Ziele der einen Aggregatsebene auf die jeweils höheren. Deshalb kann im Falle der Landkreis-Ebene, auch die Deutschland-Ebene, zumindest für einen Überblick der Klimaziele und bisherigen Erfolge, herangezogen werden.

Die Bundesrepublik kann für das Jahr 2017 beim Ausbau der EE zur Stromerzeugung einen deutlichen Fortschritt vorweisen. Außerdem kommt der Atomausstieg immer näher und auch die Steinkohlestromversorgung wird langsam zurückgefahren. Beispielsweise produziert die Windenergie erstmals mehr Strom, als jeweils die Kernenergie und Steinkohlekraftwerke. Die CO₂-Emissionen bei der Stromerzeugung sind damit im Jahr 2017 zum vierten Mal in Folge gesunken. Gleichzeitig stagniert aber der Klimaschutz. Das heißt zum Beispiel, dass der Primärenergieverbrauch und der Stromverbrauch wieder angestiegen sind. Auch die Nachfrage nach Benzin, Diesel und Erdgas ist wieder gestiegen und die Braunkohleverstromung ist nach wie vor auf einem konstant hohen Niveau. All das führt dazu, dass Deutschlands THG-Emissionen auf hohem Niveau stagnieren und zum dritten Jahr in Folge nicht sinken. Die deutschen Klimaziele bis zum Jahr 2020 (Reduktion von THG von 40 %) sind auf diesem Weg nicht zu erreichen (Agora Energiewende, 2018, S. 3). Die Stadt Rosenheim hat es sich zum Ziel gemacht, CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2025 um mindestens 40 % bezogen auf das Jahr 2010 zu reduzieren (Freitag et al., 2017, S. 8). Der Landkreis Rosenheim hat sich auf keine konkreten Prozentziele beschränkt. Im Regionalplan der Region 18 geht es darum, durch Energiesparmaßnahmen und Ausbau der EE die Energiewende voranzutreiben und ein Ansteigen der Temperatur auf maximal 2° Celsius zu beschränken. Die Politik spielt eine entscheidende Rolle in der Energiewende und je nach Leitlinie der regierenden Partei, ist der Klimaschutz und der Ausbau EE unterschiedlich wichtig. Die CSU-Regierung im Landkreis Rosenheim hat die Energiewende nicht an oberster Stelle ihrer Agenda stehen. Trotzdem steigt die Nutzung EE kontinuierlich, aber langsam an. Nur die Biomasse geht etwas zurück, da, nach dem Wegfall der Subventionen durch auslaufende EEG-Verträge, die Investitionen für Bioenergie höher sind, als zum Beispiel bei PVA. Positiv ist es, dass es viele kleine oder private Projekte hinsichtlich des Klimaschutzes in der Region gibt, die aber nicht in die Öffentlichkeit gelangen. Einige Gemeinden haben mittlerweile Klimaschutz-Manager, die sehr engagiert sind und den Gemeinden bei der Planung und Umsetzung von

Klimaschutzprojekten zur Seite stehen (Weißenbacher & Voggenauer, 2018). Die folgende Abbildung 46 zeigt, wie die Klimaziele der verschiedenen Aggregatsebenen (Deutschland, Bayern, Rosenheim Stadt) einzuordnen sind.

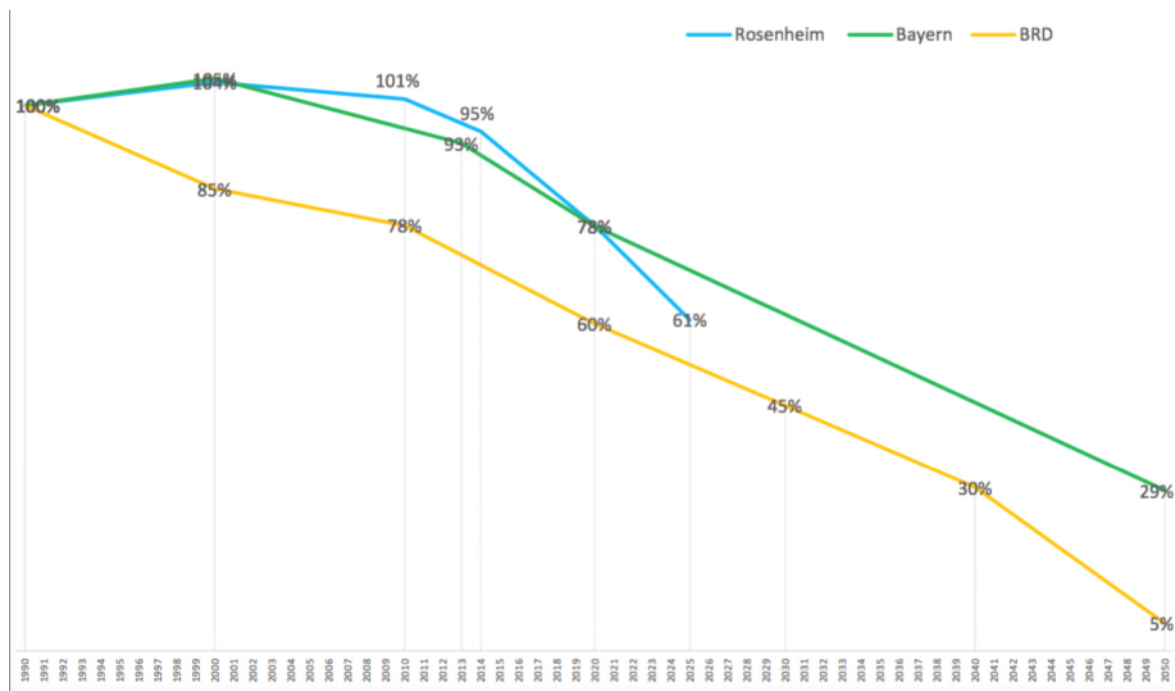


Abb. 46: Vergleich der CO₂-Restemissionen der unterschiedlichen Klimaschutzziele bezogen auf das Jahr 1990 (Freitag et al., 2017)

Laut Trendforschungen ist es bei gleichbleibendem Verhalten nicht zu schaffen, das Klimaziel der Bundesrepublik bis zum Jahr 2020 zu schaffen. Die sogenannte Klimaschutzlücke ist auf Abbildung 47 dargestellt. Das Problem hierbei ist weniger der Stromsektor, sondern vielmehr der Wärmesektor und der Verkehr. Der Ausbau an regenerativen Energiequellen stagniert hier, wodurch der Anteil an EE am gesamten Primärenergieverbrauch deutschlandweit nur bei 13,1 % liegt (Agora Energiewende, 2018, S. 5).

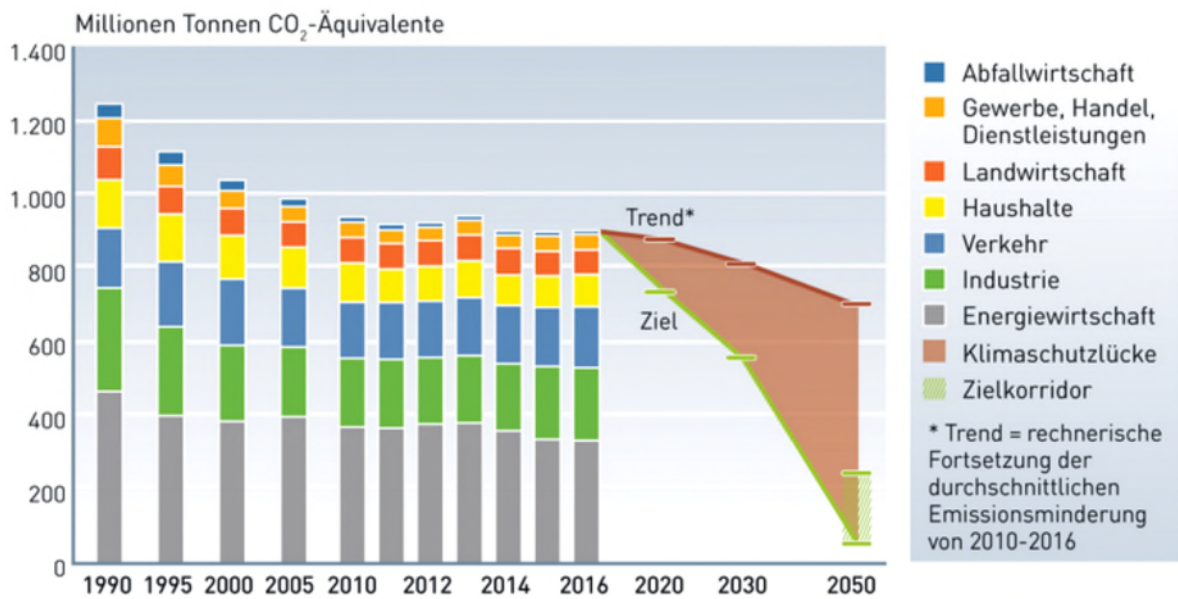


Abb. 47: Darstellung der Treibhausgasemissionen verschiedener Sektoren in Deutschland von 1990 bis 2016 und der Klimaschutzlücke zwischen den Klimazielen von 2050 und der Trendfortschreibung (Agentur für erneuerbare Energien, 2018a)

7.2. Flächennutzungskonflikte

Zum einen sind es die Anlagen selbst, die teils große Flächen einnehmen, zum anderen ist es die benötigte Netzinfrastruktur, die oft mit anderen Nutzungsformen konkurriert. Die Flächeninanspruchnahme einer Anlage für EE gibt nicht nur Hinweise auf eine Flächennutzungskonkurrenz, sondern ist auch ein Anzeiger für Bodenversiegelung. Durch die Flächenkonkurrenz kann es zu Verlagerungs- und Verdrängungseffekten von verschiedenen Nutzungen kommen.

Eine Untersuchung von Löschel et al. vom Jahr 2012, zeigt dass Anlagen für EE einen höheren Flächenverbrauch haben, als konventionelle Stromerzeugungstechnologien. Der Grund dafür wird hier in der geringeren Energiedichte der EE gesehen. Um dies zu kompensieren, müssen mehr Anlagen gebaut, bzw. größere Flächen in Anspruch genommen werden. Es ist zu erwarten, dass, bedingt durch die Energiewende, die Flächeninanspruchnahme weiter zunimmt. In Deutschland wurde die Flächeninanspruchnahme durch EE auf etwa 10 % der Landesfläche geschätzt. Rund zwei Drittel davon entfallen aber auf den Anbau von Energiepflanzen. Gerade Energiepflanzen konkurrieren direkt mit dem Anbau von Nahrungs- und Futtermittel (Herbstreit et al., 2014, S. 27). Im Landkreis Rosenheim wird beispielsweise nur noch Futter- und Energiepflanzenanbau betrieben. Nahrungsmittel werden demnach hauptsächlich importiert, bzw. aufgrund der Fruchtfolgen-Richtlinien zwangsangebaut (Weißenbacher & Voggenauer, 2018). Als Folge der Flächenkonkurrenz sind im Landkreis die Bodenpachtpreise enorm gestiegen und Gewerbeflächen gesunken. Im Siedlungsbereich wird versucht, die steigenden Bevölkerungszahlen mit Verdichtung der Wohnräume zu

kompensieren. Dies wird aber nicht als dauerhafte Lösung angesehen (Weißenbacher & Voggenauer, 2018).

Allerdings haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, dass der Flächenbedarf von EE bezogen auf die gesamte Energieprozesskette, geringer ist, als bei fossilen Brennstoffen. Dazu gehört die Rohstoffförderung, der Transport, die Erzeugung und die Verteilung der Energie zu den Endverbrauchern. Ursache dafür ist, dass EE im Vergleich zu fossilen oder nuklearen Energieformen durch kürzere Prozessketten und geringeren Ressourcenbedarf gekennzeichnet sind (Herbstreit et al., 2014, S. 27). Regional gesehen, geht diese Rechnung natürlich oft nicht aus, da viele verschiedene Nutzungen Flächenanspruch erheben. Auch im Landkreis Rosenheim könnte man noch deutlich mehr Energie aus erneuerbaren Quellen gewinnen, aber die verfügbare Fläche reicht nicht dazu aus (Weißenbacher & Voggenauer, 2018).

7.3. Ökologische Probleme erneuerbarer Energien

Ziel der EE ist es ja, umweltfreundlicher zu sein. Allerdings wird damit meist nur die tatsächliche Strom-, bzw. Wärmegewinnung betrachtet, oder aber die Emissionen, die durch Nutzung fossiler Energie freigesetzt werden. Auswirkungen auf Landschaft und Natur durch die Anlagen treten oft in den Hintergrund (Herbstreit et al., 2014, S. 23). In diesem Kapitel soll deshalb vor allem auf die ökologischen Folgen der EE eingegangen werden.

So kann der Ausbau der EE auch in Konflikt mit dem Naturschutz geraten. Teilweise erlauben die rechtlichen Rahmenbedingungen eine Nutzung der Schutzfläche nicht (siehe Kapitel 6.), in anderen Fällen sind die Regelaufgaben weniger streng und es können zumindest eingeschränkt Anlagen in Schutzgebieten gebaut werden. Aber auch außerhalb dieser Schutzzonen gibt es Konflikte mit der Natur (Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH, 2011, S. 25f.). Je nach Energieform treten unterschiedliche Probleme auf. Die Windenergie beispielsweise hat einen sehr geringen Flächenbedarf und WiKA werden meist auch in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gegenden errichtet, so dass es wenig Konflikte mit Schutzgebieten gibt. Auf der anderen Seite kommt es zu Verletzung oder Tötung von Fledermäusen und Vögeln und es tritt eine Scheuchwirkung auf. Das heißt, Vögel werden, ähnlich wie von einer Vogelscheuche, aus potentiellen Rast- oder Brutgebieten vertrieben. Weiter stellt ein Windrad eine Beeinträchtigung des Landschaftsbildes, gerade bei Windparks, dar (Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH, 2011, S. 35). Bei PVA sind die häusergebundenen Anlagen weniger das Problem, sondern vor allem PV-Freiflächenanlagen. Diese brauchen aus diversen technischen Gründen und um Verschattung zu vermeiden viel Fläche. Aufgrund der notwendigen Infrastruktur gibt es Eingriffe in den Boden durch Kabelgräben und Fundamente für die Modulhalterungen, der Boden selbst erhält wenig, bis gar kein Sonnenlicht, weil optimaler Weise alles Licht eingefangen wird und neben einer Barrierewirkung für Tiere durch Zäune, wird auch das Landschaftsbild verändert (Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH, 2011, S. 45). Bei der

Bioenergie ist vor allem der Anbau von Energiepflanzen kritisch zu betrachten. Effekte wie der Verlust anderer Landnutzungsformen und der Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts sind zu bemerken. Wichtige Lebensräume gehen verloren und die Puffer- bzw. Speicherfunktion des Bodens kann ins Ungleichgewicht gelangen. Es wurde aber festgestellt, dass es stark auf die Art der Energiepflanze ankommt. Kurzumtriebsplantagen bergen zum Beispiel ein geringeres Umweltrisiko als Mais, weil sie weniger intensiv bewirtschaftet werden müssen (Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH, 2011, S. 51f.). WKA sind hauptsächlich für Gewässerorganismen aufgrund der Unterbrechung des Fließkontinuums nachteilig. Wanderbewegungen, zum Beispiel von Fischen, werden unterbrochen. Dagegen sollen Fischtreppe helfen, die in Umgehungsäben realisiert werden. Aber nicht nur Fische leiden unter Querbauten. Auch das Hochwasserrisiko steigt oft an, da sich Material an den Wehren verfängt und eine Stauwirkung erzeugt. Außerdem behindern Wehre auch die Verlagerung von Geschiebefracht, was für eine ausgewogene Tiefe des natürlichen Flussbetts sehr wichtig ist (Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH, 2011, S. 61). Nicht zuletzt hat auch die Geothermie negative Einflüsse auf die Umwelt. Schon das Aufsuchen von geeigneten Standorten ist mit Messtechniken verbunden, die schädlich für den Boden sein können. Und im weiteren Verlauf, ist Geothermie natürlich immer mit einem Eingriff in den natürlichen Boden- und Wasserhaushalt verbunden. Auch der Eintrag von Schadstoffen ist nicht auszuschließen (Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH, 2011, S. 64f.).

8. Ausblick und weiterführende Gedanken

8.1. Einsparmöglichkeiten und Energieeffizienz

In Kapitel 1.2. dieser Arbeit wurde das Bayerische Energieprogramm als ein Drei-Säulen-Modell vorgestellt. Effiziente Energienutzung ist die erste Säule und damit ein wichtiger Teil der Energiewende. Durch eine effiziente Nutzung der verfügbaren Energie soll der Energieverbrauch gesenkt werden. Dies trägt dazu bei, die Kosten und Emissionen zu senken (Presse- und Informationsamt, 2018, S. 4f.). Allerdings reicht es nicht aus, die Infrastruktur, Geräte etc. energieeffizienter zu designen, sondern es muss auch der absolute Energieverbrauch gesenkt werden. Gerade wenn es um THG geht, müssten eigentlich die Verursacher der Emissionen in den Fokus rücken und Strategien entwickelt werden, die helfen, den Energieverbrauch und somit die Emissionen zu reduzieren. Allein die Industrie ist in Deutschland für ein Drittel der THG-Emissionen verantwortlich und ist damit die Nutzergruppe mit dem größten Energieverbrauch. An zweiter Stelle stehen der Verkehr und die Haushalte mit je rund einem Fünftel, der Sektor GHD folgt mit einem Sechstel der Emissionen. In diesem Zusammenhang sollte auch gesagt sein, dass die Stromeffizienz eines einzelnen Geräts für den Klimaschutz allein nicht ausschlaggebend ist, sondern vor allem der

Nutzungsumfang und der Gerätebestand. Eine Fokussierung der Politik auf reine Energieeffizienz ist also nicht zielführend. Es müssen eben auch Maßnahmen zur Einsparung des Energieverbrauchs ergriffen werden (Weyland et al., 2015, S. 5f.). Die Stadt Rosenheim hat bereits gute Ansätze, die aber noch ausgebaut werden sollten. Die Nutzung von Fernwärme zum Heizen benötigt keine zusätzliche fossile Primärenergie, da die Abwärme der Kraftwerke bei der Stromproduktion genutzt wird. Diese Art von Kraft-Wärme-Kopplung gewinnt im Landkreis an Bedeutung und trägt dazu bei, Energie einzusparen (Stadtwerke Rosenheim, 2016, S. 48). Ein Beispiel ist das Zementwerk Rohrdorf bei Rosenheim. Die bisher ungenutzte Abwärme des Zementwerkes wird jetzt dazu genutzt, um mit Hilfe von einer Dampfturbine und eines Generators Strom zu erzeugen. Damit kann der Eigenbedarf an Strom zu großen Teilen gedeckt werden, die Energiekosten werden gesenkt und es wird Primärenergie eingespart (Weißbacher & Voggenauer, 2018).

Stromsparen ist nicht nur für die Umwelt und das Klima gut, sondern auch volkswirtschaftlich sinnvoll. Es verringert die Abhängigkeit Deutschlands von Rohstoffimporten, senkt die Strom- und Umweltkosten und erhöht die Resilienz gegenüber Strompreisschwankungen. Zu guter Letzt ist eine erfolgreiche Energiewende auch zu großen Teilen davon abhängig, dass die Energie- bzw. Stromnachfrage gesenkt wird, damit es leichter ist, den übrigen Bedarf mit EE zu decken (Weyland et al., 2015, S. 6).

8.2. Technologieentwicklung und Forschung

Spätestens seit der Einführung des EEG gab es einen rasanten Anstieg an Forschungsprojekten und technischen Entwicklungen zu EE. Mittlerweile hat sich dieser Prozess aufgrund von politischen Kontroversen etwas verlangsamt. Um eine Transformation des Energiesystems zu einer nachhaltigen Energieversorgung zu schaffen, müssen nicht nur politische Rahmenbedingungen passen, sondern es erfordert auch die Entwicklung neuer, bzw. die Verbesserung bestehender Technologien (Rogge et al., 2015, S. 4f.). Eine Analyse des Fraunhofer Institut hat unter anderem ergeben, dass Publikationen zu PV stark gestiegen sind, eine hohe Anzahl an Patentanmeldungen zu PV und Windkraft zu verzeichnen sind, Kooperationen wurden erweitert und Technologiekosten sind sehr stark gesunken, so dass EE mittlerweile zu fossilen Technologien konkurrenzfähig geworden sind. Es gibt also durchaus einen positiven Trend zu verzeichnen. Jedoch muss weiterhin mit effektiven politischen Maßnahmen Forschung und Innovation im Bereich EE gefördert werden, um die Energiewende voranzutreiben und um zu verhindern, dass sie stagniert (Rogge et al., 2015, S. 4).

Es ist natürlich wichtig, Photovoltaikanlagen, Windkraftanlagen, Wasserkraftanlagen und Bioenergieanlagen sowie geothermische Energienutzung technisch zu verbessern, allerdings wird auch in weitere wichtige Forschungsbereiche investiert. Die Systemkomponenten (Energienetze, Energiespeicher, Energiewandler, Energiematerialien) sind ein großer Bestandteil der Forschungsaktivitäten. Außerdem gibt es Bestrebungen, die Energienutzung (Energieeffizienz von Häusern, Städten und Industrie, nachhaltige Mobilität) zu

modernisieren und die Energiesystemgestaltung zu transformieren (z.B. Energiewirtschaft, -politik, -recht und Akzeptanzforschung). Um all dies erfolgreich zu bewerkstelligen, ist ein effektives Forschungsnetzwerk und produktive Zusammenarbeit erforderlich (Szczepanski, 2017, S. 2). Auch die Bundesregierung unterstützt, im Rahmen der Energiepolitik, die Erforschung und Entwicklung von Energietechnologien der Zukunft. Mit Hilfe des 6. Energieforschungsprogramms sollen Unternehmen und Forschungseinrichtungen gefördert werden. Das Programm legt aktuelle Richtlinien und Schwerpunkte fest und steuert somit maßgeblich die Technologieentwicklung (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2018a).

8.3. Elektromobilität

Der Klimaschutzplan der Bundesregierung beschreibt eine Dekarbonisierung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Deutschland soll zum Leitmarkt und Leitanbieter der Elektromobilität werden. Um dieses ehrgeizige Ziel zu erreichen, muss aber die Strom- und Ladeinfrastruktur verändert und modernisiert werden (Agora Verkehrswende, 2018). Über den tatsächlichen Strombedarf durch einen elektrisierten Verkehr herrscht teils Unklarheit. Das Öko-Institut spricht davon, dass die momentane Menge an Strom durch EE bei weitem noch nicht ausreichen würde, um den zusätzlichen Bedarf an Strom zu decken (Öko-Institut e.V., 2016). Eon dagegen beschreibt ein Szenario, bei dem bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge dazukämen, was eine Steigerung des Strombedarfs von 0,5 % bedeuten würde. Dies kann aber mit der bisherigen Stromerzeugung leicht gedeckt werden und es sind keine weiteren Anlagen nötig (eon, 2018). Laut einer Zusammenfassung verschiedener Studien vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit gibt es bei weitem ausreichend EE um alle deutschen PKWs zu elektrifizieren. Der Ausbau EE der letzten fünf Jahren würde dafür schon ausreichend sein. Es ist also weniger der Bedarf an Energie, der Probleme macht, sondern die Verteilung des Stroms. Zusätzliche Lasten auf das lokale Stromnetz, bedingt durch eine Ladeinfrastruktur, können ein wenig ausgebautes Verteilernetz an seine Grenzen bringen (Bundesministerium für Umwelt, 2016, S. 2f.). Die Situation im Landkreis Rosenheim ist noch wenig ausgereift. Erst im Januar 2018 hat sich innerhalb der ezro die Arbeitsgruppe E-Mobilität gebildet. Vertreten sind dabei die regionalen Klimaschützer, die Hochschule Rosenheim, Stadt und Landkreis Rosenheim und weitere Privatpersonen und Unternehmen. In der Arbeitsgruppe sollen Möglichkeiten zur Förderung von Elektromobilität in der Region erarbeitet und Projekte realisiert werden (ezro, 2018). Die Leitung dieser Arbeitsgruppe obliegt dem Klimamanager der Stadt Rosenheim Björn Freitag, der kürzlich maßgeblich an der Organisation des ersten Aktionstags zum Thema „Elektromobilität“ in Rosenheim beteiligt war (OVb online, 2018). Man sieht, dass die Elektromobilität langsam im Landkreis Rosenheim an Bedeutung gewinnt und es bleibt zu erwarten, welchen Einfluss das auf die lokale Stromversorgung hat. Da der Landkreis Rosenheim aber schon jetzt Strom aus 100 % EE verwendet und sogar überschüssigen Strom produziert, stehen die Chancen gut, dass auch zukünftig die Versorgung eines elektrifizierten Verkehrs möglich sein sollte.

Literaturverzeichnis

- Agentur für erneuerbare Energien. (2018a). Hauptseite. Retrieved from <https://www.unendlich-viel-energie.de/>
- Agentur für erneuerbare Energien. (2018b). Strom aus Biomasse. Retrieved from <https://www.unendlich-viel-energie.de/erneuerbare-energie/strom-aus-biomasse>
- Agora Energiewende. (2018). *Die Energiewende im Stromsektor: Stand der Dinge 2017. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2018.*
- Agora Verkehrswende. (2018). Elektromobilität ist der Schlüssel der Energiewende im Verkehr. Retrieved from <https://www.agora-verkehrswende.de/12-thesen/elektromobilitaet-ist-der-schluessel-der-energiewende-im-verkehr/>
- Auerswald, K., & Ahl, C. (2015). *Exkursionsführer München* (Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft Ed.).
- Bayerische Energieagentur ENERGIE INNOVATIV im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, I., , Verkehr und Technologie,. (2018). Bayerns Energieprogramm. Retrieved from <https://www.energie-innovativ.de/energieversorgung/bayerns-energieprogramm/>
- Bayerisches Landesamt für Statistik. (2017). Gebiet, Flächennutzung. Retrieved from <https://www.statistik.bayern.de/statistik/gebiet/#>
- Bayerisches Landesamt für Statistik. (2018a). GENESIS-Online Datenbank. Retrieved from <https://www.statistikdaten.bayern.de/genesis/online;jsessionid=CF885E5921F178218B24603013A8071?Menu=Willkommen>
- Bayerisches Landesamt für Statistik. (2018b). Landkreis Rosenheim - Eine Auswahl wichtiger statistischer Daten. 1-28.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2017). Energie-Arlas Bayern, Mischpult - Informationen zu den Rahmendaten [Press release]
- Bayerisches Landesamt für Umwelt. (2018). Bodenversiegelung in Bayern: Zahlen und Fakten. Retrieved from <https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/flaechenmanagement/versiegelung/index.htm>
- Bayerisches Landesamt für Umwelt und Verbraucherschutz (Cartograph). (2014). Hochwasserrisikomanagement-Plan Einzugsgebiet bayerische Donau Karte 5. Retrieved from https://www.lfu.bayern.de/wasser/hopla_donau/einzugsgebiet/doc/hopladonau_din3_03_landnutzung.pdf
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Cartograph). (1998). Mittlerer Jahresniederschlag in Bayern
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie, . (2018a). Energie-Atlas Bayern. Retrieved from <https://www.energieatlas.bayern.de/>
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Energie und Technologie, . (2018b). Vergleich der Energieträger. Retrieved from https://www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/vergleich.html
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie,. (2014). Bayerischer Windatlas. 1-48.
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie,. (2018). Energiepolitik. Retrieved from <https://www.stmwi.bayern.de/energie-rohstoffe/energiepolitik/>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz,, Bau und Reaktorsicherheit,. (2016). *Kurzinformation Elektromobilität bzgl. Strom- und Ressourcenbedarf.*
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018a). 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. Retrieved from <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/Energieforschung/energieforschung-6-energieforschungsprogramm.html>
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018b). Das Erneuerbare-Energien-Gesetz. Retrieved from https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Dossier/eeg.html?cms_docId=401818
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. (2018c). EU-Richtlinie für erneuerbare Energien. Retrieved from https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Recht-Politik/EU_Richtlinie_fuer_EE/eu_richtlinie_fuer_erneuerbare_energien.html

- Bundesrepublik Deutschland. (2010). *Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen*.
- Darga, R. (2009). *Wanderungen in die Erdgeschichte (26) - Auf den Spuren des Inn-Chiemsee-Gletschers (Übersicht)*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Doppler, G., Fiebig, M., Freudenberger, W., Glaser, S., Meyer, R., Pürner, T., . . . Schwerd, K. (2004). *Geo Bavaria - 600 Millionen Jahre Bayern* (Bayerisches Geologisches Landesamt Ed.).
- eon. (2018). E-mobility. Retrieved from <https://www.eon.de/frag-eon/themen/e-mobility/>
- ezro. (2018). Neue AG Emobility gegründet. Retrieved from <http://www.ezro.de/Aktuelles/Meldungen/36/de>
- Fischer, W., Hake, J., Kuckshinrichs, W., Schröder, T., & Venghaus, S. (2016). German energy policy and the way to sustainability: Five controversial issues in the debate on the "Energiewende". *Energy*, 1-12.
- Freitag, B., Freund, R., & Meister, M. (2017). Stadt Rosenheim - Energiebericht für das Jahr 2017 auf Datenbasis 2016.
- Gattermayr, W. (2006). Der Inn und sein Einzugsgebiet [Press release]
- Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH. (2011). *Auswirkungen der Ausbauziele EE auf Naturschutz und Landschaft - Endbericht*.
- Gewässerkundlicher Dienst Bayern. (2018a). Gesamtzeitraum Pegel Prien/Prien. Retrieved from <https://www.gkd.bayern.de/fluesse/abfluss/stationen/diagramm/index.php?thema=gkd&rubrik=fluesse&produkt=abfluss&gknr=0&msnr=18463004&zr=gesamt>
- Gewässerkundlicher Dienst Bayern. (2018b). Gesamtzeitraum Pegel Rosenheim o.d. Mangfallmündung/Inn. Retrieved from <https://www.gkd.bayern.de/fluesse/abfluss/stationen/diagramm/index.php?thema=gkd&rubrik=fluesse&produkt=abfluss&gknr=6&msnr=18001508&addhr=&zr=gesamt>
- Gewässerkundlicher Dienst Bayern. (2018c). Gesamtzeitraum Pegel Rosenheim/Mangfall. Retrieved from <https://www.gkd.bayern.de/fluesse/abfluss/stationen/diagramm/index.php?thema=gkd&rubrik=fluesse&produkt=abfluss&gknr=0&msnr=18209000&addhr=&zr=gesamt>
- Glaser, S., Lagally, U., Loth, G., Schmid, H., & Schwerd, K. (2008). *Geotope in Oberbayern* (B. L. f. Umwelt Ed.).
- Hake, J., Fischer, W., Venghaus, S., & Weckenbrock, C. (2015). The German Energiewende - History and status quo. *Energy*, 1-15.
- Herbstreit, E., Brandt, W., Danielzik, K.-H., Hellmann, N., Schüsseler, J., & Wallraven, G. (2014). *Landschaftsarchitektur und Energiewende: Architektenkammer Nordrhein-Westfalen*.
- Hofer, V., Süß, A., Prash, M., & Mauser, W. (2015). Naturräumliche Gegebenheiten und räumliche Analyse der Energieanlagen in der Modellregion. 1-68.
- Hofer, V., Süß, A., Prash, M., Mauser, W., Reinhardt, J., Dillmann, A., & Mayer, W. (2016). Das naturräumliche und technische Potential für Erneuerbare Energien in der Modellregion Oberland. 1-128.
- Kaltschmitt, M., Streicher, W., & Wiese, A. (2014). *Erneuerbare Energien - Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte*: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Krause, K. (2018). Unsere Region. Retrieved from <http://www.aelf-ro.bayern.de/>
- Landkreis Rosenheim. (2016). Gemeindesteckbrief Lkr. Rosenheim [Press release]
- Landkreis Rosenheim. (2018). Flüsse und Seen. Retrieved from <https://www.landkreis-rosenheim.de/#{2}>
- Maubach, K.-D. (2014). *Energiewende*. Wiesbaden: Springer VS.
- Merkel, A. (2018). Klima und Wetter in Rosenheim. Retrieved from <https://de.climate-data.org/location/47033/#climate-graph>
- Meteotest. (2018). Die Webseite für Windenergie-Daten der Schweiz. Retrieved from <https://wind-data.ch/tools/profile.php>
- Müller, C., & Bücken, D. (2016). Energiebericht 2016 der Energiezukunft Rosenheim.
- Öko-Institut e.V. (2016). Elektromobilität: Chance für den Klimaschutz in Europa. Retrieved from <https://www.oeko.de/presse/archiv-presse-meldungen/2016/elektromobilitaet-chance-fuer-den-klimaschutz-in-europa/>

- Otto, A. (2018). Umwelt Atlas Bayern. Retrieved from <http://www.umweltatlas.bayern.de/startseite/>
- OVB online. (2018). Erster E-Mobilitätstag auf dem Ludwigsplatz ein Erfolg. *OVB online*. Retrieved from https://www.ovb-heimatzeitungen.de/rosenheim-region/2018/07/08/erster-e-mobilitaetstag-auf-dem-ludwigsplatz-ein-erfolg_ovb
- Presse- und Informationsamt. (2018). Energieeffizienz und Energiesparen. Retrieved from https://www.bundesregierung.de/Content/DE/StatischeSeiten/Breg/Energiekonzept/Fragen-Antworten/4_Energiesparen-Energieeffizienz/4-Energiesparen-Energieeffizienz.html
- Regionaler Planungsverband Südostoberbayern. (2018). Regionalplan Südostoberbayern. Retrieved from <http://www.region-suedostoberbayern.bayern.de/regionalplan/text/>
- Reinhardt, J., Dillmann, A., & Mayer, W. (2017). Regionale Analyse des Energiesystems in der Modellregion Oberland. 1-61.
- Rogge, K., Breitschopf, B., Mattes, K., Cantner, U., Graf, H., Herrmann, J., . . . Wiebe, K. (2015). *Grüner Wandel: Erneuerbare Energien, Policy Mix and Innovation - Ergebnisse des GRETCHEN-Projektes zum Einfluss des Policy Mixes auf technologischen und strukturellen Wandel bei erneuerbaren Stromerzeugungstechnologien in Deutschland*. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Rosenheim, L. (2018). Energie. Retrieved from <https://www.landkreis-rosenheim.de/>
- Stadt Rosenheim. (2018). Daten und Fakten - Stadtgebiet. Retrieved from <https://www.rosenheim.de/wirtschaft/wirtschaftsstandort/daten-und-fakten.html>
- Stadtwerke Rosenheim. (2016). Umweltbericht der Stadtwerke Rosenheim 2015.
- Szczepanski, P. (2017). *Forschungsziele 2018. Gemeinsam forschen für die Energie der Zukunft*. Berlin: Forschungsverbund Erneuerbare Energien.
- United Nations - Department of Economic and Social Affairs. (2018). Sustainable Development Goal 7. Retrieved from <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg7>
- United Nations Climate Change. (2018). The Paris Agreement. Retrieved from <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- Weißbacher, R., & Voggenauer, K. (2018) *Energiewende im Landkreis Rosenheim/Interviewer: K. Mayer*.
- Weyland, M., Reinhard, A., Halatsch, A., Icha, P., Jäger, F., Jührich, K., . . . Schuberth, J. (2015). *Stromsparen. Schlüssel für eine umweltschonende und kostengünstige Energiewende*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
- Wikipedia. (2018). Biomassepotenzial. Retrieved from <https://de.wikipedia.org/wiki/Biomassepotenzial>