

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1

Dezember 2015



Naturräumliche Gegebenheiten und räumliche Analyse der Energieanlagen in der Modellregion Oberland

*Veronika Hofer, Andreas Süß, Monika Prasch,
Wolfram Mauser*

Diese Studie wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) von 2014 bis 2019 geförderten Projekts INOLA (Innovationen für nachhaltiges Land- und Energiemanagement auf regionaler Ebene) erstellt. Für den Inhalt und die Ergebnisse der Studie sind die Autoren verantwortlich.

Autoren:

Veronika Hofer, Andreas Süß, Monika Prasch, Wolfram Mauser (LMU München, Department für Geographie, Lehr- und Forschungseinheit Hydrologie und Fernerkundung)

© Dezember 2015

Kontakt:

M.Sc. Veronika Hofer
LFE Hydrologie und Fernerkundung
Department für Geographie
Ludwig-Maximilians-Universität München
Luisenstr. 37
80333 München
E-Mail: v.hofer@iggf.geo.uni-muenchen.de

Alle **INOLA-Arbeitsberichte** sind auf der Projektseite www.inola-region.de verfügbar.

Bereits veröffentlichte INOLA-Arbeitsberichte:

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 1: Naturräumliche Gegebenheiten und räumliche Analyse der Energieanlagen in der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 2: Regionale Analyse des Energiesystems in der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 3: Das naturräumliche und technische Potential für Erneuerbare Energien in der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 4: Maßnahmenanalyse der Bürgerstiftung Energiewende Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 5: Akteure regionaler Energiewendeprozesse in der Modellregion Oberland. Rollen, Netzwerke, Potenziale

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 6: Akzeptanz der Energiewende im Oberland. Ergebnisse einer Passantenbefragung in ausgewählten Gemeinden der Modellregion Oberland

INOLA-Arbeitsbericht Nr. 7: Szenarien, Zukunftswünsche, Vision. Ergebnisse der partizipativen Szenarienkonstruktion in der Modellregion Oberland

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Die Untersuchungsregion „Energiewende Oberland“	1
1.1 Geomorphologie.....	1
1.2 Klima.....	3
1.3 Hydrologie	10
1.4 Böden	13
1.5 Landnutzung.....	16
2 Analyse der Landnutzungsdynamik	21
2.1 Landwirtschaftliche Veränderungen	22
2.1.1 Veränderungen bei der Grünlandflächennutzung	23
2.1.2 Ackerbauliche- und Kulturartenspezifische Veränderungen	25
2.1.3 Der ökologische Landbau in der Region	27
2.2 Entwicklung der Schutzgebietsflächen.....	29
2.3 Entwicklung von Waldflächen	31
2.4 Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen.....	33
3 Räumliche Erfassung bestehender Energieerzeugungsanlagen	35
3.1 Solarenergie	37
3.1.1 Photovoltaik	38
3.2 Wasserkraftanlagen	40
3.3 Biomasse	43
3.4 Biogas	44
3.5 Windkraftanlagen.....	46
3.6 Geothermie	47
3.6.1 Oberflächennahe Geothermie	48
3.6.2 Tiefe Geothermie (Tiefengeothermie)	49

3.7	Abwärmequellen	49
3.8	Fossile Heizkraftwerke	50
3.9	Energienetze und –speicher	51
Literaturverzeichnis	_____	54
Anhang	_____	57

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1: Topographie im Untersuchungsgebiet "Energiewende Oberland" mit höchstem und niedrigstem Punkt.	1
Abb. 1-2: Naturräumliche Gliederung des Untersuchungsgebiets mit 5 Haupteinheiten nach SSYMANK (1994) und 14 Einheiten nach MEYNEN UND SCHMITHÜSEN (1953).	2
Abb. 1-3: Jahresmitteltemperatur im Gebiet Region „Energiewende Oberland“ für den Zeitraum 1981 – 2010.	3
Abb. 1-4: Jahresniederschlagssumme im Gebiet Region „Energiewende Oberland“ für den Zeitraum 1981 – 2010.	4
Abb. 1-5: Durchschnittlicher monatlicher Temperatur- und Niederschlagsverlauf für das Gebietsmittel der Region „Energiewende Oberland“ für die Klimanormalperioden 1961 – 1990, 1971 – 2000 und 1981 – 2010 (Datengrundlage: (DWD 2015a).	4
Abb. 1-6: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlagssumme der DWD Station Hohenpeißenberg (Datengrundlage: DWD (2015a).	6
Abb. 1-7: Saisonale Entwicklung der Temperatur und der Niederschlagssumme der DWD Station Hohenpeißenberg (Datengrundlage: DWD (2015a)).....	6
Abb. 1-8: Durchschnittliche Globalstrahlung in der Region „Energiewende Oberland“ für den Zeitraum 1981 – 2010.	8
Abb. 1-9: Durchschnittlicher Verlauf der monatlichen Globalstrahlungssumme (links) und der Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen (rechts) für das Gebietsmittel der Region „Energiewende Oberland“ für die Klimanormalperiode 1981 – 2010 (Datengrundlage: (DWD 2015a)).....	8
Abb. 1-10: Mittlere Windgeschwindigkeit (1980 – 2010) in 10m (oben) und 80 m (unten) Höhe in der Region „Energiewende Oberland“.	9
Abb. 1-11: Das Gewässernetz der Region „Energiewende Oberland“ mit den Pegeln des LfU.....	11
Abb. 1-12: Die Flusseinzugsgebiete der Region „Energiewende Oberland“, abgeleitet durch eine digitale Geländeanalyse mit TOPAZ (GARBRECHT 1999).	12
Abb. 1-13: Querbauwerke entlang der Vorranggewässer im Gewässernetz der Region „Energiewende Oberland“.	12
Abb. 1-14: Abflussregime verschiedener Flüsse im Untersuchungsgebiet für die Zeiträume 1971 – 2000, 1981 – 2010, 1986 – 2015. Datengrundlage: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2015a).....	13
Abb. 1-15: Karte der Bodenarten für die Region „Energiewende Oberland“.	15
Abb. 1-16: Flächenanteile der Bodenarten im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“.	16

Abb. 1-17: Klassifizierte räumliche Verteilung der Landnutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“	17
Abb. 1-18: Flächenanteile der Landnutzung im Untersuchungsgebiet "Energiewende Oberland" (HOFER 2015).....	17
Abb. 1-19 Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen im Untersuchungsgebiet "Energiewende Oberland" (LFSTAD 2015).....	20
Abb. 1-20: Klassifizierte räumliche Verteilung der landwirtschaftlichen Nutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“.....	20
Abb. 2-1: Prozentuale Veränderungen landwirtschaftlich genutzter Flächenanteile von 1980 bis 2013 (LFSTAD 2015).....	22
Abb. 2-2: Veränderung der Flächenanteile landwirtschaftlich genutzter Flächen in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1980 bis 2013.....	23
Abb. 2-3: Änderung des Anteils an Dauergrünland an der gemeldeten Landwirtschaftsfläche von 1999 bis 2010. Die Datenbasis der Darstellung sind die ASE 1999, 2001, 2003, 2005 und 2007 sowie die LZ 2010 (LFSTAD 2015).....	24
Abb. 2-4: Änderung der Grünflächenanteile an der gemeldeten Landwirtschaftsfläche in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1999 bis 2007. Die Datenbasis der Darstellung sind die ASE 1999, 2003 und 2007.....	25
Abb. 2-5: Anteil der als Ackerland genutzten Flächen an den landwirtschaftlich genutzten Flächen für die Jahre 1999 bis 2010. Die Datenbasis der Darstellung sind die ASE 1999, 2001, 2003, 2005 und 2007 sowie die LZ 2010 (LFSTAD 2015).....	26
Abb. 2-6: Anteile verschiedener Ackerkulturkategorien an den ackerbaulich genutzten Flächen in der Region „Energiewende Oberland“. Datenbasis der Darstellung sind die ASE 1999, 2003 und 2007 (LFSTAD 2015).....	26
Abb. 2-7: Variationen der Bodennutzung von Ackerbauflächen zwischen den Jahren 1999 bis 2007 in den Landkreisen der Region „Energiewende Oberland“. Datenbasis sind die ASE 1999, 2003 und 2007 (LFSTAD 2015).....	27
Abb. 2-8: Änderung der Ökoflächenanteile an der insgesamt landwirtschaftlich genutzten Fläche zwischen 1999 bis 2010. Die Datenbasis der Darstellung sind die ASE, 2001, 2005 und 2007 sowie die LZ 2010 (LFSTAD 2015).....	28
Abb. 2-9: Verbreitung des ökologischen Landbaus 2009 verändert nach BAYSTMELF (2013).....	29
Abb. 2-10: Flächenanteil der Schutzgebiete an der Gesamtfläche der Region „Energiewende Oberland“(BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2015b)OF.....	30
Abb. 2-11: Flächenentwicklung der einzelnen Schutzgebietskategorien in der Region „Energiewende Oberland“ ermittelt aus BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2015b).....	31

Abb. 2-12: Prozentuale Veränderungen der Waldflächenanteile von 1980 – 2013 (LFSTAD 2015).....	32
Abb. 2-13: Prozentuale Veränderungen der Waldanteile in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1980 bis 2013.....	32
Abb. 2-14: Prozentuale Veränderungen der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1980 bis 2013.	33
Abb. 3-1: Installierte Nennleistung an Anlagen zur Erzeugung Erneuerbarer Energien (Photovoltaik, Wasserkraft, Biomasse, Klär- und Biogas, Windkraft) in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“.	36
Abb. 3-2: Installierte Leistung erneuerbarer Energieträger in der Region „Energiewende Oberland“ nach Erzeugungsart und Nennleistungsklassen (E.ON 2010, LFU 2014, ENERGYMAP 2015). ...	37
Abb. 3-3: Verteilung der Photovoltaikanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene.	39
Abb. 3-4: Anzahl der installierten Photovoltaikanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der Region „Energiewende Oberland“ seit 1994 sowie Entwicklung der durchschnittlichen Anlagenvergütung seit Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2000 (LFU 2014, EnergyMap 2015, Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. 2015).....	40
Abb. 3-5: Verteilung der Wasserkraftanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene.	41
Abb. 3-6: Anzahl der installierten Wasserkraftanlagen. Zubau und Gesamtanzahl der Landkreise Bad Tölz-Wolfratshausen (TÖL), Miesbach (MB) und Weilheim-Schongau (WM) seit 1919 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).....	42
Abb. 3-7: Anzahl der installierten Wasserkraftanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der Region "Energiewende Oberland" seit 1919 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).....	42
Abb. 3-8: Verteilung der Biomasseanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene	43
Abb. 3-9: Anzahl der installierten Biomasseanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der Region „Energiewende Oberland“ 1995 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).	44
Abb. 3-10: Verteilung der Biogasanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene.	45
Abb. 3-11 Anzahl der installierten Biogasanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der Region „Energiewende Oberland“ 1995 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015)	46
Abb. 3-12: Verteilung der Windkraftanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene.	47
Abb. 3-13 Anzahl der installierten Erdwärmesonden pro Gemeinde in der Region „Energiewende Oberland“	48

Abb. 3-14: Verteilung der Abwärmequellen sowie deren Leistung auf Gemeindeebene.	50
Abb. 3-15: Standorte fossiler Heizkraftwerke in der Region „Energiewende Oberland“ mit Hauptfeuerungsart und Nennleistungsklasse.	51
Abb. 3-16: Das Energienetz der Region „Energiewende Oberland“.	52

Tabellenverzeichnis

Tab. 1-1: Die klimatischen Mittel-, Minimum- und Maximumwerte der Region „Energiewende Oberland“ und Deutschlands („-“: keine Daten verfügbar; Datengrundlage: DWD (2015a))... 5	5
Tab. 1-2: Entwicklung der Lufttemperatur [K] der Klimanormalperioden zwischen 1951 und 2010 an der DWD-Station Hohenpeißenberg (Datengrundlage: DWD (2015a)). 7	7
Tab. 1-3: Entwicklung der Niederschlagssumme [mm] der Klimanormalperioden zwischen 1951 und 2010 an der DWD-Station Hohenpeißenberg (Datengrundlage: DWD (2015a)). 7	7
Tab. 1-4: Windgeschwindigkeit verschiedenen Höhen in der Region „Energiewende Oberland“ für den Zeitraum 1981 – 2010 (Datengrundlage: DWD (2015a)). 10	10
Tab. 1-5: Landnutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“: Vergleich des Klassifikationsergebnisses mit einigen Klassen der Flächenerhebung der Tatsächlichen Nutzung (HOFER 2015, LFSTAD 2015)..... 18	18
Tab. 1-6: Klassifizierte Landnutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“ 19	19
Tab. 2-1: Zur Verfügung stehende statistische Erhebungen zur Analyse von Landnutzungsveränderungen..... 21	21
Tab. 3-1: Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtstromverbrauch 2013 der EEG-vergüteten Anlagen in der Region „Energiewende Oberland“ im Vergleich mit Deutschland und Bayern (LFU 2014, ENERGYMAP 2015)..... 35	35
Tab. 3-2: Absolute und prozentuale installierte Nennleistung der Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in der Region "Energiewende Oberland" nach Energieträgern (LFU 2014, ENERGYMAP 2015)..... 36	36
Tab. 3-3: Photovoltaikanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ am 31.12.2015 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015)..... 38	38
Tab. 3-4: Wasserkraftanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015). 41	41
Tab. 3-5: Biomasseanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015)... 43	43
Tab. 3-6: Klär- und Biogasanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015)..... 45	45
Tab. 3-7: Windkraftanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).. 47	47
Tab. 3-8: Anzahl der Erdwärmesonden in der Region "Energiewende Oberland" (LFU 2014). 49	49
Tab. 3-9: Abwärmequellen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015). ... 50	50

Abkürzungsverzeichnis

ASE	Allgemeinen Agrarstrukturerhebung
DGS	Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.
EEG	Erneuerbare Energien-Gesetz
EWO	Region Energiewende Oberland
INOLA	Innovationen für ein nachhaltiges Land- und Energiemanagement auf regionaler Ebene
LFU	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Lkr.	Landkreis
MB	Landkreis Miesbach
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt Peak, Kilowattzahl
LZ	Landwirtschaftszählung
PV	Photovoltaik
TÖL	Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen
ÜBK25	Übersichtsbodenkarte von Bayern im Maßstab 1:25000
WM	Landkreis Weilheim-Schongau

1 Die Untersuchungsregion „Energiewende Oberland“

Die Region „Energiewende Oberland“ liegt im Süden Deutschlands zwischen der bayerischen Landeshauptstadt München und dem nördlichen Alpenrand. Das Gebiet setzt sich aus den Landkreisen Bad Tölz-Wolfratshausen, Miesbach und Weilheim-Schongau zusammen und hat eine Gesamtfläche von etwa 2.944 km². Durch die Lage am nördlichen Alpenrand weist das Gebiet eine hohe Reliefenergie von 1.581 m auf. Der höchste Punkt (2.102 m ü.NN, Schafreuter) befindet sich im Vorkarwendel am südlichen Rand des Untersuchungsgebietes. Der niedrigste Punkt mit einer Höhe von 521 m ü. NN liegt etwa 2,9 km nordöstlich der Gemeinde Irschenberg am östlichen Rand der Region „Energiewende Oberland“ (siehe Abb. 1-1).

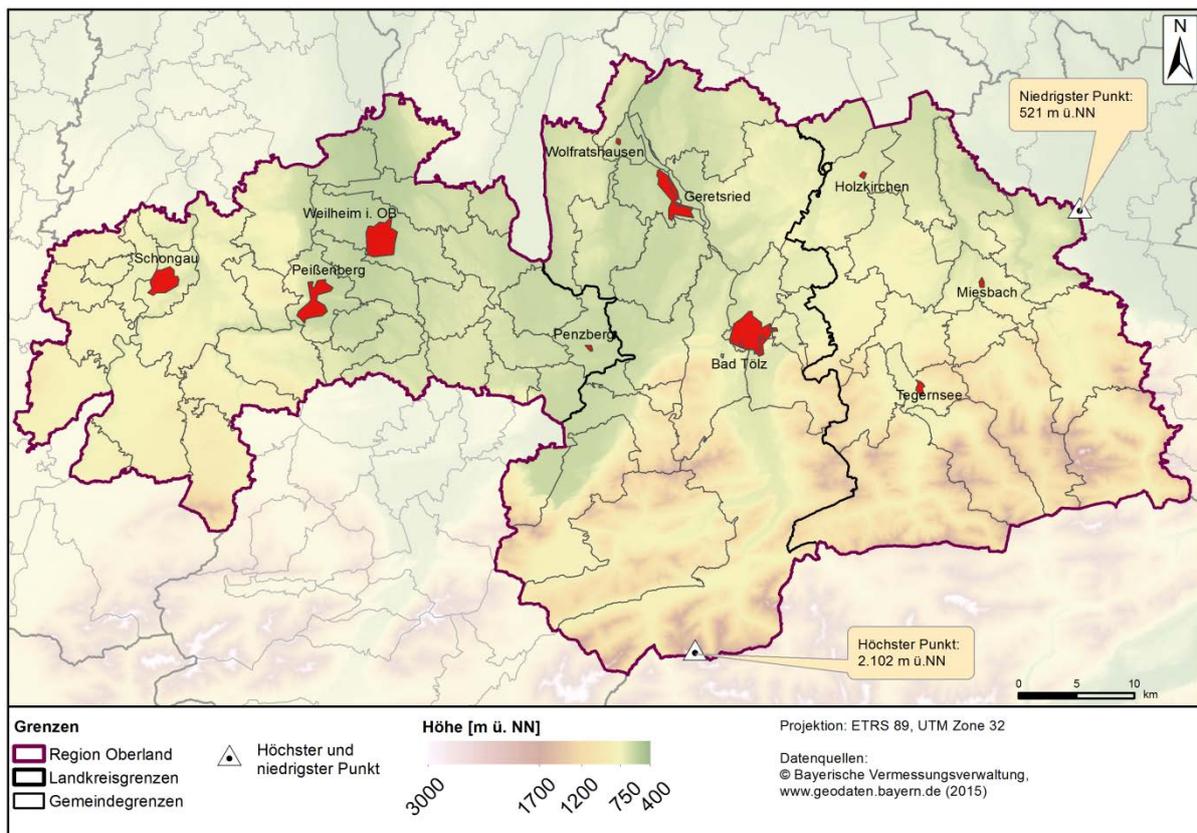


Abb. 1-1: Topographie im Untersuchungsgebiet "Energiewende Oberland" mit höchstem und niedrigstem Punkt.

1.1 Geomorphologie

Die Naturräumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes „Energiewende Oberland“ ist in Abb. 1-2 dargestellt. Die Region ist überwiegend geprägt von eiszeitlichen Formen, die aus der Vergletscherung der Alpen während der letzten beiden Kaltzeiten resultieren. Im Voralpinen Moor- und Hügelland, das den größten Flächenanteil im Untersuchungsgebiet einnimmt, liegt der Bereich der ehemaligen Eisbedeckung während der Würmkaltzeit, die etwa 70.000 bis 10.000 Jahre vor heute stattfand (AHNERT 1996). Die Landschaft ist hier vor allem durch sogenannte Zungenbecken und Moränen geprägt, die durch die unterschiedlichen Rückzugs- und Vorstoßphasen der Gletscherzungen entstanden.

den sind (SSYMANK 1994). Das Unterbayerische Hügelland und die Isar-Inn-Schotterplatten schließen im Nordosten an. Hier können Formen aus der vorletzten Kaltzeit – der Rißeiszeit, die etwa 180.000 bis 120.000 Jahre vor heute andauerte – vorgefunden werden (AHNERT 1996). Die Eisbedeckung der Rißeiszeit reichte weiter nach Norden als in der späteren Würmkaltzeit, sodass hier z.T. rißeiszeitliche Alt- und Endmoränen vorhanden sind. Während der Würmeiszeit lag das Gebiet außerhalb der Endmoränenwälle im Bereich der Schwemmkegel der Schmelzwasserflüsse. So entstand dort die heutige Form der Schotterebene (MEYNEN UND SCHMITHÜSEN 1953, SSYMANK 1994, AHNERT 1996). Die Donau-Iller-Lech-Platten, an denen das Gebiet im Nordwesten geringen Anteil hat, entstanden ebenfalls aus Ablagerungen der Schmelzwasserflüsse der Würmeiszeit bzw. im Bereich der Iller-Lech-Schotterplatten aus der Rißeiszeit (MEYNEN UND SCHMITHÜSEN 1953).

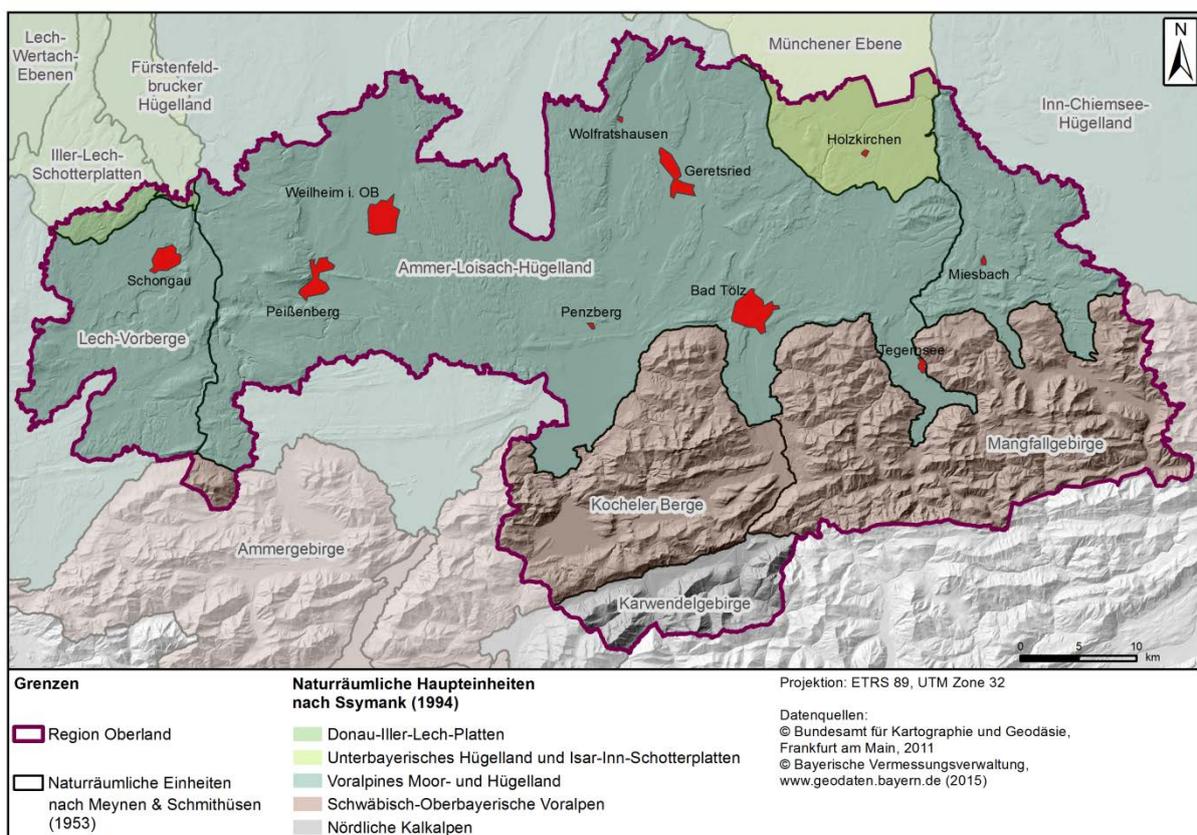


Abb. 1-2: Naturräumliche Gliederung des Untersuchungsgebiets mit 5 Haupteinheiten nach SSYMANK (1994) und 14 Einheiten nach MEYNEN UND SCHMITHÜSEN (1953).

Im Süden des Gebietes schließen die Schwäbisch-Oberbayerischen Voralpen an. Diese bestehen im Norden aus sogenannten rhenodanubischen Flyschsedimenten aus der Kreidezeit (ca. 140 bis 65 Mio. Jahre vor heute), die aus Ablagerungen des Ur-Mittelmeers Tethys stammen und durch die Auffaltung der Alpen an die Oberfläche gebracht wurden. Sie bestehen vor allem aus Ton und Sandstein und stellen den Übergangsbereich der Alpen zum Alpenvorland dar. Während der Eiszeiten wurde dieser Bereich durch das Gletschereis überprägt, sodass man dort häufig sanfte Hügelformen und gerundete Bergkuppen vorfindet. Im Süden bestehen die Schwäbisch-Oberbayerischen Voralpen aus

Kalkstein. Die Nördlichen Kalkalpen, die südlich daran anschließen, bestehen hauptsächlich aus Kalkstein und Hauptdolomit (MEYNEN UND SCHMITHÜSEN 1953, SSYMANK 1994, LFU 2015b).

1.2 Klima

Die Region „Energiewende Oberland“ liegt in der warm-gemäßigten Klimazone im Übergangsbereich zwischen dem maritim geprägten Klima Westeuropas und dem kontinentalen osteuropäischen Klima. Zusätzlich prägt die hohe Reliefenergie mit einem Nord-Süd-Gefälle das Klima der Region entscheidend. Die mittlere Lufttemperatur (1981 – 2010) liegt zwischen 2,6 und 8,8 °C und ist im Wesentlichen an die Topographie gekoppelt (Abb. 1-3). Die mittleren jährlichen Niederschlagssummen (1981 – 2010) variieren bedingt durch hohe Stauniederschläge an den Alpen (siehe Abb. 1-4) zwischen 942 mm im Nordwesten und 2780 mm im Südosten (DWD 2015a).

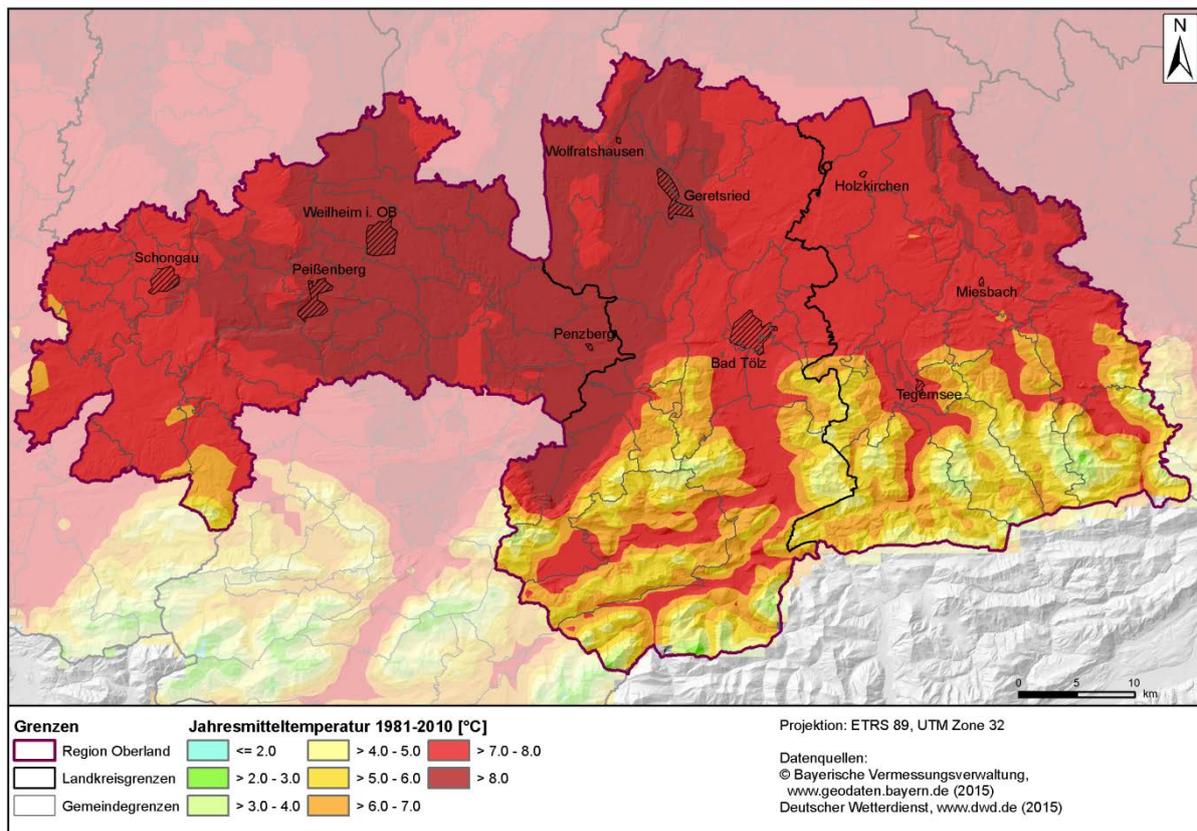


Abb. 1-3: Jahresmitteltemperatur im Gebiet Region „Energiewende Oberland“ für den Zeitraum 1981 – 2010.

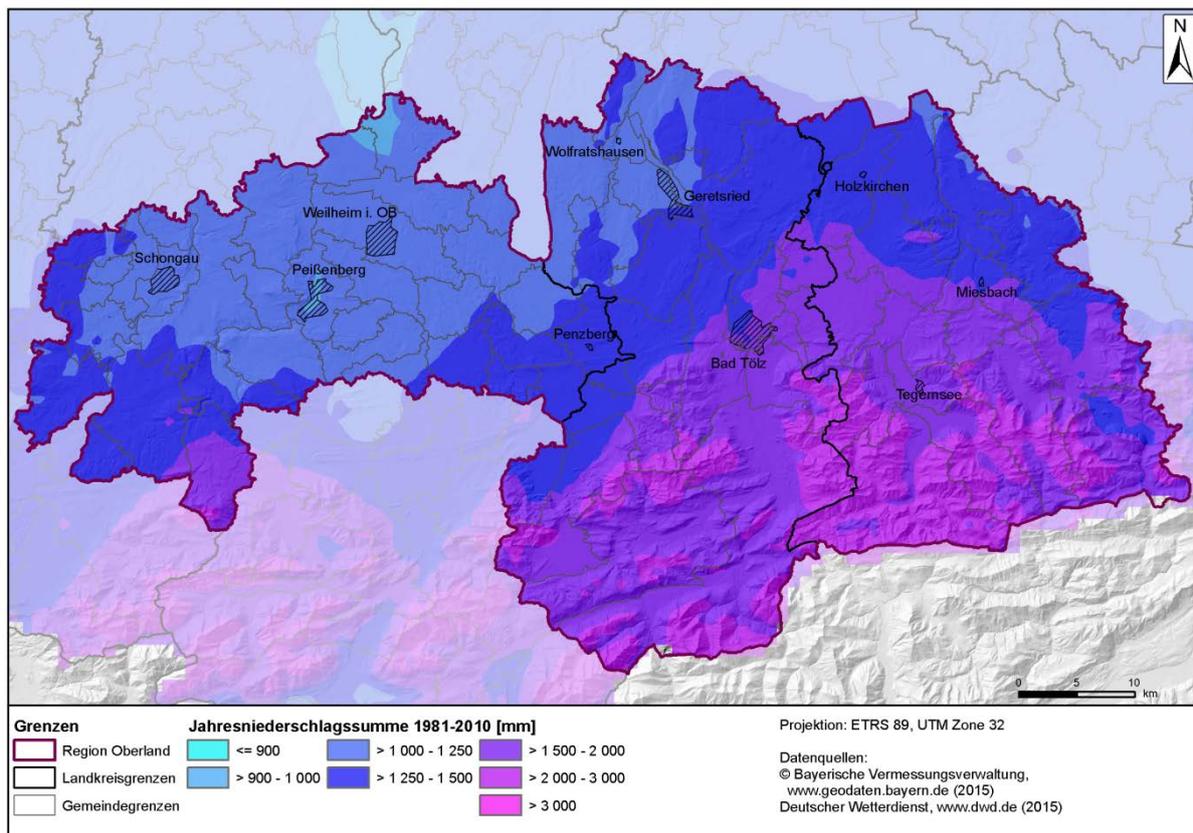


Abb. 1-4: Jahresniederschlagssumme im Gebiet Region „Energiewende Oberland“ für den Zeitraum 1981 – 2010.

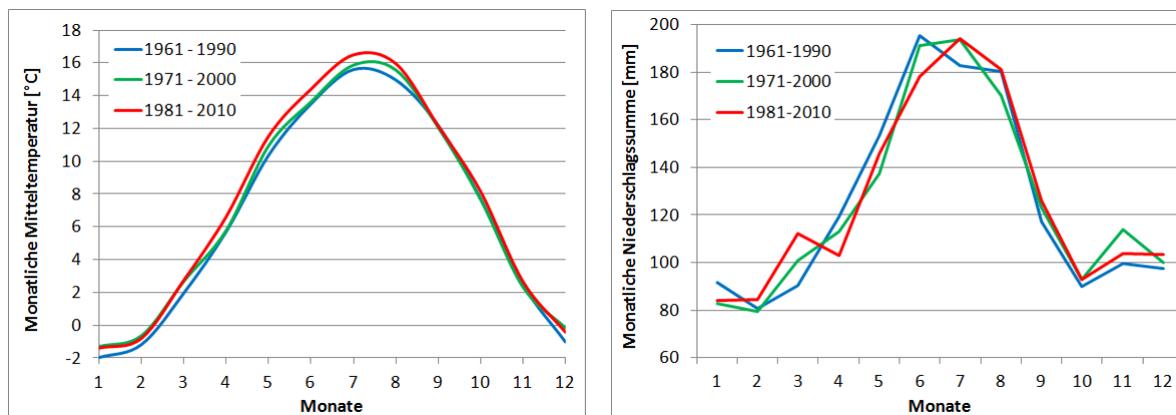


Abb. 1-5: Durchschnittlicher monatlicher Temperatur- und Niederschlagsverlauf für das Gebietsmittel der Region „Energiewende Oberland“ für die Klimanormalperioden 1961 – 1990, 1971 – 2000 und 1981 – 2010 (Datengrundlage: (DWD 2015a).

In der Region herrscht ein ausgeprägtes Vier-Jahreszeitenklima mit typischen jahreszeitlichen Verläufen für Niederschlag und Temperatur vor. Der kälteste Monat ist der Januar, wobei hier die langjährige monatliche Mitteltemperatur (1981 – 2010) zwischen 0,1 °C im Norden und -5,2 °C in den Hochlagen der Alpen variiert. Wärmster Monat ist der Juli mit Monatsdurchschnittstemperaturen zwischen 18,1 °C in den Tieflagen und 9,8 °C in den Gebirgen. Das monatliche Gebietsmittel im Juli beträgt 16,5 °C. Wie die Temperaturen weisen die Niederschläge ein winterliches Minimum mit monatlichen Niederschlagssummen von etwa 45 mm im Norden und 175 mm im Süden des Gebiets auf. Das sommerliche Maximum der Monatsniederschlagssummen schwankt zwischen 120 mm im Norden und

295 mm im Süden (DWD 2015a). Das durchschnittliche Gebietsmittel der Niederschlagssummen in den Sommermonaten liegt zwischen 180 und 200 mm. Die Jahresverläufe für das Gebietsmittel sind Abb. 1-5 zu entnehmen.

Tab. 1-1: Die klimatischen Mittel-, Minimum- und Maximumwerte der Region „Energiewende Oberland“ und Deutschlands („-“: keine Daten verfügbar; Datengrundlage: DWD (2015a)).

	Zeitspanne	Gebiet			Deutschland		
		Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
Jahresmittel-temperatur [°C]	1961-1990	6,7	1,9	8,2	8,2	-4,2	10,9
	1971-2000	7,0	2,2	8,5	8,6	-4,0	11,2
	1981-2010	7,3	2,6	8,8	8,9	-3,8	11,5
Jahresniederschlagssumme [mm]	1961-1990	1510	934	2780	788	384	3254
	1971-2000	1498	929	2734	787	380	3274
	1981-2010	1506	942	2780	819	406	3324
Wasserbilanz [mm]	1961-1990	1021	390	2362	230	-192	3112
	1971-2000	1019	376	2411	223	-201	3064
	1981-2010	1014	376	2435	247	+203	3107
Globalstrahlung [kWh/m ²]	1961-1990	-	-	-	-	-	-
	1971-2000	-	-	-	-	-	-
	1981-2010	1167	1137	1196	1055	951	1261
Eistage	1961-1990	38	23	95	26	8	212
	1971-2000	34	20	91	22	6	207
	1981-2010	35	21	92	23	6	199
Frosttage	1961-1990	126	98	194	91	37	297
	1971-2000	122	96	191	85	29	296
	1981-2010	120	93	184	85	29	288
Sommertage	1961-1990	23	0	38	27	0	53
	1971-2000	24	0	36	30	0	59
	1981-2010	30	0	41	35	0	67
Heiße Tage	1961-1990	2	0	5	4	0	12
	1971-2000	2	0	5	5	0	16
	1981-2010	4	0	7	7	0	21
Schneetage	1961-1990	105	71	217	49	6	333
	1971-2000	99	62	215	40	1	336
	1981-2010	-	-	-	-	-	-

Die Anzahl der Eis-, Frost-, Sommer- und heißen Tage weist ebenfalls ein starkes Nord-Süd-Gefälle auf. Im langjährigen Gebietsmittel steigen derzeit an 35 Tagen im Jahr die Temperaturen nicht über den Gefrierpunkt wobei die Null-Grad-Grenze insgesamt an durchschnittlich 120 Tagen im Jahr unterschritten wird. Maximumtemperaturen mit mindestens 25 °C beschenken der Region 30 sogenannte Sommertage, während Temperaturen von 30 °C durchschnittlich an 4 Tagen (Hitzetage) über-

schritten werden. Die klimatischen Bedingungen führen zu einer Schneebedeckung von 99 Tagen, die im Gebiet zwischen 62 und 215 Tagen schwankt (1971 – 2000) (DWD 2015a). Vergleicht man diese meteorologischen Kennwerte mit dem jeweiligen deutschen Mittel, so kann die Region „Energiewende Oberland“ als niederschlags- und schneereich mit kalten Wintern und warmen, aber nicht heißen Sommern charakterisiert werden. Tab. 1-1 zeigt die Gebietsmittel sowie die Minima und Maxima für die Klimanormalperioden 1961 – 1990, 1971 – 2000 und 1981 – 2010 für die Region „Energiewende Oberland“ und zum Vergleich für Deutschland (DWD 2015a).

Der Vergleich der Klimanormalperioden zeigt dabei kaum Veränderungen bei der Niederschlagssumme, während die Jahresmitteltemperatur im gesamten Gebiet ansteigt. Die jahreszeitliche Entwicklung dieser beiden Größen bestätigt diesen Trend, wobei vor allem im Sommer und Winter ein Temperaturanstieg zu verzeichnen ist. Als Folge der Milderung ist die Anzahl der Schnee-, Eis- und Frosttage rückläufig, während die Anzahl an Sommer- und heißen Tage zunimmt. Zusätzlich ist eine Verschiebung des Niederschlagsmaximums im Sommer mit höheren Niederschlägen im Juli sowie eine Erhöhung der Niederschläge im März beobachtbar (Abb. 1-5).

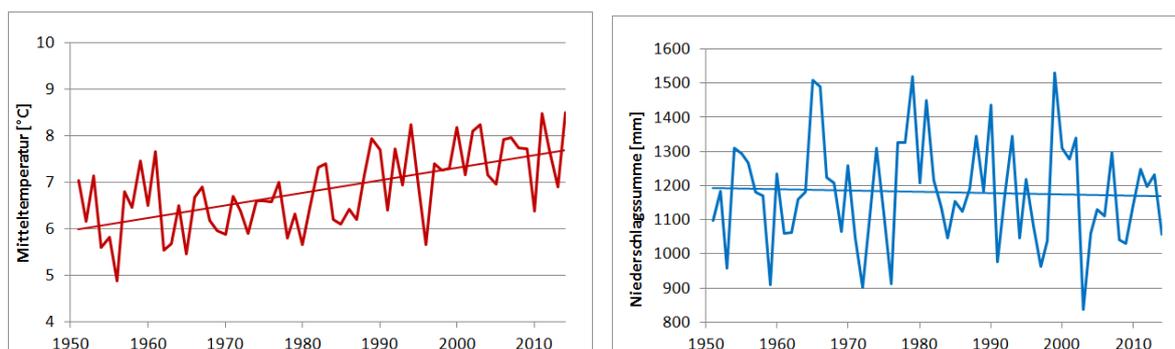


Abb. 1-6: Entwicklung der Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlagssumme der DWD Station Hohenpeißenberg (Datengrundlage: DWD (2015a)).

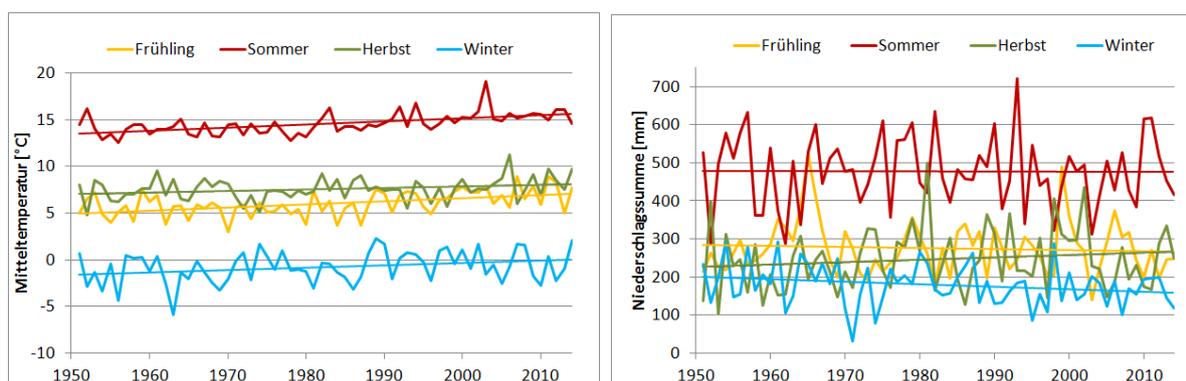


Abb. 1-7: Saisonale Entwicklung der Temperatur und der Niederschlagssumme der DWD Station Hohenpeißenberg (Datengrundlage: DWD (2015a)).

Exemplarisch für diese Trends in der Region ist in Abb. 1-6 die Entwicklung der Jahresmitteltemperatur und der Jahresniederschlagssumme (Abb. 1-7) sowie die jeweilige jahreszeitliche Dynamik für die im Untersuchungsgebiet befindliche DWD-Station Hohenpeißenberg dargestellt. Besonders im Sommer und Frühling ist ein deutlicher Temperaturanstieg seit 1951 messbar, während dieser im Winter

und Herbst etwas geringer ausfällt als der mittlere jährliche Anstieg von 0,87 K (genaue Werte siehe Tab. 1-2). Bei der Niederschlagssumme zeigen sich nur geringfügige Änderungen seit 1951. Während über das ganze Jahr hinweg sowie im Frühling, Sommer und Winter eine leichte Abnahme der Niederschlagssumme gemessen wurde, ist im Herbst ein Anstieg zu verzeichnen (genaue Werte siehe Tab. 1-3) (DWD 2015a).

Tab. 1-2: Entwicklung der Lufttemperatur [K] der Klimanormalperioden zwischen 1951 und 2010 an der DWD-Station Hohenpeißenberg (Datengrundlage: DWD (2015a)).

Zeitraum	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
1951 – 1980	5.37	13.90	7.25	-1.20	6.33
1961 – 1990	5.44	14.07	7.52	-1.04	6.50
1971 – 2000	5.86	14.45	7.30	-0.35	6.82
1981 – 2010	6.45	15.11	7.72	-0.45	7.21
Mittlere Temperaturzunahme von 1981-2010 zu 1951-1980	1.08	1.22	0.47	0.75	0.88

Tab. 1-3: Entwicklung der Niederschlagssumme [mm] der Klimanormalperioden zwischen 1951 und 2010 an der DWD-Station Hohenpeißenberg (Datengrundlage: DWD (2015a)).

Zeitraum	Frühjahr	Sommer	Herbst	Winter	Jahr
1951 – 1980	283	482	234	189	1187
1961 – 1990	289	483	250	188	1210
1971 – 2000	271	484	266	171	1192
1981 – 2010	273	471	257	173	1175
Mittlere Niederschlagsänderung von 1981-2010 zu 1951-1980	-9	-11	23	-15	-12

Abb. 1-8 zeigt die räumliche Verteilung der für die PV-Stromerzeugung relevanten Globalstrahlung. Diese weist einen Nordwest-Südostgradienten mit durchschnittlichen Jahressummen der Globalstrahlung (1981 – 2010) in der Region zwischen 1137 und 1196 kWh/m².auf. Damit liegen die Jahressummen der Globalstrahlung deutlich über dem deutschen Mittelwert von 1055 kWh/m² (siehe Tab. 1-1)

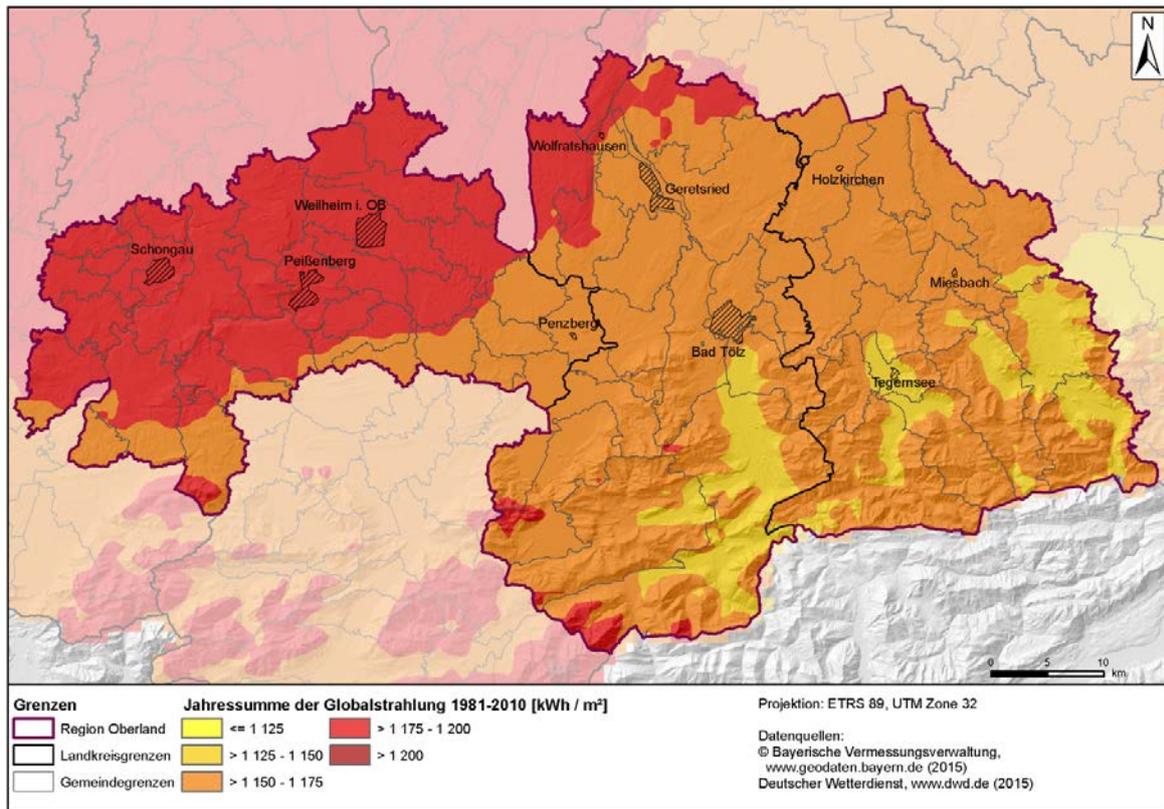


Abb. 1-8: Durchschnittliche Globalstrahlung in der Region „Energiewende Oberland“ für den Zeitraum 1981 – 2010.

Abb. 1-9 zeigt den durchschnittlichen Verlauf der monatlichen Globalstrahlungssumme für das Untersuchungsgebiet. Aufgrund des jahreszeitlich unterschiedlichen Sonnenstandes schwanken die Werte zwischen minimal 30 kWh/m² im Dezember und maximal 166 kWh/m² im Juli.

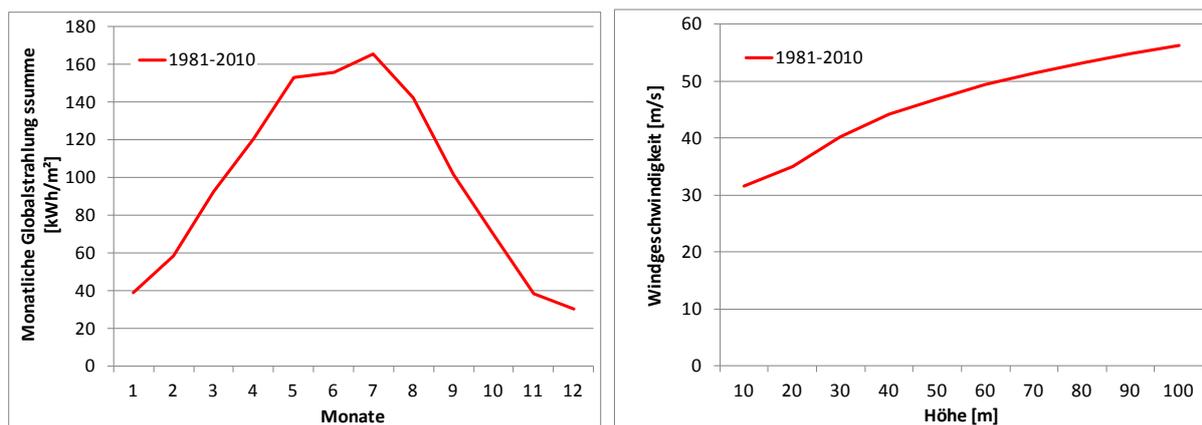


Abb. 1-9: Durchschnittlicher Verlauf der monatlichen Globalstrahlungssumme (links) und der Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen (rechts) für das Gebietsmittel der Region „Energiewende Oberland“ für die Klimanormalperiode 1981 – 2010 (Datengrundlage: (DWD 2015a).

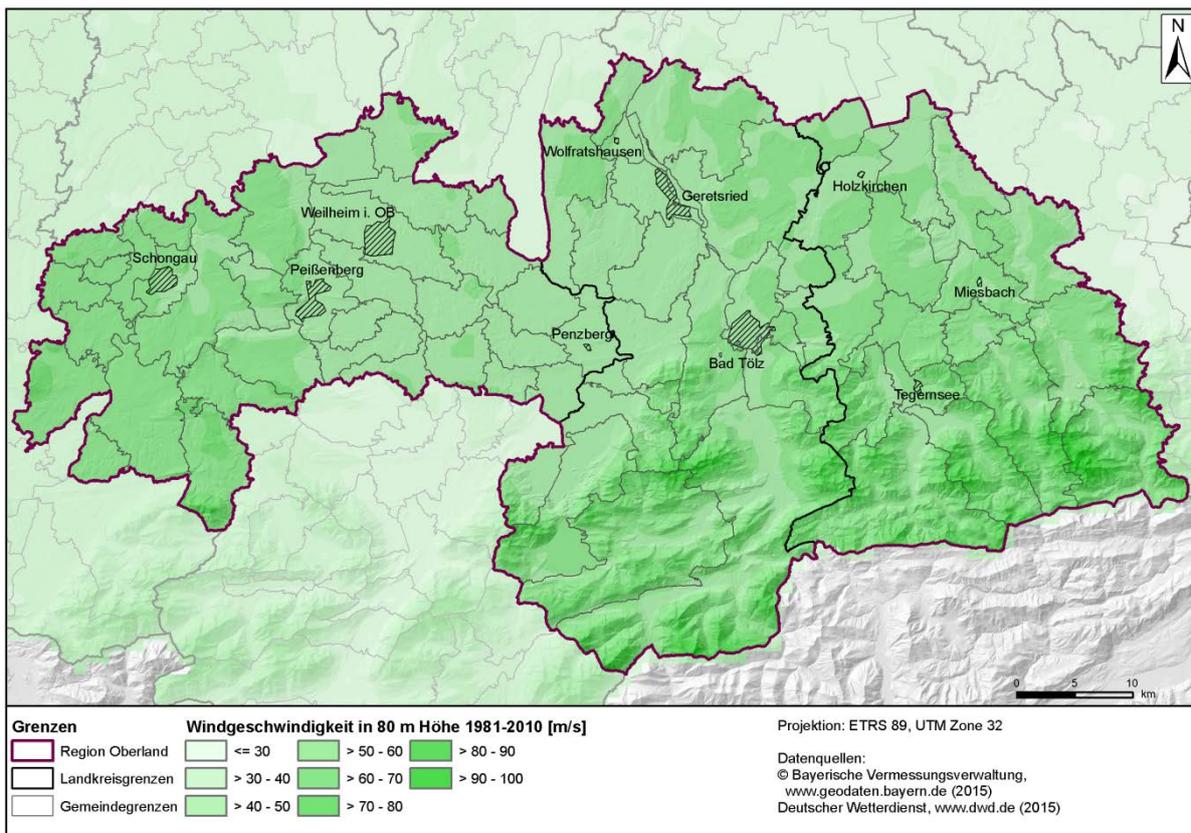
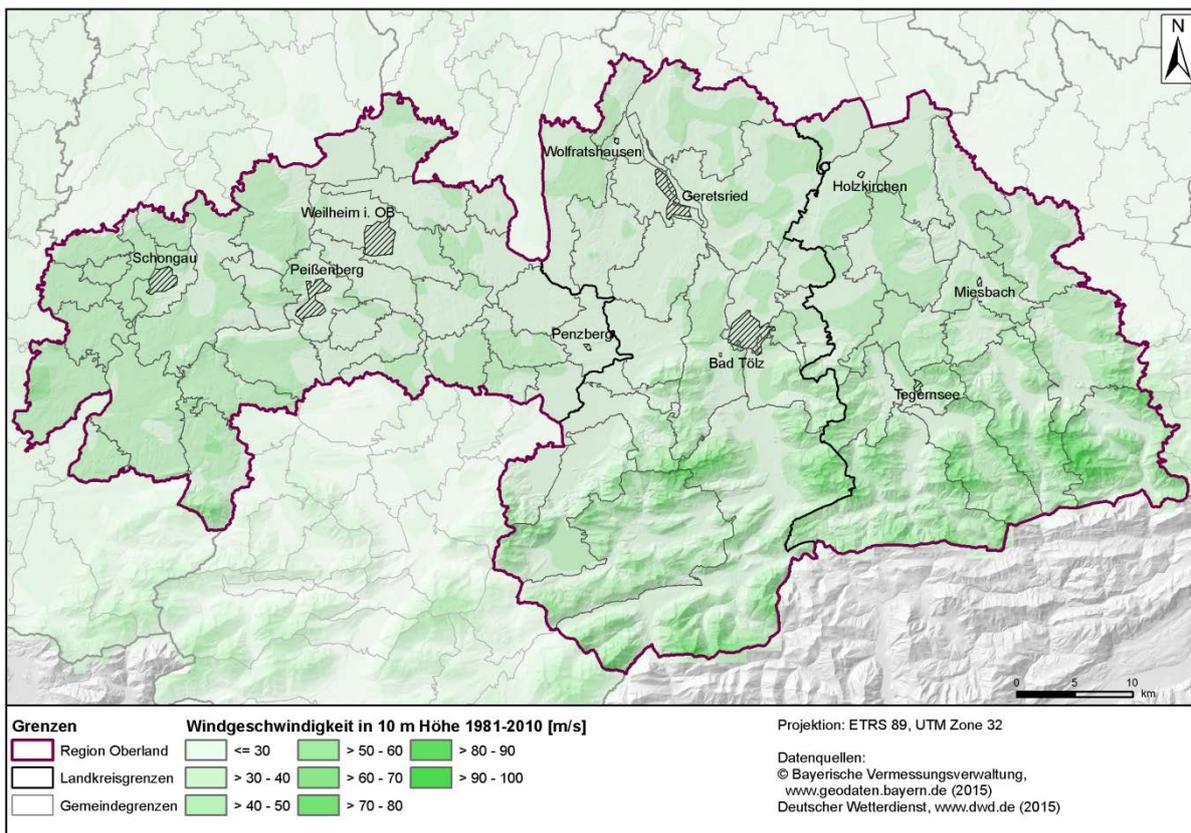


Abb. 1-10: Mittlere Windgeschwindigkeit (1980 – 2010) in 10m (oben) und 80 m (unten) Höhe in der Region „Energiewende Oberland“.

Auf Basis von Windgeschwindigkeitsmessungen wurden für den Zeitraum von 1981 – 2010 mit Hilfe statistischer Verfahren Windkarten vom DWD (DWD 2015a) bereitgestellt. Auf Abb. 1-10 ist ein Ausschnitt der Geschwindigkeit in 10 m und 80 m für die Region „Energiewende Oberland“ dargestellt, während Tab. 1-4 Minima, Maxima und Mittelwerte in verschiedenen Höhen zeigt, verdeutlicht in Abb. 1-10. Der Einfluss des Reliefs ist deutlich erkennbar, die höchsten Geschwindigkeiten werden auf den Gipfeln erreicht, während in den tieferen Lagen die geringsten Werte verzeichnet werden.

Tab. 1-4: Windgeschwindigkeit verschiedenen Höhen in der Region „Energiewende Oberland“ für den Zeitraum 1981 – 2010 (Datengrundlage: DWD (2015a)).

Gebiet		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	60 m	70 m	80 m	90 m	100 m
Region „Energiewende Oberland“	Min	20	23	28	32	34	36	38	40	41	43
	Max	76	82	87	90	93	95	97	99	101	102
	Mittel	32	35	40	44	47	49	51	53	55	56
Deutschland	Min	13	14	19	24	27	29	31	32	33	35
	Max	88	94	100	104	107	109	111	113	115	116
	Mittel	40	43	48	52	54	57	58	60	61	63

Als weitere klimatische Größe zeigt die klimatische Wasserbilanz, also die Differenz von Niederschlag und potentieller Verdunstung für die gesamte Region positive Werte und liegt zwischen 376 und 2435 mm (1981 – 2010, siehe Tab. 1-1), was deutlich über dem Mittelwert Deutschlands liegt und hauptsächlich auf die Stauniederschläge an den Alpen zurückzuführen ist (DWD 2015a). Der Vergleich der Klimanormalperioden zeigt keinen signifikanten Trend. Kapitel 1.6 zeigt die hydrologischen Gegebenheiten der Region auf, wobei auch auf die Abflussmengen eingegangen wird, die für die Nutzung der Wasserkraft relevant sind.

1.3 Hydrologie

Die Region „Energiewende Oberland“ wird von fünf Flüssen durchzogen, die alle dem rechten Zuflusssystem der Donau angehören. Von Westen nach Osten gesehen entwässern der Lech, die Ammer, die Loisach und die Isar nach Norden, während die Mangfall nach dem sog. Mangfallknie, d.h. der Kehre bei Valley in Richtung Südosten bis zu ihrer Mündung in den Inn entwässert. Daneben gehören Teile des Einzugsgebietes der Valepp, die nach Süden in Österreich als Grundache in den Inn mündet, mit zur Region. Abb. 1-11 zeigt das Gewässernetz der Region mit den Pegeln, die das Bayerische Landesamt für Umwelt an den Gewässern betreibt. Die Pegel mit ihren Kennwerten sind im Anhang A. 3 aufgeführt. Der Vollständigkeit halber sind noch die Teileinzugsgebiete des Steinbachs, des Lüßbachs und des Kaltenbachs zu nennen. In der Gemeinde Dietramszell vervollständigt ein Gebiet ohne Oberflächenabfluss die hydrologische Einteilung in Einzugsgebiete, die in Abb. 1-12 dargestellt ist. Die nicht eingefärbten Flächen sind so gering, dass sie hydrologisch vernachlässigt werden können. Die Einzugsgebietsgrenzen wurden mit dem Tool TOPAZ (GARBRECHT UND MARTZ 1999) aus

dem Digitalen Geländemodell Bayerns mit einer Auflösung von 25 m (LDBV 2015), das schrittweise auf 100 m aggregiert wurde, im Rahmen einer digitalen Analyse abgeleitet.

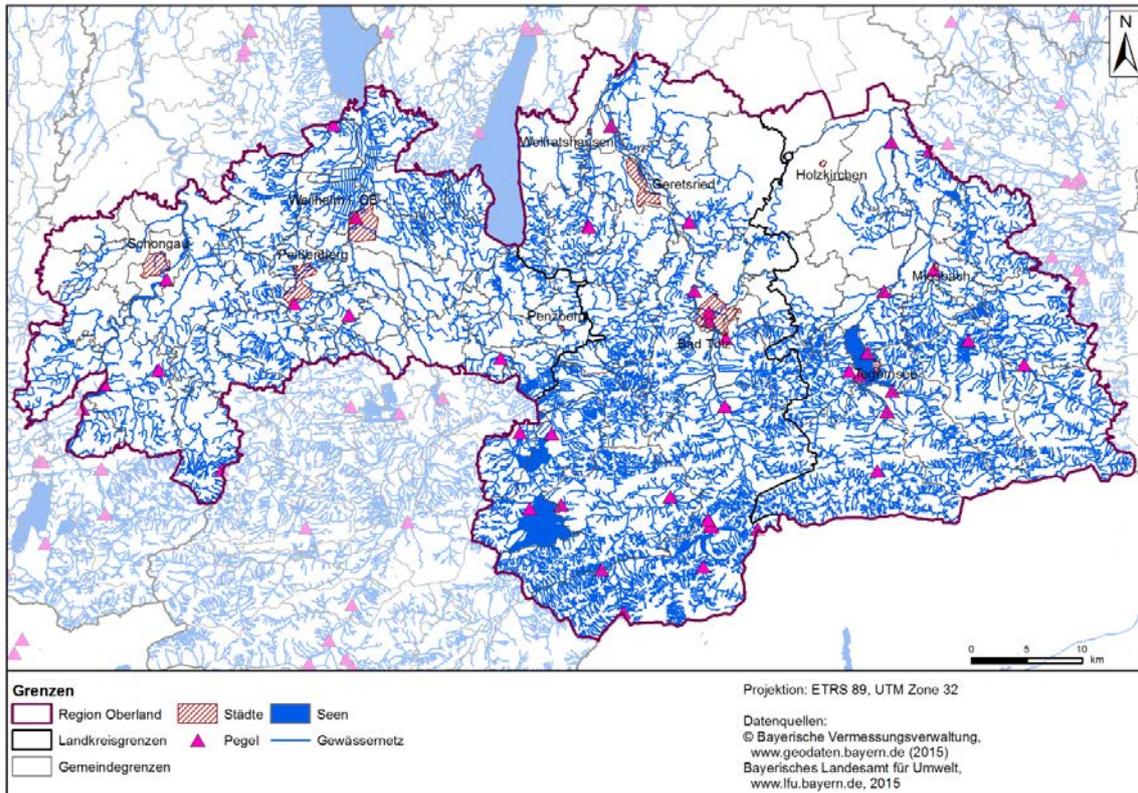


Abb. 1-11: Das Gewässernetz der Region „Energiewende Oberland“ mit den Pegeln des LfU.

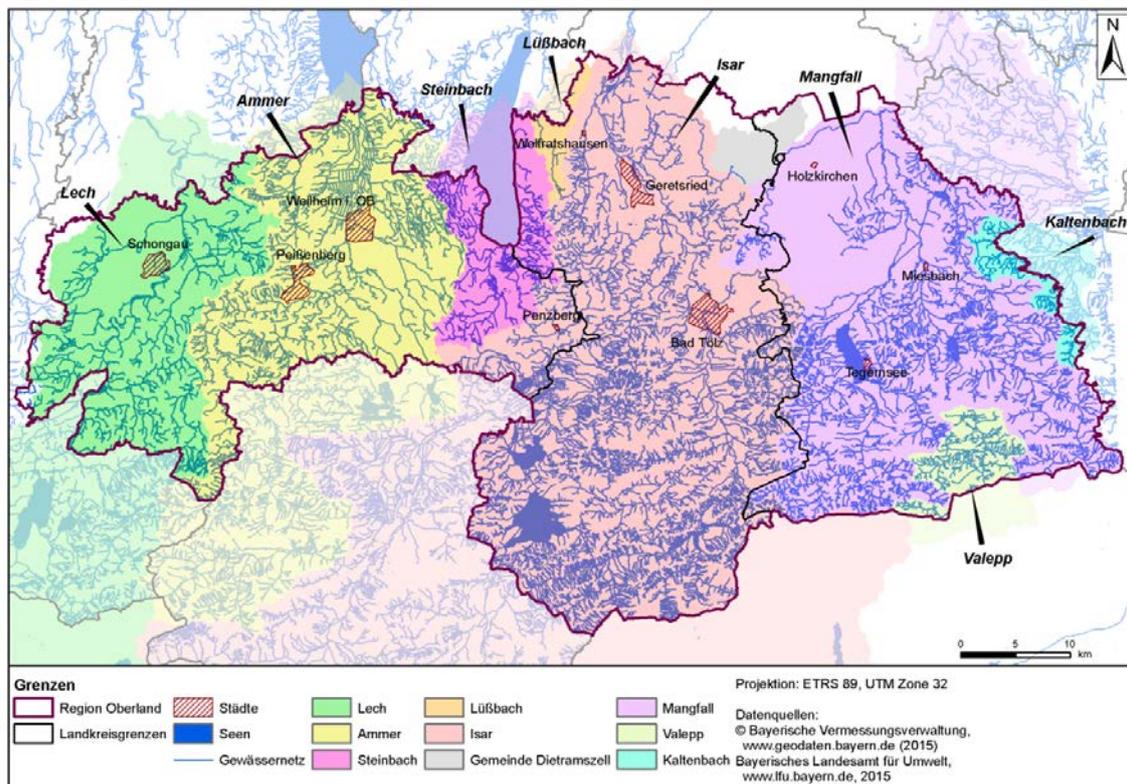


Abb. 1-12: Die Flusseinzugsgebiete der Region „Energiewende Oberland“, abgeleitet durch eine digitale Geländeanalyse mit TOPAZ (GARBRUCHT UND MARTZ 1999).

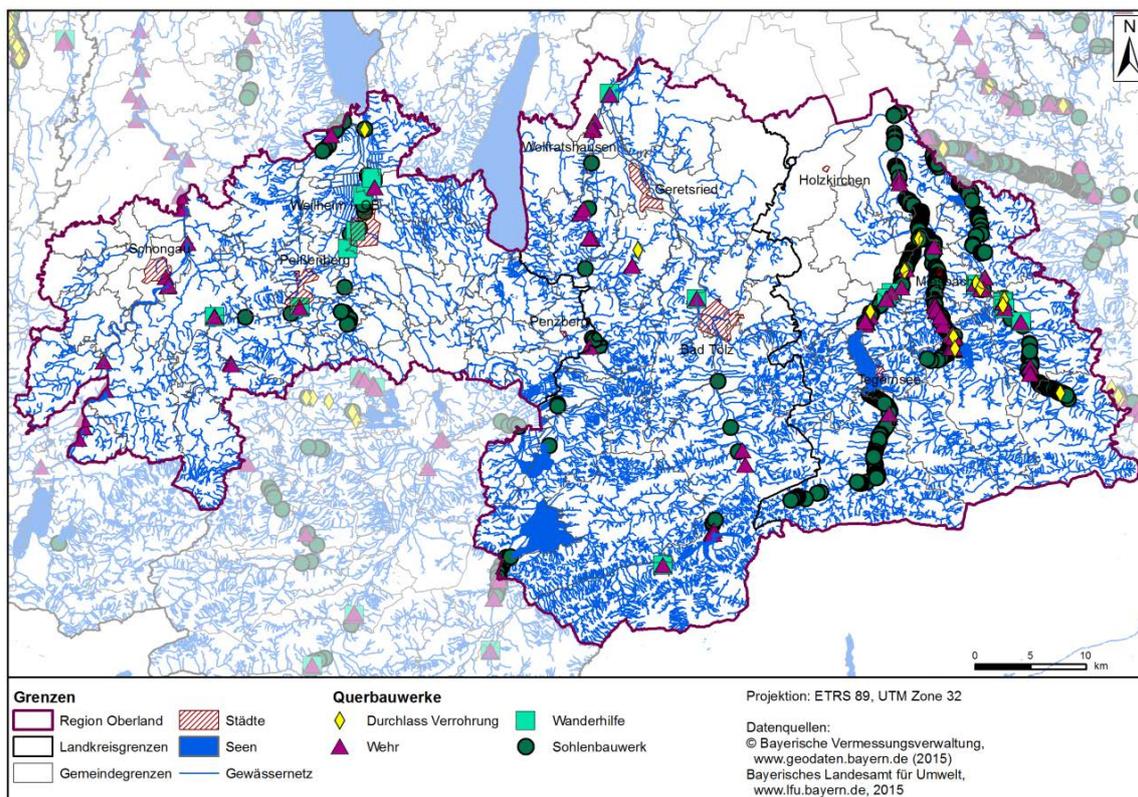


Abb. 1-13: Querbauwerke entlang der Vorranggewässer im Gewässernetz der Region „Energiewende Oberland“.

Die Querbauwerke, d.h. Wehre, Durchlass Verrohrungen, Sohlenbauwerke und Wanderhilfen, die entlang der Flüsse (von West nach Ost) Lech, Ammer, Loisach, Isar, Weißach (die in den Tegernsee mündet), Mangfall (mit ihrem Zufluss Schlierach) und Leitzach aufgeführt sind (Abb. 1-13), zeigen die Anlagen zur Verbesserung der biologischen Durchgängigkeit in Fließgewässern. Diese wurden im Rahmen der EU-Wasserrahmenrichtlinie an den sogenannten Vorranggewässern erfasst (LFU 2015a).

Die Abflusskurve weist in der Region „Energiewende Oberland“ im Allgemeinen ein nivo-pluviales Regime auf, d.h. prägend für den Verlauf der Abflüsse sind die Schneeschmelze im Frühling und die Regenfälle, die ihr Maximum im Sommer erreichen (siehe Abb. 1-5). Das zeitliche Auftreten der Maxima selbst ist abhängig vom Ursprungsgebiet der Flüsse. So setzt die Schneeschmelze in den Alpen später ein und bedingt in den Flüssen, die dort ihren Ursprung haben, wie z.B. der Lech, die Loisach oder die Isar ein späteres Maximum im Frühling während es bei Gewässern mit dem Ursprung außerhalb der Alpen früher eintrifft. Die Überlagerung mit dem Niederschlagsmaximum im Sommer führt wie für die Pegel Weilheim und Bad Tölz zu sehen zu flachen, lange andauernden Maxima in der Abflusskurve. Zu berücksichtigen ist allerdings gerade bei der Isar der Einfluss der Steuerung durch den Sylvensteinstausee. Abb. 1-14 zeigt durchschnittliche Abflussregime an verschiedenen Pegeln der Untersuchungsregion. Daneben sind verschiedene Zeitreihen im Vergleich dargestellt, wobei sich nur geringe Änderungen bisher zeigen. So setzt der Anstieg zum Maximum um Frühling eher ein, was auf eine frühere Schneeschmelze zurückzuführen ist.

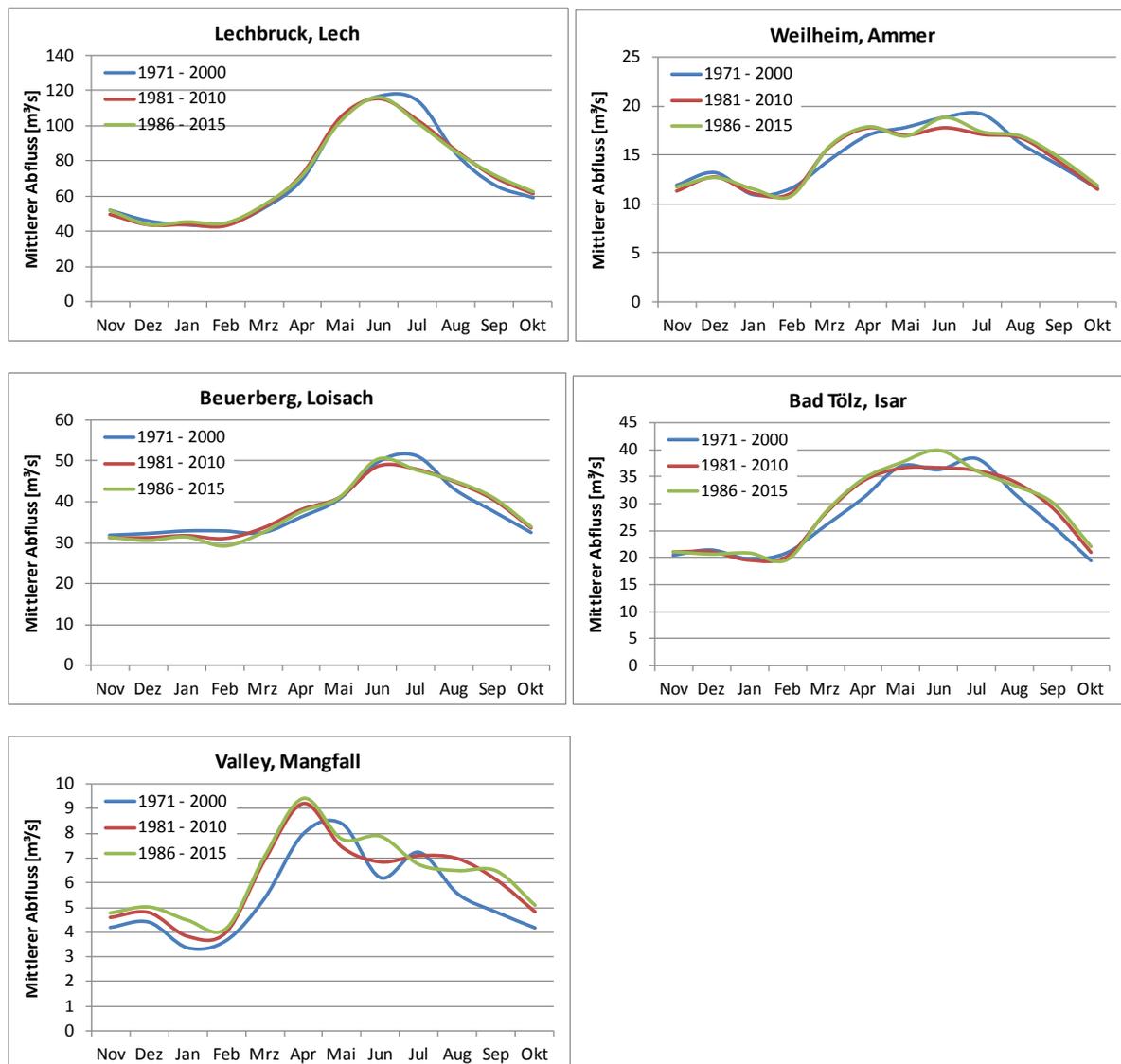


Abb. 1-14: Abflussregime verschiedener Flüsse im Untersuchungsgebiet für die Zeiträume 1971 – 2000, 1981 – 2010, 1986 – 2015. Datengrundlage: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2015b).

1.4 Böden

Eine Vielzahl an Steuerungsfaktoren hat die Bodenbildung in der Region „Energiewende Oberland“ seit der letzten Eiszeit vor rund 10.000 Jahren entscheidend geprägt. Dazu zählen insbesondere das Relief, das Bodenausgangsgestein und das Klima, aber auch der Faktor Mensch. Die räumliche Ausprägung dieses Faktorenbündels ist in der Region in höchstem Maße inhomogen. In Folge dessen ist auch die räumliche Variabilität an charakteristischen Horizontabfolgen (Bodentypen) und Korngrößenzusammensetzungen (Bodenarten) in der Region relativ hoch, wobei sich ähnliche Bodencharakteristika jeweils in den südlichen Gebirgsregionen (Mangfallgebirge, Karwendelgebirge und Kocheler Berge), in den Ausläufern der Münchener Schotterebene sowie im Bereich der voralpenländischen Moränenlandschaften finden lassen. Eine Übersicht über die räumliche Ausprägung der Bodenarten in der Untersuchungsregion ist dazu in Abb. 1-15 dargestellt.

Dominante Bodentypen in den Gebirgsregionen des Untersuchungsgebietes – also in den südlichen Gebieten der Landkreise Miesbach und Bad Tölz-Wolfratshausen – sind insbesondere geringmächtige Rendzinen mit hohem Skelettanteil (LFU 2015b). An die meist mit viel organischem Material angereicherten Oberböden schließt sich oftmals direkt das wenig verwitterte Ausgangsgestein (Kalkstein) an (HORN et al. 2010). Die Wasserspeicherkapazität dieser Böden ist entsprechend als gering einzustufen. Vereinzelt treten in diesem Landschaftsteil auch felsbedeckte Flächen oder kaum entwickelte Rohböden auf. Aufgrund der beschriebenen Bodencharakteristika ist eine ackerbauliche Nutzung in dieser Region deshalb entweder nicht praktikabel oder nur eingeschränkt möglich.

In den flachen Gebieten im Bereich der Münchner Schotterebene im nordöstlichen Teil der Untersuchungsregion (zwischen Miesbach und Holzkirchen) überwiegen dagegen vor allem Braunerden und Parabraunerden aus verwittertem Schotter (LFU 2015b). Das dort vorzufindende Bodenartenspektrum liegt häufig im Bereich von sandigen bis schluffigen Kiesen („Lehm-Schotter“), wobei die Bodenmächtigkeiten von flach- bis tiefgründig variieren. Entsprechend variabel sind auch die Möglichkeiten für eine landwirtschaftliche Nutzung der Böden in diesem Landschaftsteil der Region.

Die voralpenländischen Moränenlandschaften, die sich über große Teile der Region „Energiewende Oberland“ erstrecken, sind dagegen reliefbedingt insbesondere durch kleinräumige Bodenvariationen gekennzeichnet. Entlang der Flussläufe finden sich häufig grundwasserbeeinflusste Gley-Böden, in muldenartigen Geländeformen treten vermehrt stauwasserbeeinflusste Pseudogley-Böden auf und entlang der Moränenrücken dominieren meist Braun- und Parabraunerden (LFU 2015b). In diesem Landschaftsteil ist das komplette Bodenartenspektrum von sandigen bis tonigen Böden vertreten, allerdings dominieren eindeutig lehmige Bodenarten in der Untersuchungsregion. Je nach Nährstoffgehalt und Tiefgründigkeit sind diese Böden mehr oder weniger gut für ackerbauliche Zwecke nutzbar.

Eine Besonderheit in der Region stellt der hohe Anteil an Nieder- und Hochmoorgebieten dar, wie beispielsweise den Loisach-Kochelsee-Mooren, die sich zwischen Penzberg und dem Kochelsee erstrecken (URBAN UND MAYER 2008). Insgesamt beträgt der Anteil an Hochmoor- und Niedermoorböden im Untersuchungsgebiet 7 %. Diese Flächen sind neben ihrer Funktion als Kohlenstoffsinken auch von großer Bedeutung für den Landschaftswasserhaushalt (Rückhaltefunktion) und bieten wertvollen Lebensraum für spezialisierte Fauna und Flora.

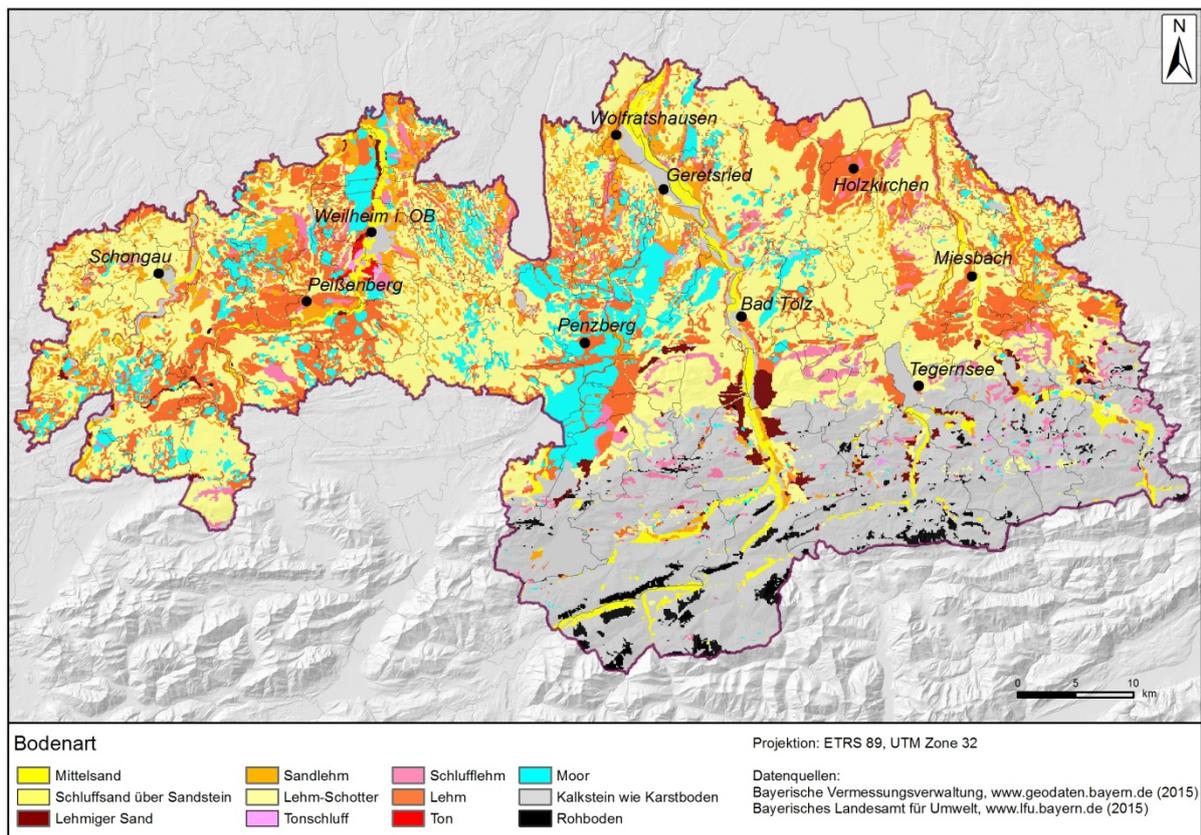


Abb. 1-15: Karte der Bodenarten für die Region „Energiewende Oberland“.

Die Datengrundlage der vorliegenden bodenkundlichen Analyse ist die digitale Übersichtsbodenkarte von Bayern im Maßstab 1:25.000 (ÜBK25), die neben expliziten Informationen zu den vorherrschenden Bodentypen ebenfalls Informationen zu den Bodenarten enthält (LFU 2015b). Die einzelnen Beschreibungen zu den Bodenarten wurden zur weiteren Verwendung, wie von MUERTH (2008) für diese Region vorgeschlagen, zu 12 regionscharakteristischen Bodenartenklassen zusammengefasst. Eine Übersicht dieser Bodenartenkategorien sowie deren flächenmäßige Anteile im Untersuchungsgebiet sind in Abb. 1-16 dargestellt. Den flächenmäßig größten Anteil nehmen die Bodenartenkategorien „Lehm-Schotter“ (37 %) und „Kalkstein wie Karstboden“ (25 %) ein. Ebenso charakteristische Bodenartenkategorien sind „Lehm“ (15 %), „Moore“ (7 %), „Sandlehm“ (6 %) sowie „Schlufflehm“ (4 %). Die übrigen Bodenartenkategorien haben dagegen nur geringe Flächenanteile ($\leq 3\%$) im Untersuchungsgebiet, wobei diese z.B. für die lokale Abflussbildung durchaus von relevanter Bedeutung sein können. Vor diesem Hintergrund werden alle Bodenartenkategorien explizit im räumlich verteilten Landoberflächenmodell Landnutzungs- und Energiemodell (LEM), das auf PROMET (MAUSER UND BACH 2009) basiert, berücksichtigt.

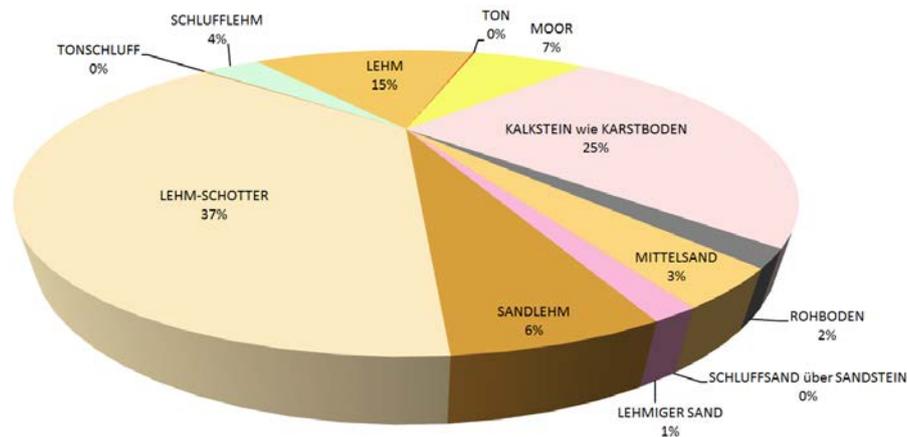


Abb. 1-16: Flächenanteile der Bodenarten im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“.

1.5 Landnutzung

Die räumliche Verteilung der Landnutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“ sowie die jeweiligen Flächenanteile sind in Abb. 1-17 und HOFER (2015) dargestellt. Die Daten sind das Ergebnis einer Landnutzungsklassifikation, die anhand zweier Satellitenbilder vom 07.04.2014 und 10.06.2014 erstellt wurde. Dabei wurden die einzelnen Landnutzungs- bzw. Landbedeckungsklassen mithilfe computergestützter Algorithmen voneinander getrennt. Diese basieren darauf, dass die von der Sonne ankommende Strahlung von verschiedenartigen Oberflächen unterschiedlich stark reflektiert wird. Jedem Pixel eines Satellitenbildes wird daher diejenige Klasse zugeordnet, die die ähnlichsten Rückstreuungseigenschaften aufweist. Diese teilautomatisierte Methode ist nicht mit einer Kartierung im Feld zu vergleichen und daher kann es dort auch gewisse Abweichungen von der Realität geben. Die Ergebnisse der Klassifikation konnten jedoch bei der Validierung eine Genauigkeit von knapp 95% erreichen und stellen daher eine realistische Abbildung der räumlichen Verteilung der Landbedeckung im Untersuchungsgebiet dar.

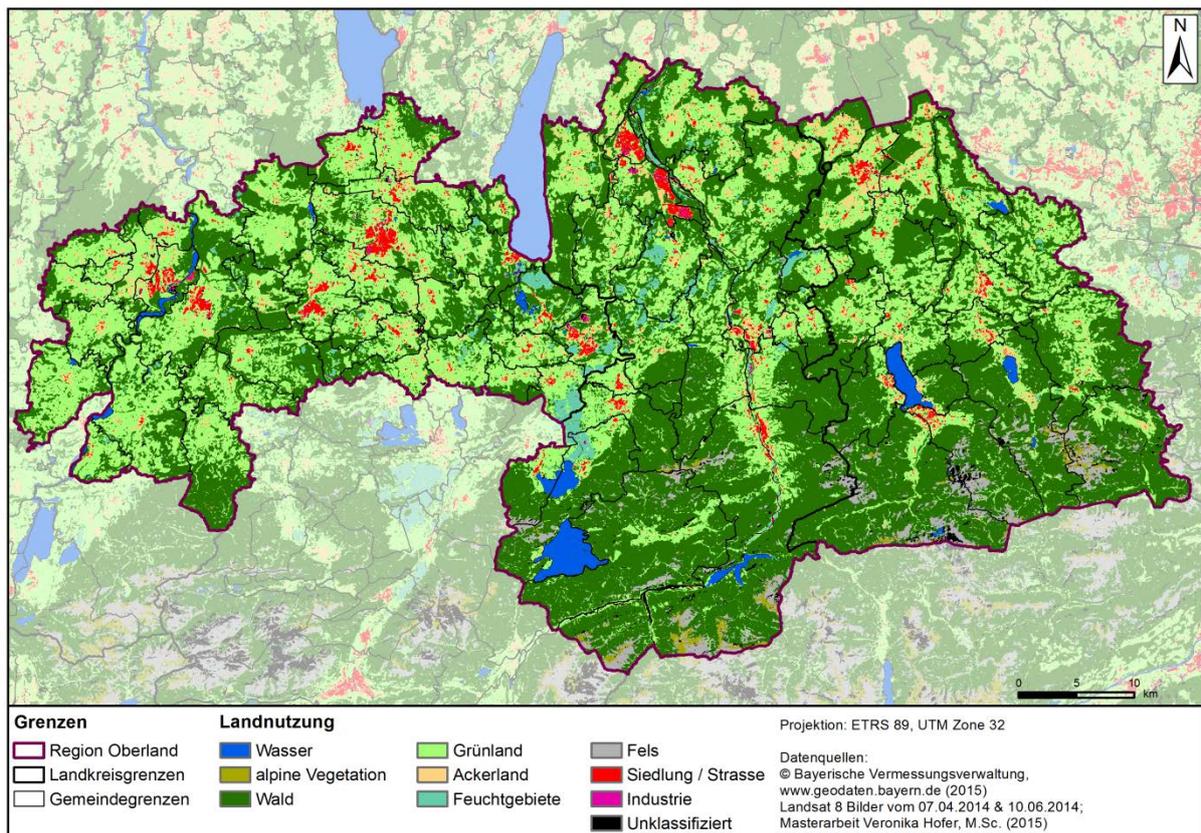


Abb. 1-17: Klassifizierte räumliche Verteilung der Landnutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“.

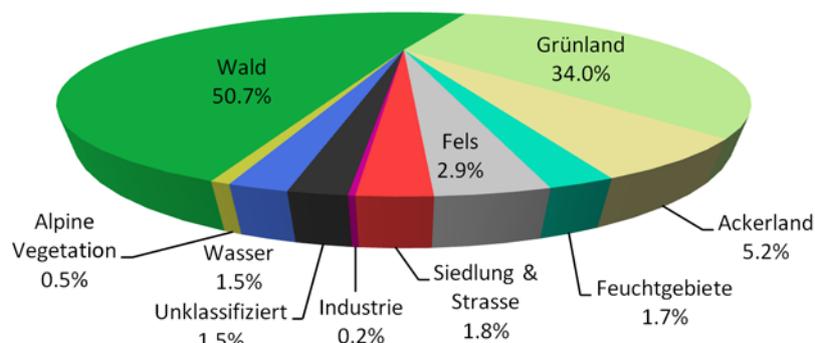


Abb. 1-18: Flächenanteile der Landnutzung im Untersuchungsgebiet "Energiewende Oberland" (HOFFER 2015).

Den größten Anteil nehmen die Waldflächen mit 50,7 % der Fläche ein, gefolgt von 39,2 % landwirtschaftlich genutzter Fläche (Grünland: 34 % und Ackerland: 5,2 %). Etwa 2 % der Untersuchungsregion sind durch Siedlung, Industrie sowie Verkehrsflächen versiegelt. 1,7 % der Fläche entfallen auf Feuchtgebiete, 1,5 % auf Wasserflächen. Fels und Alpine Vegetation nehmen 2,9 % bzw. 0,5 % der Gebietsfläche ein. Die übrigen 1,5 % konnten nicht eindeutig einer Klasse zugeordnet werden.

Wie bereits erwähnt, kann dieses Klassifikationsergebnis nicht mit einer Kartierung gleichgesetzt werden. Beim Vergleich mit der Flächenerhebung der tatsächlichen Nutzung des Statistischen Bun-

desamts (siehe Tab. 1-5) fällt auf, dass insbesondere die Wasser- und Waldflächen sowie die mit Siedlung, Industrie oder Verkehrsfläche bedeckten Flächen leicht über- bzw. unterschätzt wurden. Die übrigen Klassen (sofern in der Statistik vorhanden) wurden jedoch sehr gut getroffen. Generell können die Größenordnungen der klassifizierten Flächenanteile durch die Statistikwerte bestätigt werden.

Tab. 1-5: Landnutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“: Vergleich des Klassifikationsergebnisses mit einigen Klassen der Flächenerhebung der Tatsächlichen Nutzung (BAYLFSTAD 2015, HOFER 2015).

Klasse	Klassifikation (Anteile in %)	Tatsächliche Nutzung (Anteile in %)
Wasser	1,5	3,3
Alpine Vegetation	0,52	-
Wald	50,7	44,5
Grünland & Ackerland	39,2	39,5
Feuchtgebiete	1,7	2,4
Fels/ Unland	2,9	3,0
Siedlung & Verkehrsfläche; Industrie	2,0	6,5
Unklassifiziert	1,5	-
Sonstige Nutzung	-	0,8
Gesamt	100,00	100,00

Tab. 1-6 zeigt die Landnutzungsverteilung im Untersuchungsgebiet aus der Klassifikation für die drei Landkreise. Dabei fällt auf, dass im Landkreis Weilheim-Schongau die Waldflächen lediglich einen Anteil von 37,6 % einnehmen, während in den Landkreisen Miesbach und Bad Tölz-Wolfratshausen 58,1 % bzw. 56,3 % der Fläche von Wald bedeckt sind. Der Anteil von Grünland zeigt hingegen eine gegensätzliche Verteilung: In Miesbach und Bad Tölz-Wolfratshausen sind 26,1 % bzw. 26,9 % Grünland, Weilheim-Schongau hingegen weist einen Grünlandanteil von 49,3 % auf. Die Anteile von Ackerland bewegen sich insgesamt zwischen 4,2 % und 6,2 %. Der Anteil der versiegelten Fläche (Siedlung, Straße, Industrie) variiert zwischen 1,4 % im Landkreis Miesbach und 2,9 % im Landkreis Weilheim-Schongau. Die Klassen Fels und Alpine Vegetation sind hauptsächlich in den gebirgigeren Landkreisen Miesbach und Bad Tölz-Wolfratshausen vertreten, im Landkreis Weilheim-Schongau ist deren Anteil zu vernachlässigen.

Der Anteil der nicht klassifizierten Pixel (meist aufgrund von Wolkenbedeckung und Wolkenschatten) bewegt sich zwischen 1,0 % im Landkreis Weilheim-Schongau und 1,8 % im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen.

Tab. 1-6: Klassifizierte Landnutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“.

Klasse	Miesbach	Bad Tölz – Wolfratshausen	Weilheim – Schongau
	(Anteile in %)	(Anteile in %)	(Anteile in %)
Wasser	1,4	2,3	0,8
Alpine Vegetation	0,7	0,8	< 0,1
Wald	58,1	56,3	37,6
Grünland	26,1	26,9	49,3
Ackerland	5,2	4,2	6,2
Feuchtgebiete	0,2	2,6	2,2
Fels	5,3	3,4	< 0,1
Siedlung & Straße	1,3	1,5	2,6
Industrie	0,1	0,2	0,2
Unklassifiziert	1,6	1,8	1,0
Gesamt	100,0	100,0	100,0

In Abb. 1-19 ist die Aufteilung der landwirtschaftlich genutzten Flächen (Grünland und Ackerland) im Untersuchungsgebiet dargestellt, wie sie aus der Landwirtschaftszählung 2010 des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung hervorgeht (BAYLFSTAD 2015). Die dominanten Kulturarten sind vor allem unterschiedliche Arten von Dauergrünland (mit einem Flächenanteil von ca. 92 %) sowie Pflanzen zur Grünernte (vor allem Silomais/ Grünmais und Leguminosen; 4,5 %) und Getreide (hauptsächlich Weizen und Gerste; 2,5 %). Andere Anbaukulturen nehmen insgesamt lediglich einen Flächenanteil von 1 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ein (BAYLFSTAD 2015).

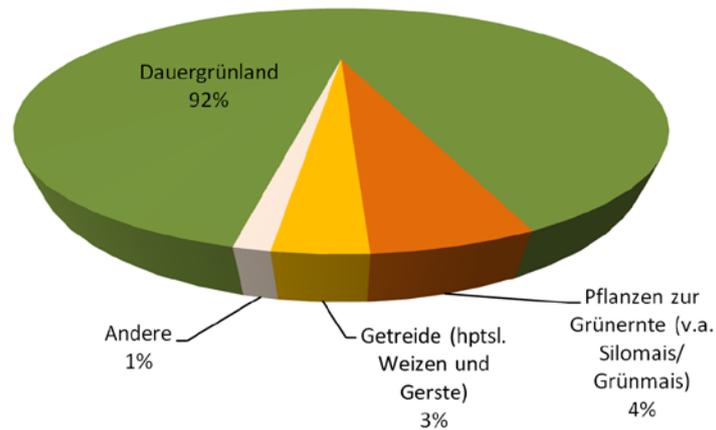


Abb. 1-19 Nutzung der landwirtschaftlichen Flächen im Untersuchungsgebiet "Energiewende Oberland" (BAYLFSTAD 2015).

Die Landnutzungsklassifikation wurde auch für die landwirtschaftlichen Nutzflächen durchgeführt, um einen Eindruck über deren räumliche Verteilung zu erhalten. Dafür wurden anhand eines vom Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Holzkirchen zur Verfügung gestellten Datensatzes die sechs häufigsten Anbaukulturen ausgewählt und klassifiziert. Die Ergebnisse hierzu sind in Abb. 1-20 dargestellt.

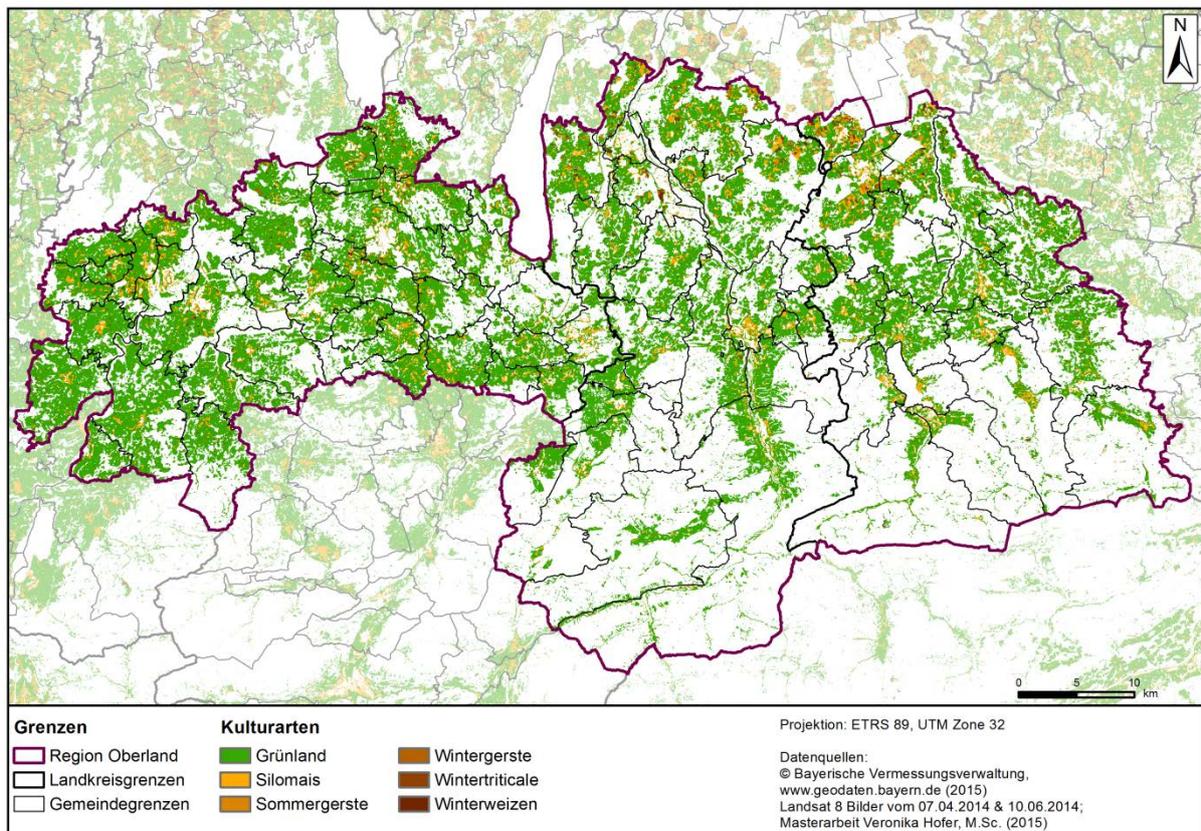


Abb. 1-20: Klassifizierte räumliche Verteilung der landwirtschaftlichen Nutzung im Untersuchungsgebiet „Energiewende Oberland“.

2 Analyse der Landnutzungsdynamik

Veränderungen politischer und rechtlicher Rahmenbedingungen, globale, nationale und regionale Wirtschaftsentwicklungen aber auch sich wandelnde Ansprüche von Bürgern an das Landschaftsbild haben die Landnutzungsdynamik der Region „Energiewende Oberland“ in den letzten Jahrzehnten entscheidend geprägt. Dieses Kapitel greift dazu die spezifischen Teilbereiche von Landnutzungsveränderungen auf – wie z.B. Aufforstung oder Siedlungsentwicklung – und beschreibt die entsprechenden zeitlichen Dynamiken der letzten Jahrzehnte. Auch auf Entwicklungen beim ökologischen Landbau soll im Rahmen dieses Kapitels eingegangen werden. Die vorliegende Analyse der Landnutzung und der Landnutzungsdynamik beruht dabei auf den vom Bayerischen Landesamts für Statistik und Datenverarbeitung (BAYLFSTAD 2015) zur Verfügung gestellten Agrar- und Bodennutzungsstatistiken (siehe Tab. 2-1).

Tab. 2-1: Zur Verfügung stehende statistische Erhebungen zur Analyse von Landnutzungsveränderungen.

	Zeitraum	Ebene
Flächenerhebung	1980-2013	Gemeinden
Allgemeine Agrarstrukturerhebung (ASE)	1999-2007	Gemeinden/Landkreis
Allgemeine Landwirtschaftszählung (LZ)	2010	Landkreis

Langfristige Entwicklungen im Hinblick auf die Bodennutzung in der Region werden dazu auf Basis der Flächenerhebungen nach Art der tatsächlichen Nutzung dargestellt. Diese vierjährlich innerhalb der letzten drei Dekaden (1980-2013) durchgeführte Erhebung basiert auf einer Auswertung der Liegenschaftskataster der Länder und gliedert die Bodenflächen nach Nutzungsarten, wobei keine Diversifizierung innerhalb landwirtschaftlich genutzter Flächen vorgenommen wird (BAYLFSTAD 2015). Aktuellster Datenstand der Flächenerhebung ist der 31. Dezember 2013.

Zur Analyse kulturartenspezifischer Veränderungen innerhalb der Region wird die Allgemeine Agrarstrukturerhebung (ASE) nach Art der Bodennutzung herangezogen. Die ASE wird seit 1999 durchgeführt und berücksichtigt landwirtschaftliche Betriebe ab einer landwirtschaftlich genutzten Fläche von 2 ha oder forstwirtschaftliche Betriebe mit mindestens 10 ha Waldfläche. Spezialkulturen werden bereits bei geringeren Anbauflächen (z.B. 30 Ar Rebfläche) berücksichtigt. Der verfügbare Zeitraum von Daten mit einer detaillierten kulturartenspezifischen Erfassung (45 Kulturarten) auf Gemeindeebene umfasst die Jahre 1999, 2003 und 2007. Eine aggregierte Form der ASE mit Differenzierung sieben verschiedener landwirtschaftlicher Bodennutzungsformen (z.B. Ackerland, Gartenland oder Dauergrünland) steht zusätzlich für die Jahre 2001 und 2005 zur Verfügung (BAYLFSTAD 2015). Die ASE 2010 ist in die Landwirtschaftszählung (LZ) desselben Jahres integriert und stellt Informationen auf Kreisebene zu Verfügung. Aufgrund der Anhebung der unteren Erfassungsgrenzen, inhaltlich oder methodisch neu abgegrenzten oder erstmals neu erhobenen Merkmalen ist die LZ 2010 in eini-

gen Bereich nicht mit den vorangegangenen ASE-Erhebungen vergleichbar (STATISTISCHES BUNDESAMT 2012). Eine langfristige Analyse expliziter Veränderungen bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung ist auf Basis der ASE und LZ entsprechend der insgesamt geringen zeitlichen Abdeckung dieser Erhebungen nur bedingt möglich. Zusätzlich zu berücksichtigen ist, dass sowohl für die ASE als auch für die „Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung“ Datenlücken für einzelne Gemeinden innerhalb des Untersuchungsgebietes existieren.

Inhalt der folgenden Abschnitte ist die Auswertung der zuvor beschriebenen Erhebungsdaten für die Untersuchungsregion „Energiewende Oberland“.

2.1 Landwirtschaftliche Veränderungen

In der Untersuchungsregion „Energiewende Oberland“ kann für die letzten drei Jahrzehnte ein kontinuierlicher Rückgang der landwirtschaftlich genutzten Flächen festgestellt werden. Während um das Jahr 1980 noch 42,4 % der Flächen in der Region entweder als Grünland oder ackerbaulich genutzt wurden, lag der Anteil der bewirtschafteten Flächen im Jahr 2013 nur noch bei 39,5 %. Dabei betrug der Rückgang in den Landkreisen Weilheim-Schongau und Miesbach jeweils 3,2 %, wohingegen im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen lediglich ein Rückgang von 1,5 % zu verzeichnen war. Die ausgeprägten Landkreis-internen Unterschiede beim Anteil der landwirtschaftlichen Flächen haben sich in den letzten 30 Jahren entsprechend nur marginal verändert (siehe Abb. 2-1).

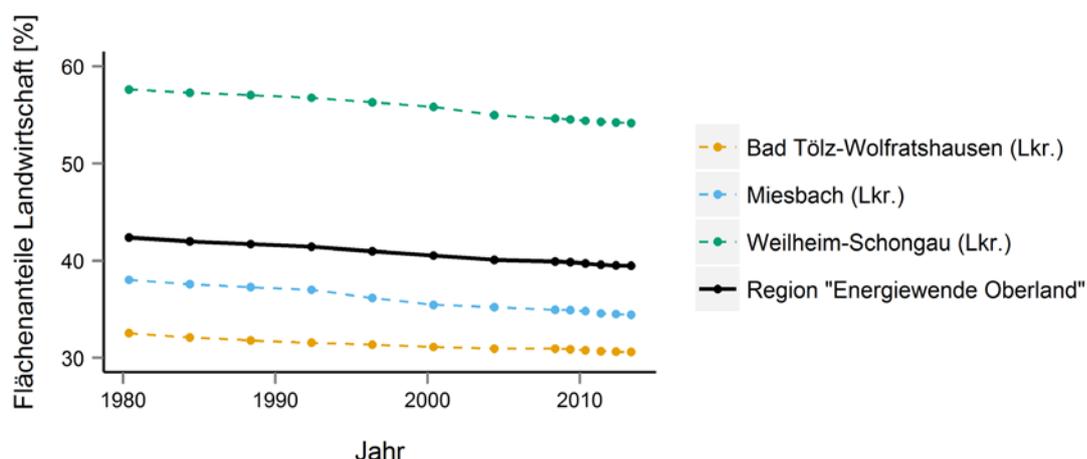


Abb. 2-1: Prozentuale Veränderungen landwirtschaftlich genutzter Flächenanteile von 1980 bis 2013 (BAYLFSTAD 2015).

Signifikantere Veränderungen bei den landwirtschaftlich genutzten Flächenanteilen sind in einzelnen Gemeinden der Region zu beobachten (siehe Abb. 2-2). Ein verhältnismäßig starker Landnutzungswandel vollzog sich beispielsweise in den Gemeinden Wolfratshausen und Otterfing sowie in Weilheim und Schongau. Dort reduzierte sich der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Flächen am Gemeindegebiet um jeweils mehr als 7 %. Der Rückgang in diesen Gemeinden ist dabei vor allem in der Umnutzung ehemals landwirtschaftlicher Flächen hin zu Siedlungs- und Verkehrsflächen begründet (siehe Abschnitt 2.4). Eine Ausnahme ist die Gemeinde Otterfing, wo die starke Abnahme der land-

wirtschaftlich genutzten Flächenanteile am Gemeindegebiet auf eine entsprechende Zunahme des Forstflächenanteils zurückzuführen ist (siehe Abschnitt 2.3). In relativ vielen Gemeinden hat sich der Anteil der landwirtschaftlich bewirtschafteten Flächen am Gemeindegebiet in den letzten 30 Jahren jedoch kaum merklich verändert, wobei in keiner der 72 Gemeinden im Untersuchungsgebiet eine Zunahme zu beobachten war.

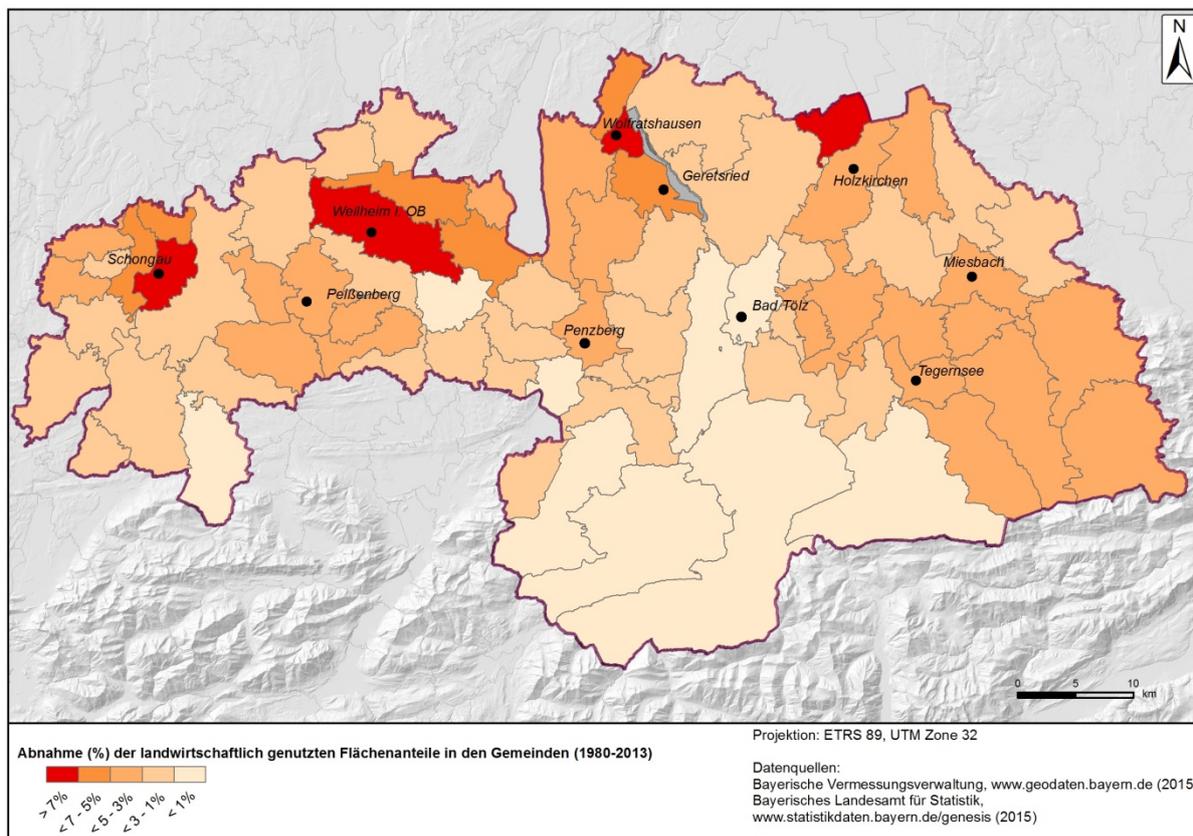


Abb. 2-2: Veränderung der Flächenanteile landwirtschaftlich genutzter Flächen in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1980 bis 2013.

2.1.1 Veränderungen bei der Grünlandflächennutzung

Reliefbedingt sowie aufgrund der hohen Jahresniederschläge stellt die Grünlandnutzung häufig die einzige landwirtschaftliche Nutzungsform in der Untersuchungsregion dar. Die Bewirtschaftung als Dauergrünland ist dementsprechend die eindeutig dominante landwirtschaftliche Nutzungsform in der Region „Energiewende Oberland“ (92,3 % im Jahr 2010). Zur Kategorie der Grünlandnutzung gehören intensiv oder extensiv bewirtschaftete Mäh- und Streuwiesen sowie Weideflächen. Dabei können die Erträge dieser Flächen zur Futtermittel- oder Nahrungsmittelproduktion aber auch zur Energieerzeugung genutzt werden. Gleichzeitig stellen Grünflächen häufig ökologisch wertvolle Elemente dar, die darüber hinaus maßgeblich zum charakteristisch voralpenländischen Landschaftsbild der Untersuchungsregion beitragen.

Dennoch können auch in der Region „Energiewende Oberland“ partielle Veränderungen bei dieser für das Oberland charakteristischen Grünlandflächennutzung beobachtet werden. Insgesamt hat sich

die als Dauergrünland bewirtschaftete Fläche in der Region zwischen den Jahren 1999 und 2010 um 6466 ha verringert. Die Grünflächenanteile an den landwirtschaftlichen Flächen in der Region haben sich entsprechend von 93,6 % auf 92,3 % geringfügig reduziert. Demgegenüber steht eine Zunahme der Ackerflächenanteile an den landwirtschaftlich genutzten Flächen von 1,3 % (siehe Abschnitt 2.1.2). Dabei zeigt sich in den Landkreisen Bad Tölz-Wolfratshausen und Weilheim-Schongau eine nahezu identische zeitliche Dynamik bei der Abnahme der Grünlandflächenanteile (siehe Abb. 2-3). Der Landkreis Miesbach zeigt für diesen Betrachtungszeitraum dagegen eine im Verhältnis dazu geringere Abnahme (-0,9 %).

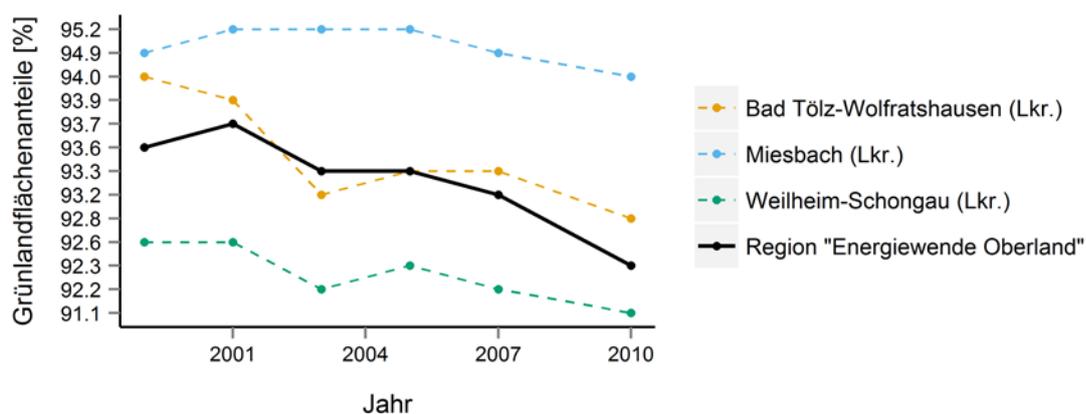


Abb. 2-3: Änderung des Anteils an Dauergrünland an der gemeldeten Landwirtschaftsfläche von 1999 bis 2010. Die Datenbasis der Darstellung sind die ASE 1999, 2001, 2003, 2005 und 2007 sowie die LZ 2010 (BAYLFSTAD 2015).

In bestimmten Gemeinden sind darüber hinaus auch größere Veränderungen bei der Grünlandflächennutzung zu beobachten (siehe Abb. 2-4). In den Gemeinden Bichl, Iffeldorf und Oberhausen verringerte sich der Anteil der Grünlandnutzung an den landwirtschaftlich genutzten Flächen jeweils zwischen 5,0 bis 6,0 % innerhalb der Jahre 1999 bis 2007. Eine gegensätzliche Entwicklung lässt sich in den Gemeinden Raisting und Otterfing beobachten, wo im selben Zeitraum eine Zunahme zwischen 2 und 4 % bei den Grünlandflächenanteilen ermittelt werden kann. Die Entwicklungen bei der Grünlandflächennutzung in der Region „Energiewende Oberland“ sind also keinesfalls einheitlich und bedürfen einer räumlich differenzierten Betrachtung. Unglücklicherweise stehen für etwa ein Drittel der Gemeinden im Untersuchungsgebiet keine Informationen im Rahmen der ASE zur Entwicklung der Grünflächenanteile zu Verfügung. Eine ganzheitliche Sicht auf die Entwicklung der Grünflächenanteile auf Gemeindeebene kann entsprechend nicht gegeben werden.

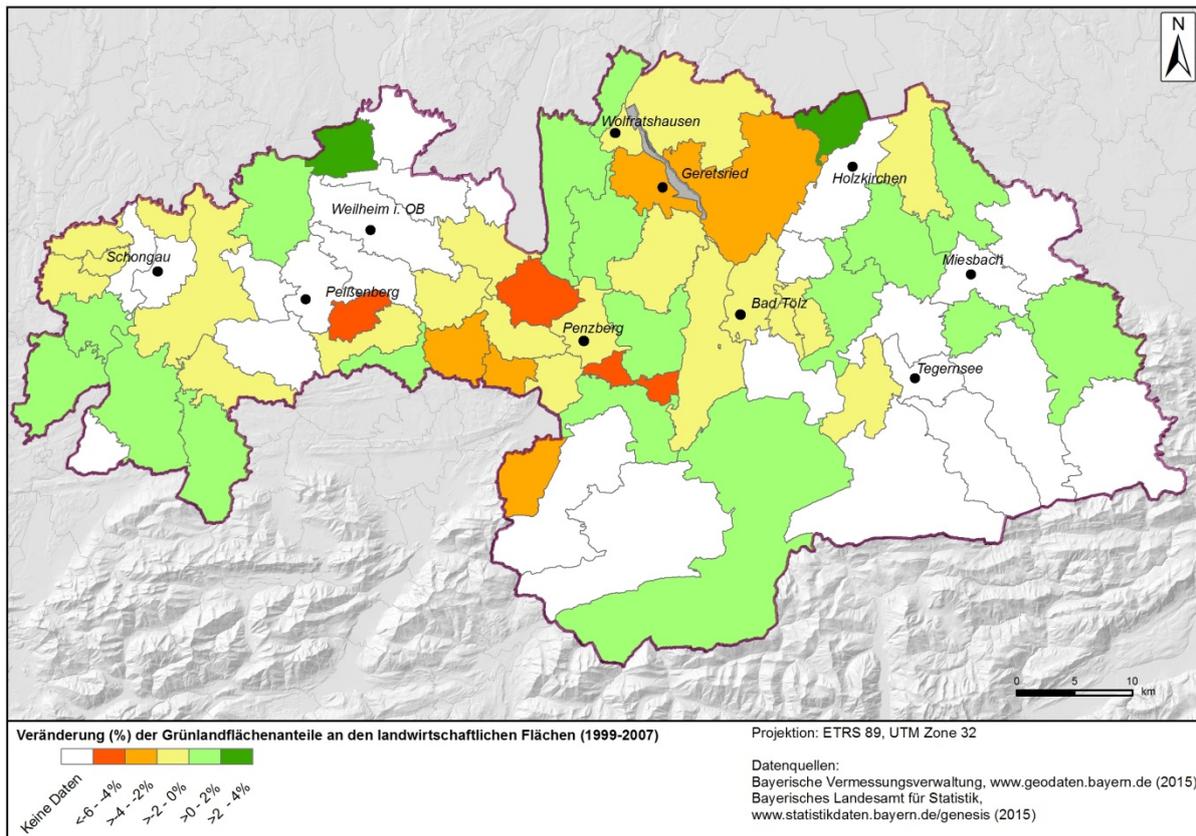


Abb. 2-4: Änderung der Grünflächenanteile an der gemeldeten Landwirtschaftsfläche in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1999 bis 2007. Die Datenbasis der Darstellung sind die ASE 1999, 2003 und 2007.

2.1.2 Ackerbauliche- und Kulturartenspezifische Veränderungen

Dem Rückgang der Grünflächenanteile an den landwirtschaftlichen Flächen steht eine Zunahme des Ackerflächenanteils von 1,3 % gegenüber. Damit erhöhte sich die als Ackerland bewirtschaftete Fläche in der Region „Energiewende Oberland“ um 1062 ha zwischen 1999 bis 2010. Dabei nahmen die relativen Anteile der Ackerflächen an den insgesamt landwirtschaftlich genutzten Flächen in allen drei Landkreisen relativ deckungsgleich zu. Die naturräumlich bedingten Unterschiede für eine ackerbauliche Eignung spiegeln sich entsprechend unverändert in den Ackerlandflächenanteilen der Landkreise wieder (siehe Abb. 2-5). Im Jahr 2010 betrug dieser in Weilheim-Schongau (Lkr.) 8,8 %, in Bad Tölz-Wolfratshausen (Lkr.) 7,2 % und in Miesbach (Lkr.) 6,0 %.

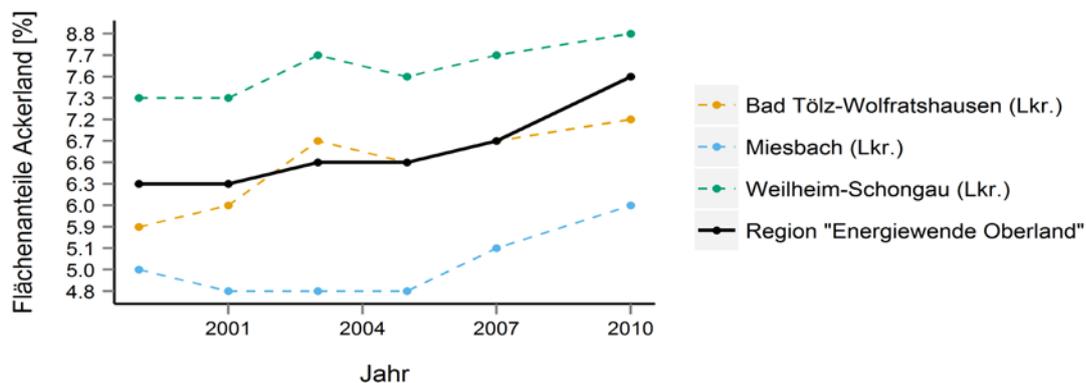


Abb. 2-5: Anteil der als Ackerland genutzten Flächen an den landwirtschaftlich genutzten Flächen für die Jahre 1999 bis 2010. Die Datenbasis der Darstellung sind die ASE 1999, 2001, 2003, 2005 und 2007 sowie die LZ 2010 (BAYLFSTAD 2015).

Die Variabilität angebaute Kulturartkategorien zwischen den verschiedenen Jahren kann anhand der ASE 1999, 2003 und 2007 aufgezeigt werden (siehe Abb. 2-6). Für die Region „Energiewende Oberland“ sind für diese Jahre dabei Zunahmen von jeweils knapp 3 % bei den Getreide- und Maisflächenanteilen (Grünmais/Silomais) zu beobachten gewesen. Demgegenüber stand eine Abnahme der Ackerflächen, auf denen Futterpflanzen (z.B. Klee, Luzerne oder Ackerwiese) angebaut wurden, von knapp 7 %. Unter die Kategorie „Andere“ fallen alle anderen Ackerkulturarten wie Hack- und Hülsenfrüchte oder Garten- und Handelsgewächse (z.B. Raps). Deren gesamter Anteil hat sich zwischen den Jahren 1999 und 2007 von 2,8 auf 4,7 % erhöht. Aufgrund der geringen zeitlichen Repräsentativität der zur Verfügung stehenden Daten sind die Zu- bzw. Abnahmen nicht als zeitliche Trendentwicklung zu interpretieren, sondern stellen die vorherrschende jährliche Variabilität angebaute Ackerkulturarten für diesen Zeitraum dar.

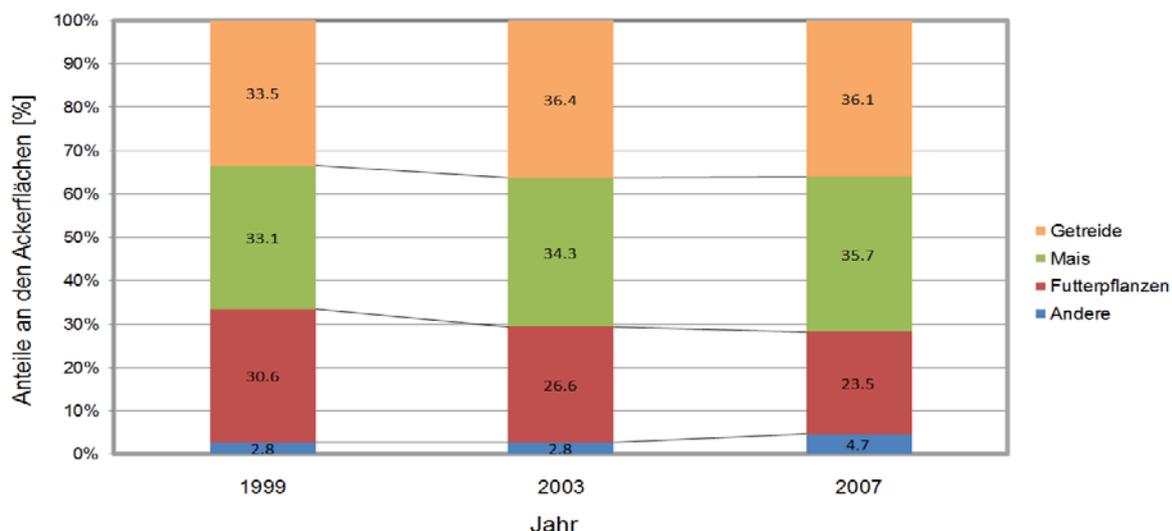


Abb. 2-6: Anteile verschiedener Ackerkulturkategorien an den ackerbaulich genutzten Flächen in der Region „Energiewende Oberland“. Datenbasis der Darstellung sind die ASE 1999, 2003 und 2007 (BAYLFSTAD 2015).

Innerhalb der einzelnen Landkreise unterscheidet sich diese Variabilität dabei durchaus (siehe Abb. 2-7). Eine geringe Variabilität bei den angebaute Ackerkulturen ist in Weilheim-Schongau (Lkr.) für den Zeitraum von 1999 bis 2007 zu beobachten, mit maximalen Schwankungsbreiten von 5 %. Im Vergleich dazu ist die Variabilität zwischen den Kulturartengruppen in den Landkreisen Bad Tölz-Wolfratshausen und Miesbach zwischen den Jahren 1999, 2003 und 2007 signifikant höher. In diesen Landkreisen variieren die Ackerflächenanteile von Futterpflanzen jeweils im Bereich von 10,0 bis 11,0 %. Im Landkreis Miesbach sind die Rückgänge beim Futterpflanzenanbau insbesondere auf Zuwächse der Getreideflächenanteile (+15,2 %) zurückzuführen. Im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen begründet sich der Rückgang dagegen mit der Zunahme der Ackerkulturkategorie „Andere“ (+9,1 %), wobei der Anstieg dieser Kategorie im Wesentlichen auf die starke Zunahme der Rapsflächen im Jahr 2007 zurückzuführen ist.

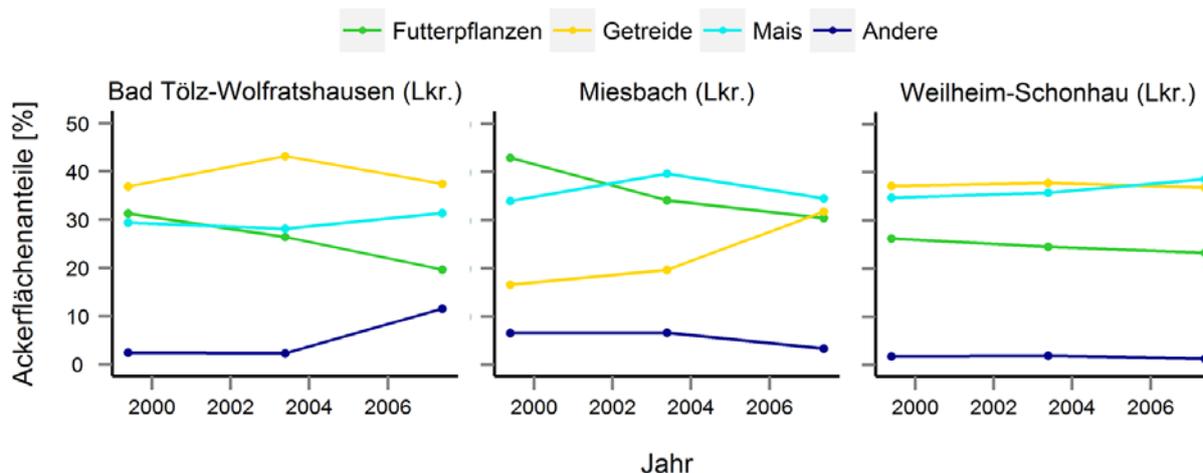


Abb. 2-7: Variationen der Bodennutzung von Ackerbauflächen zwischen den Jahren 1999 bis 2007 in den Landkreisen der Region „Energiewende Oberland“. Datenbasis sind die ASE 1999, 2003 und 2007 (BAYLFSTAD 2015).

2.1.3 Der ökologische Landbau in der Region

Die Zunahme des Stellenwerts der ökologischen Landwirtschaft innerhalb Deutschlands und Bayerns äußert sich auch in den Zuwachsraten ökologisch bewirtschafteter Landwirtschaftsflächen in der Region „Energiewende Oberland“.

Insgesamt ergibt sich für das Jahr 2010 ein Anteil der ökologisch bewirtschafteten Flächen an den gesamten landwirtschaftlich genutzten Flächen von 16,6 % im Einzugsbereich der Region „Energiewende Oberland“. Dieser Wert liegt deutlich über dem bayerischen Landesdurchschnitt von 6,3 % und dem deutschen Bundesdurchschnitt von 5,9 % für das selbe Jahr (BAYLFSTAD 2015). Flächenanteilmäßig am stärksten vertreten ist der ökologische Landbau im Landkreis Miesbach mit 20,1 % (Jahr 2010), wo das von der Bundesregierung ausgegebene Ziel, den Anteil der ökologisch bewirtschafteten Flächen auf 20 % zu erhöhen bereits realisiert werden konnte. Dabei ist in allen Landkreisen für den Betrachtungszeitraum von 2003 bis 2010 eine positive Entwicklung der Ökoflächenanteile an den insgesamt landwirtschaftlich genutzten Flächen zu verzeichnen. Die entsprechenden Entwicklungen in den Landkreisen sind dazu in Abb. 2-8 dargestellt.

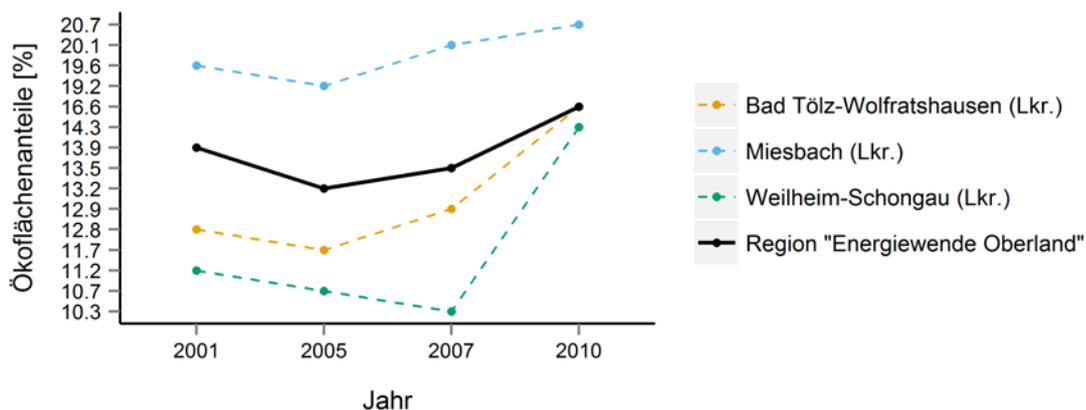


Abb. 2-8: Änderung der Ökoflächenanteile an der insgesamt landwirtschaftlich genutzten Fläche zwischen 1999 bis 2010. Die Datenbasis der Darstellung sind die ASE, 2001, 2005 und 2007 sowie die LZ 2010 (BAYLFSTAD 2015).

Die Analyse der ökologisch bewirtschafteten Flächenanteile beruht dabei auf den ASE-Erhebungen der Jahre 2003, 2005 und 2007 sowie der LS 2010. Die Daten dieser Erhebungen stehen jeweils auf Landkreisebene zur Verfügung. Eine räumlich und zeitlich detaillierte agrarökonomische Analyse des ökologischen Landbaus in der Region „Energiewende Oberland“ kann entsprechend nur bedingt durchgeführt werden.

In den zur Verfügung stehenden Datensätzen berücksichtigt werden landwirtschaftlich genutzte Flächen, die entweder bereits vollständig auf eine ökologische Wirtschaftsform umgestellt sind oder sich gegenwärtig in Umstellung befinden. Als vollständig umgestellt gelten landwirtschaftliche Flächen, auf denen die Bestimmungen der Verordnung (EG) Nr. 8374/2007 bereits abschließend erfüllt werden. Die auf diesen Flächen produzierten landwirtschaftlichen Erträge dürfen als ökologisch produzierte Erzeugnisse gekennzeichnet und vermarktet werden. Erzeugnisse von in Umstellung befindlichen Flächen dürfen dagegen nicht als solche bezeichnet und vermarktet werden (BAYLFSTAD 2015).

Zusätzlich kann der vom BayStMELF in Auftrag gegebene Bericht „Evaluation des Ökologischen Landbaus in Bayern“ (BAYStMELF 2013) für die Ist-Analyse des ökologischen Landbaus in der Region herangezogen werden. Demnach sind die Grünlandgebiete der Alpen und des Alpenvorlandes im Allgemeinen als eines der Gebiete zu bezeichnen, in denen der ökologische Landbau innerhalb Bayerns am stärksten vertreten ist (siehe Abb. 2-9). Die Gründe hierfür sind vielfältig. Zum einem kann dies mit den verhältnismäßig geringeren Umstellungskosten auf eine ökologische Bewirtschaftung für Grünlandflächen als für Ackerflächen begründet werden (BAYStMELF 2013). Zum anderen spielt in der Region „Energiewende Oberland“ der hohe Anteil von Schutzgebietsflächen eine Rolle (siehe Absatz 2.2), da sich neben der eigentlichen Flächenförderung des ökologischen Landbaus, viele Maßnahmen auf ökologischen Betrieben auch für unterschiedlichste Programme des Natur- und Artenschutzes sowie der Landschaftspflege eignen (REDELBERGER 2004). Zusätzlich kann Deutschlandweit beobachtet werden, dass Ökobetriebe häufiger an ackerbaulichen Grenzstandorten entstehen (UNTIEDT 2004). Der geringe Ackerflächenanteil in Untersuchungsgebiet deutet dabei klar auf einen Anteil niedrig bonitierter Böden hin. In einigen Gemeinden der Region liegt der Anteil der ökologischen Landbaufläche an der landwirtschaftlich genutzten Fläche sogar bei weit über 20 %, wobei eine klare räumliche Differenzierung innerhalb der Untersuchungsregion existiert. Die größten Anteile der ökologischen Landbaufläche an der insgesamt landwirtschaftlich genutzten Fläche befinden sich in den um Holzkirchen befindlichen Gemeinden. In den südlicheren und alpennäheren Gemeinden liegt der ökologische Landbauflächenanteil dagegen mehrheitlich unterhalb der 10 %-Grenze.

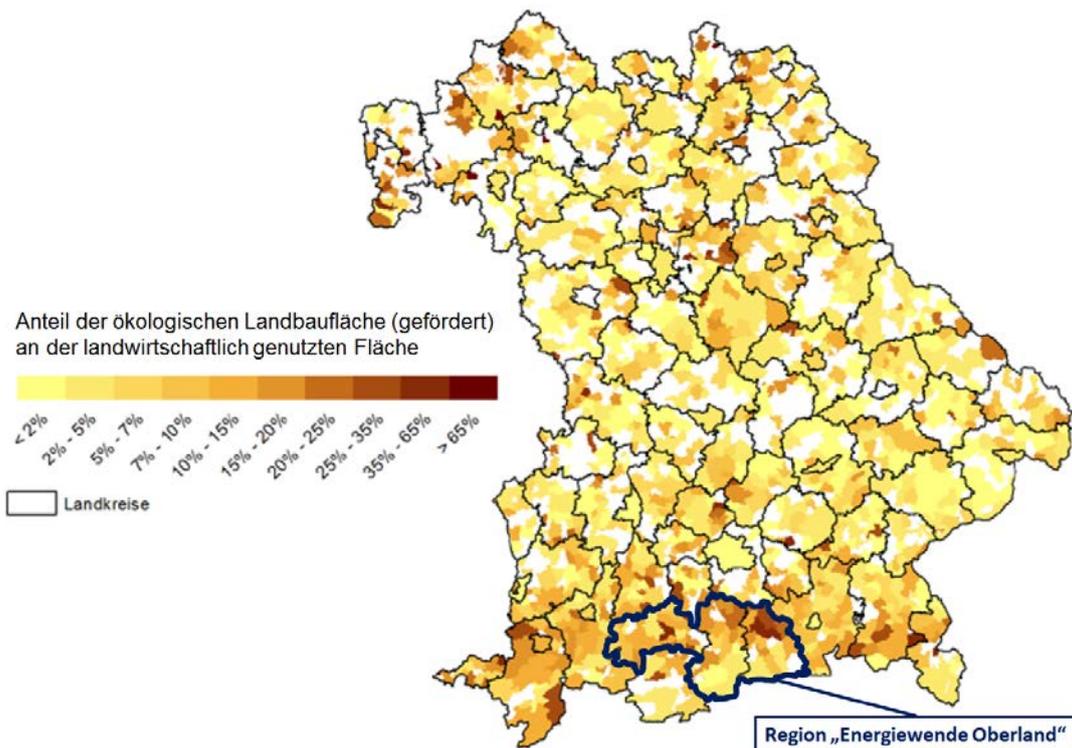


Abb. 2-9: Verbreitung des ökologischen Landbaus 2009 verändert nach BAYSTMELF (2013).

2.2 Entwicklung der Schutzgebietsflächen

Die Untersuchungsregion zeichnet sich durch ein besonders vielfältiges Landschaftsbild aus. Neben den großen Feuchtsflächen der Moore existieren ebenso vereinzelt Trockenbiotop, in den Alpenregionen finden sich Gebirgstäler und Gebirgsflüsse mit ursprünglichem Charakter und die voralpinen Bereiche zeichnen sich häufig durch eine abwechslungsreiche Hügellandschaft aus. Die Vielfalt und hohe Wertigkeit dieser unterschiedlichen Naturräume spiegelt sich durch den hohen Anteil an geschützten Flächen in der Region wieder. So sind derzeit rund 20 % der Gebietsfläche als FFH-Gebiete, 23 % als Landschaftsschutzgebiete, 12 % als Vogelschutzgebiete, 6 % als Naturschutzgebiete sowie rund 6 % der Flächen als Heilquellen- oder Trinkwasserschutzgebiete ausgewiesen (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2015a). Ohne Flächenüberschneidungen zwischen den einzelnen Schutzgebietskategorien ergibt sich damit eine Fläche geschützter Gebiete in der Region von rund 12.156 ha. Dies entspricht einem Flächenanteil von 41,3 % an der Gesamtfläche der Region „Energiewende Oberland“. Die Bewirtschaftung und Nutzung von Flächen in der Region ist also maßgeblich durch den großen Anteil ausgewiesener Schutzgebietsflächen limitiert.

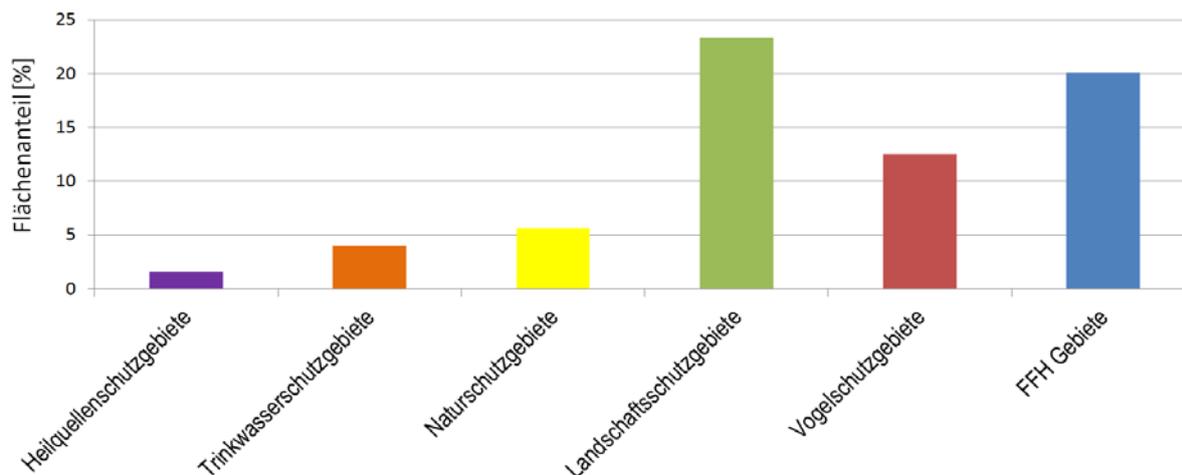


Abb. 2-10: Flächenanteil der Schutzgebiete an der Gesamtfläche der Region „Energiewende Oberland“ (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2015a)¹.

Dabei hat sich innerhalb der letzten Jahrzehnte die Fläche geschützter Gebiete signifikant erhöht (siehe Abb. 2-11). Seit 1980 hat sich die Flächensumme der verschiedenen oben aufgeführten rechtlichen Schutzgebietsflächen in etwa verdreifacht. Besonders die Umsetzung der Fauna-Flora-Richtlinie (FFH – Richtlinie, 92/43/EWG) zum Erhalt der biologischen Vielfalt auf dem Gebiet der Europäischen Union sowie der europäischen Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG) haben in den 2000er Jahren zu einem erheblichen Anstieg geschützter Gebietsflächen in der Region Oberland geführt. Die Ausweisung von Landschaftsschutzgebieten (LSG), die flächenmäßig am stärksten vertretene Schutzgebietskategorie in der Region, erfolgte überwiegend in den 60er, 70er und 80er Jahren. Bei den Trinkwasserschutzgebieten (TWSG) kann seit den 60er Jahren eine kontinuierliche Zunahme an Flächenausweisungen in der Region beobachtet werden. Bei den Naturschutzgebieten (NSG) hat die Festsetzungen der Naturschutzgebiete „Osterseen“ bei Iffeldorf, „Isarauen“ zwischen Schäftlarn und Bad Tölz sowie „Karwendel & Karwendelvorgebirge“ in den 80er Jahren zu deutlichen Flächenerweiterungen geführt. Die Flächenentwicklung von Heilquellenschutzgebieten (HQS) in der Region beschränkt sich auf die Gebietsfestsetzungen in Tegernsee (St.) 1962, Bad Tölz (St.) 1981 und in Bad Wiessee 1992.

¹ Aufgrund zahlreich auftretender Überlappungen verschiedener Schutzgebietskategorien ist eine Aufsummierung der dargestellten Flächenanteile nicht zulässig.

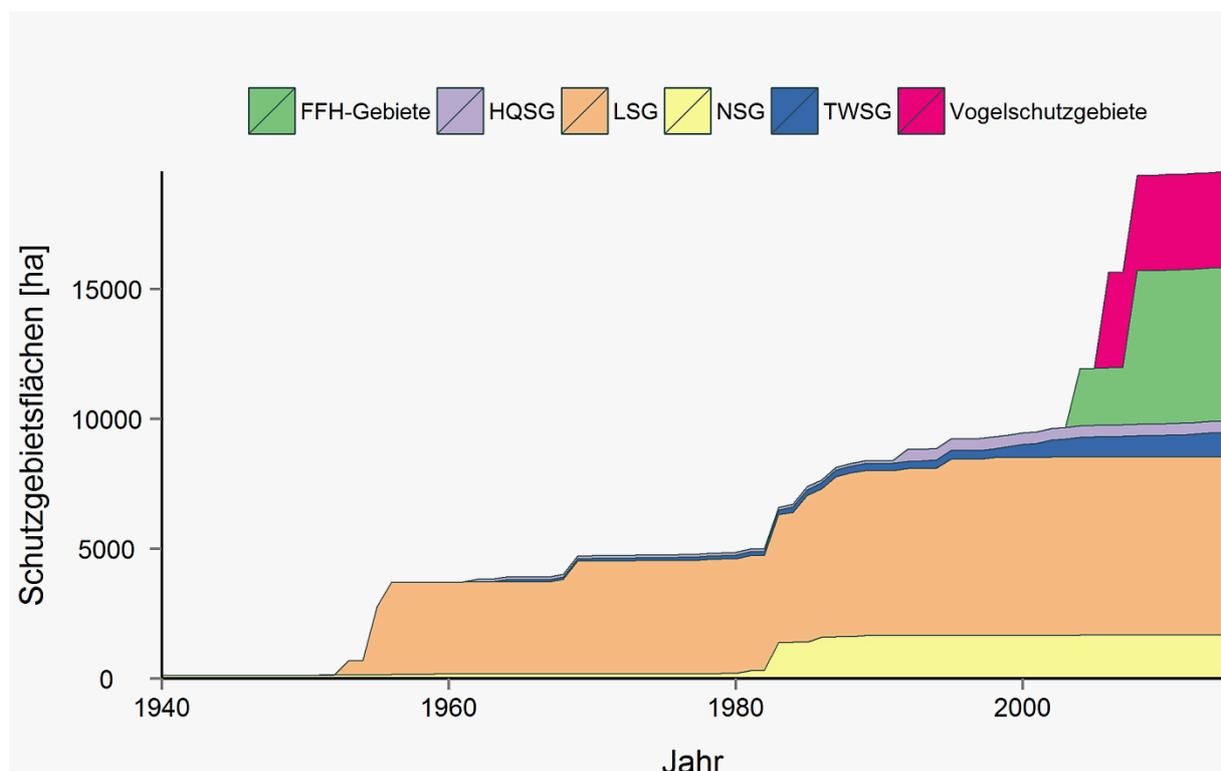


Abb. 2-11: Flächenentwicklung der einzelnen Schutzgebietskategorien in der Region „Energiewende Oberland“ ermittelt aus BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2015a).

2.3 Entwicklung von Waldflächen

Bei der Entwicklung der Waldflächen können innerhalb der letzten Jahrzehnte (1980 bis 2013) nur geringfügige Veränderungen festgestellt werden. Insgesamt beläuft sich die Zunahme der Waldflächen in der Region „Energiewende Oberland“ in den Jahren von 1980 bis 2013 auf 1,1 %, was etwas mehr als dem bayernweiten Durchschnitt (0,7 %) entspricht (BAYLFSTAD 2015). Der geringe Anstieg der Waldflächenanteile war dabei vor allem in der jüngeren Vergangenheit zu beobachten (1995 – 2013). Signifikante Unterschiede bei der Entwicklung der Waldflächenanteile in den einzelnen Landkreisen (siehe Abb. 2-12) können dabei nicht festgestellt werden. Die ausgeprägten landkreisinternen Unterschiede bei den Waldflächenanteilen haben sich infolge dessen innerhalb der letzten Dekaden unverändert erhalten. Gemäß der ASE 2013 beträgt der Waldflächenanteil in den Landkreisen Miesbach und Bad Tölz-Wolfratshausen derzeit rund 51,4 bzw. 52,1 %, wohingegen der Anteil in Weilheim-Schongau (Lkr.) mit 29,6 % deutlich niedriger ist.

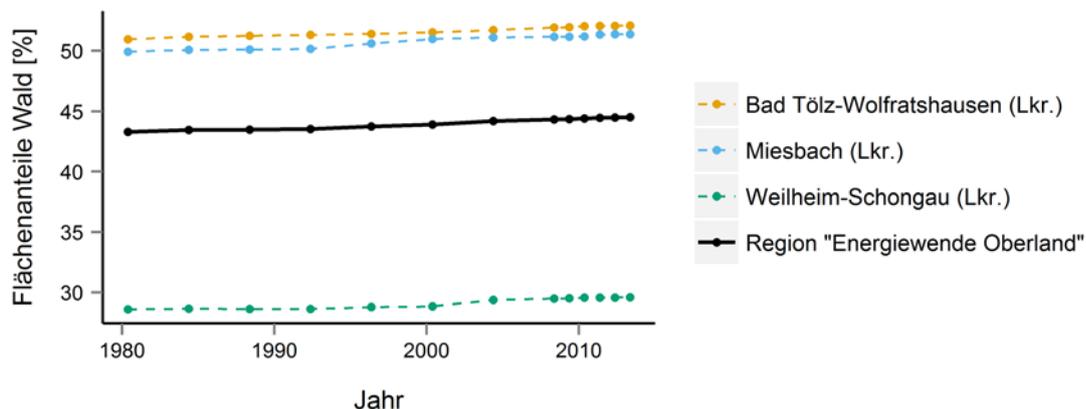


Abb. 2-12: Prozentuale Veränderungen der Waldflächenanteile von 1980 – 2013 (BAYLFSTAD 2015).

Eine Übersicht über die Waldflächenentwicklung in den einzelnen Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ ist Abb. 2-13 dargestellt. Deutliche Zunahmen sind dabei lediglich in den Gemeinden Böbing, Wielenbach, Seeshaupt und Otterfing zu beobachten. Dort erhöhten sich die Waldflächenanteile an den Gemeindegebieten im Zeitraum von 1980 bis 1999 um jeweils mehr als 5 %, wobei die Zunahmen in diesen Gemeinden in eindeutigem Zusammenhang zur Aufgabe landwirtschaftlich genutzter Flächen stehen (vgl. Abb. 2-2). In den übrigen Gemeinden der Untersuchungsregion hat sich der Waldflächenanteil in den letzten Jahrzehnten dagegen nahezu konstant gehalten. Eine tatsächliche Abnahme (> 1 %) bewaldeter Flächen war dabei in keiner der Gemeinden zu beobachten.

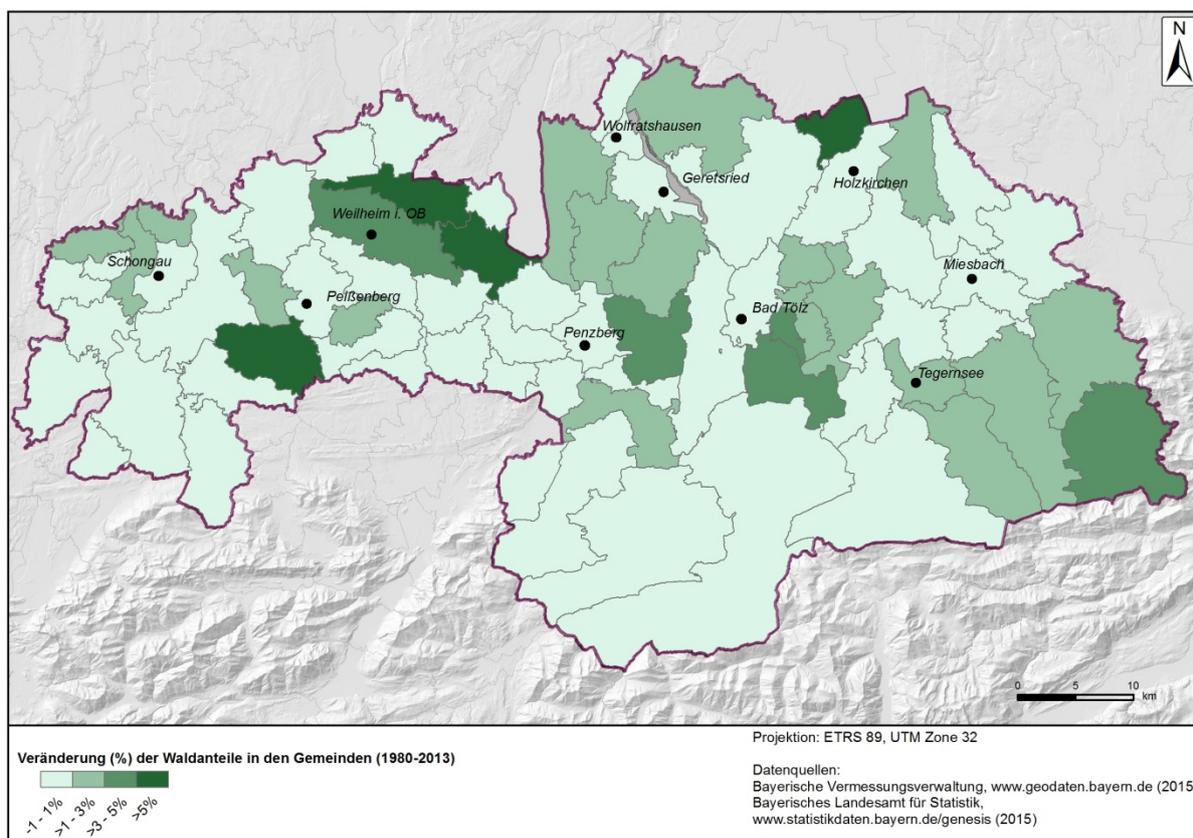


Abb. 2-13: Prozentuale Veränderungen der Waldanteile in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1980 bis 2013.

2.4 Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen

Das Bevölkerungswachstum und die dynamische Wirtschaftsentwicklung haben den Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen in der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1980 und 2013 um 2,2 % von 4,9 auf 7,1 % ansteigen lassen. Der fortschreitende Landverbrauch vollzog sich insbesondere zu Lasten landwirtschaftlich genutzter Flächen, deren Anteil sich im selben Zeitraum um 2,9 % verringerte (siehe Abschnitt 2.1). Die Analyse der Flächeninanspruchnahme beruht dabei auf der Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung (siehe Abschnitt 2) und umfasst Gebäude- und die dazugehörigen Freiflächen, Betriebsflächen für gewerbliche und öffentliche Zwecke, sowie Verkehrs- und Erholungsflächen (BAYLFSTAD 2015).

Die räumlich heterogene Entwicklung bei der Flächeninanspruchnahme in der Region ist in Abb. 2-14 dargestellt.

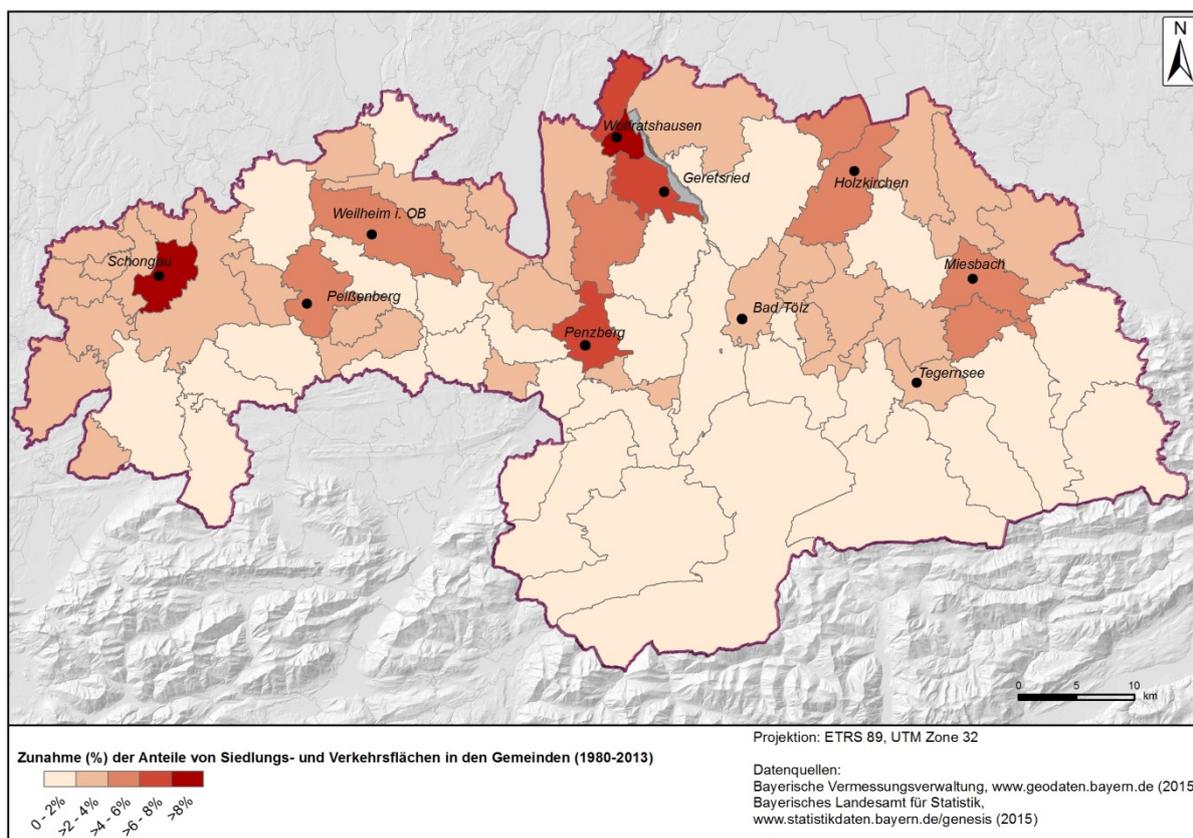


Abb. 2-14: Prozentuale Veränderungen der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“ zwischen den Jahren 1980 bis 2013.

Besonders die bevölkerungsreichen Gemeinden im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets, die durch S-Bahn-, Bahn- und Autobahnanbindung eine verkehrstechnisch gute Anbindung an die Landeshauptstadt München besitzen, zeigen eine starke Zunahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen. Zu nennen sind dabei insbesondere die Gemeinden Schongau, Peißenberg, Weilheim, Penzberg, Geretsried und Wolfratshausen sowie Icking, Holzkirchen, Otterfing, Miesbach und Hausham. Dort erhöhte sich der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen in den Jahren 1980 bis 2013 jeweils um 4,0

bis 8,0 %. In der Gemeinde Wolfratshausen konnte sogar eine Zunahme der Anteile von Siedlungs- und Verkehrsflächen am Gemeindegebiet um 18,2 % festgestellt werden. Das Stadt- und Ortsbild hat sich in diesen Gemeinden entsprechend stark verändert. Darüber hinaus können zahlreiche Folgewirkungen mit der zunehmenden Flächeninanspruchnahme in Verbindung gebracht werden, wie etwa der Verlust wichtiger ökologischer Funktionen, die Zersiedlung der Landschaft oder der irreversible Verlust von Bodenflächen.

In den südlicheren Gemeinden des Untersuchungsgebiets, deren Flächen zumeist ein ausgeprägtes Relief aufweisen, konnten für den Zeitraum von 1980 bis 2013 dagegen geringere Zunahmen (0 – 2 %) der Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile verzeichnet werden. Allerdings beschränkt sich aufgrund der schwierigen topographischen Gegebenheiten die Flächeninanspruchnahme in diesen Gemeinden in der Regel auf die günstigen Tallagen, sodass der Flächenverbrauch häufig zu Lasten der wenigen ackerbaulich nutzbaren Flächen geht. Die gering ausgeprägte Umnutzung hin zu Siedlungs- und Verkehrsflächen in diesen Gemeinden ist entsprechend kein Indikator für einen schwächeren Konkurrenzdruck in der Flächennutzung.

3 Räumliche Erfassung bestehender Energieerzeugungsanlagen

Um Potenziale für weitere Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien untersuchen zu können, ist es nötig sich zunächst ein umfassendes Bild über die aktuelle Energieerzeugung in der Region „Energiewende Oberland“ zu machen. In diesem Kapitel sollen daher sämtliche existierende Energieerzeugungsanlagen erfasst und deren Merkmale statistisch ausgewertet werden. Die Informationen dazu sind über verschiedene Datenbanken frei verfügbar. Zum einen werden die Standorte sämtlicher Energieanlagen in Bayern vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) über den Energie-Atlas Bayern zur Verfügung gestellt (LfU 2014). Zum anderen sind die EEG-vergüteten Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien über eine Initiative der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS) deutschlandweit kostenlos abrufbar (ENERGYMAP 2015). Informationen zum Walchenseekraftwerk und zugehörigen Kraftwerken wurden über die E.ON Wasserkraft GmbH bezogen (E.ON 2010). Am 31.12.2014 waren insgesamt 13.507 Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien innerhalb der Region in den vorhandenen Datensätzen registriert.

In Tab. 3-1 ist der Anteil der erneuerbaren Energien am Stromverbrauch für verschiedene räumliche Bezugsebenen angegeben. Hier wird deutlich, dass die Region „Energiewende Oberland“ mit einem Gesamtanteil von 41,5 % erneuerbarer Energien momentan bereits weit über dem deutschen (23,3 %) bzw. bayerischen (24,2 %) Durchschnitt liegt. Innerhalb der drei Landkreise allerdings verteilen sich diese Anteile sehr unterschiedlich. Während im Landkreis Miesbach derzeit lediglich 13,4 % des gesamten Stromverbrauchs durch erneuerbare Energien abgedeckt werden können, liegt der Landkreis Bad Tölz – Wolfratshausen mit 88,5 % weit oberhalb des Durchschnitts der Region und nimmt damit mit Abstand den höchsten Anteil an erneuerbaren Energien ein. Der Landkreis Weilheim-Schongau liegt mit 30,4 % ebenfalls über dem deutschland- (23,3 %) bzw. bayernweiten (24,2 %) Durchschnitt.

Tab. 3-1: Anteil der erneuerbaren Energien am Gesamtstromverbrauch 2013 der EEG-vergüteten Anlagen in der Region „Energiewende Oberland“ im Vergleich mit Deutschland und Bayern (LfU 2014, ENERGYMAP 2015).

	Deutschland [%]	Bayern [%]	Region Energiewende Oberland [%]	Bad Tölz- Wolfratshausen [%]	Miesbach [%]	Weilheim- Schongau [%]
Solarstrom	5,6	11,4	9,5	8,8	7,1	11,2
Windkraft	10,1	1,7	< 0,1	0,0	<< 0,1	0,1
Wasserkraft	1,1	3,1	24,6	76,1	5,3	6,5
Biomasse	6,1	7,9	0,7	1,5	0,2	0,4
Klär- und Biogas	0,4	0,1	6,7	2,1	0,8	12,2
Geothermie	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Gesamt	23,3	24,2	41,5	88,5	13,4	30,4

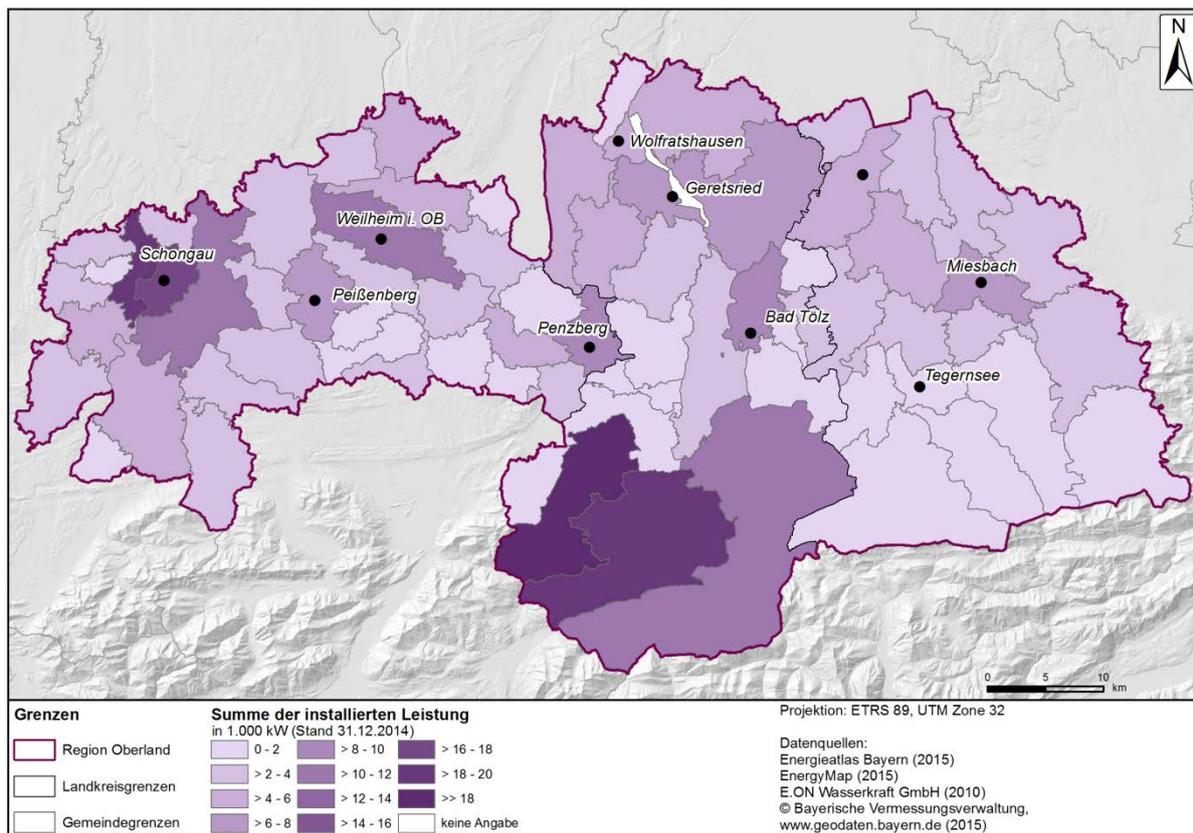


Abb. 3-1: Installierte Nennleistung an Anlagen zur Erzeugung Erneuerbarer Energien (Photovoltaik, Wasserkraft, Biomasse, Klär- und Biogas, Windkraft) in den Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“.

In Abb. 3-1 ist die installierte Nennleistung aller Anlagen zur Erzeugung Erneuerbarer Energien auf Gemeindeebene dargestellt. Die stärksten Gemeinden sind Kochel am See (127 MW) und Jachenau (18,2 MW) im Süden des Landkreises Bad Tölz-Wolfratshausen sowie Altstadt (19 MW) und Schongau (17,6 MW) im Westen des Landkreises Weilheim-Schongau. Innerhalb der Energieträger verteilt sich die installierte Nennleistung unterschiedlich (siehe Tab. 3-2). Von insgesamt 413,4 MW installierter Nennleistung entfallen mehr als die Hälfte (215,8 MW bzw. 52,2 %) auf Solarstrom und 41,1 % (170 MW) auf Wasserkraft. Biomasse und Biogas nehmen zusammen etwa 6,6 % der Gesamtleistung ein (27 MW) und Windkraft hat einen verschwindend geringen Anteil von unter 0,1 %. In Abb. 3-2 ist schließlich eine Aufteilung nach Anlagengrößen dargestellt. Hier fällt auf, dass der hohe Anteil an installierter Leistung von Solarstrom überwiegend durch kleinere Anlagen mit einer Nennleistung bis 50 kW zustande kommt. Die Wasserkraft hingegen deckt ihren hohen Anteil vorwiegend durch Anlagen mit mehr als 10.000 kW Nennleistung. Die hier installierte Gesamtleistung kommt durch das Walchenseekraftwerk (Gmd. Kochel am See) mit einer Nennleistung von 124.000 kW sowie das Oberrachkraftwerk (Gmd. Jachenau) mit einer Installierten Leistung von 12.800 kW zustande.

Tab. 3-2: Absolute und prozentuale installierte Nennleistung der Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien in der Region "Energiewende Oberland" nach Energieträgern (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

	Anzahl installierter Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Anteil an Gesamtleistung [%]
Solarstrom	13.312	215,8	52,2
Wasserkraft	105	170	41,1
Biomasse	38	7,7	1,9
Biogas	48	19,3	4,7
Windkraft	4	0,6	< 0,1
Gesamt	13.507	413,4	100,0

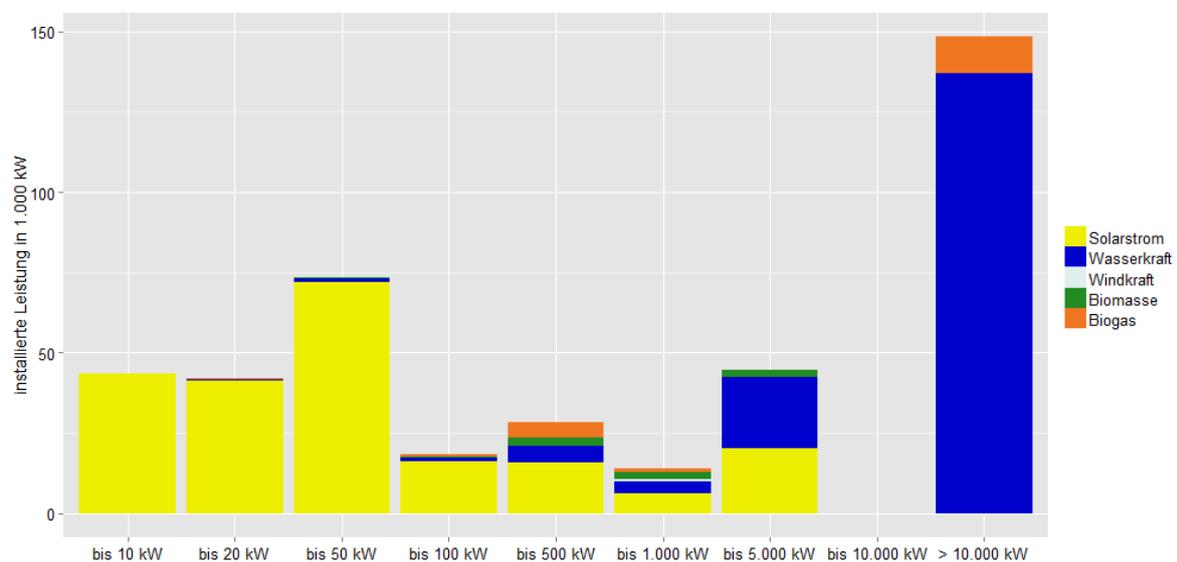


Abb. 3-2: Installierte Leistung erneuerbarer Energieträger in der Region „Energiewende Oberland“ nach Erzeugungsart und Nennleistungsklassen (E.ON 2010, LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

3.1 Solarenergie

Die Solarenergie bezeichnet die von der Sonne auf die Erde eingestrahlte Energie, die das Mehrtausendfache des weltweiten Energieverbrauchs beträgt. Da langjährige Mittel der an der Erdoberfläche eintreffenden Energiemenge beträgt in Deutschland etwa 1.055 kWh/m², was in etwa dem Energiegehalt von 105 l Heizöl bzw. 105 m³ Erdgas entspricht (BAYSTMWIVT 2010, DWD 2015b). Im Untersuchungsgebiet ist der Wert der sogenannten Globalstrahlung mit 1.167 kWh/m² sogar etwas höher als im gesamtdeutschen Mittel und bietet damit gute Voraussetzungen für eine vielfältige Nutzung (DWD 2015b).

Die solare Energie kann sowohl in Wärme (über Solaranlagen zur Warmwasseraufbereitung und Heizungsunterstützung) als auch in Strom (über Photovoltaik-Anlagen) umgewandelt werden. Wie viel der eintreffenden Energie dabei tatsächlich genutzt werden kann hängt von vielen Faktoren ab, da-

runter der Anlagenwirkungsgrad, die Flächenneigung und –ausrichtung sowie beispielsweise auch des saisonal unterschiedlichen Einfallswinkels der Sonne. Zudem spielen auch viele meteorologische Größen wie die bereits erwähnte Globalstrahlung, die Sonnenscheindauer und der Bewölkungsgrad eine entscheidende Rolle (BAYStMWIVT 2010, BMWi 2015).

3.1.1 Photovoltaik

Am 31.12.2014 waren insgesamt 13.312 Photovoltaikanlagen für die gesamte Region „Energiewende Oberland“ registriert (siehe Abb. 3-3). Davon sind 13 Stück sogenannte Freiflächenanlagen (alle im Landkreis Weilheim-Schongau), alle übrigen Anlagen sind gebäudegebunden. Deren Verteilung in den Landkreisen fällt unterschiedlich aus. Im Landkreis Weilheim-Schongau sind mit insgesamt 7.070 Stück mehr Photovoltaikanlagen installiert als in den Landkreisen Miesbach (2.887 Stück) und Bad Tölz – Wolfratshausen (3.355 Stück) zusammen (siehe Tab. 3-3). Sie nehmen mit 56,6 % auch den größten Anteil an der insgesamt installierten Nennleistung.

Tab. 3-3: Photovoltaikanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ am 31.12.2015 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

	Anzahl der Anlagen	Installierte Leistung [MW peak]	Anteil an installierter Leistung [%]
Bad Tölz-Wolfratshausen	3.355	53,8	24,9
Miesbach	2.887	39,9	18,5
Weilheim-Schongau	7.070	122,1	56,6
„Energiewende Oberland“	13.312	215,8	100,0

Die Gemeinden mit der höchsten installierten Nennleistung innerhalb der Region sind mit Schongau (12.453 kW peak) und Weilheim i. OB (10.865 kW peak) ebenfalls im Landkreis Weilheim-Schongau zu finden (siehe Abb. 3-3). In den Landkreisen Bad Tölz-Wolfratshausen und Miesbach stellen Geretsried (5.920 kW peak) und Bad Tölz (4.906 kW peak) bzw. Holzkirchen (5.786 kW peak) und Miesbach (5.681 kW peak) jeweils die Gemeinden mit der höchsten installierten Nennleistung dar.

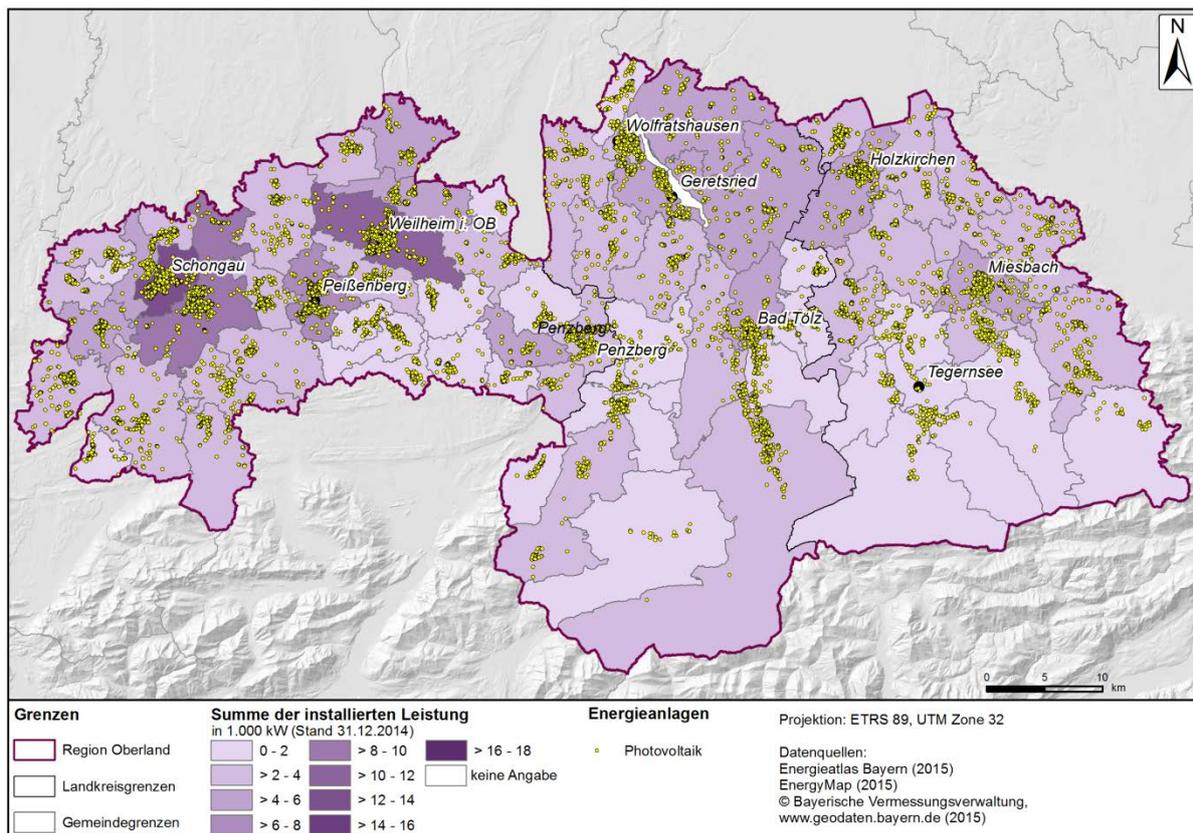


Abb. 3-3: Verteilung der Photovoltaikanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene.

Die Entwicklung des Solarstroms in der Region "Energiewende Oberland" seit 1994 ist in Abb. 3-4 dargestellt. Seit Inkrafttreten des Erneuerbare Energien-Gesetzes (EEG) im Jahr 2000 konnte die gesamte Region einen zunehmenden Zuwachs an Photovoltaik-Anlagen verzeichnen. Seit der EEG-Novelle mit Einführung einer Eigenverbrauchsvergütung im Jahr 2009 stieg die Zahl der jährlich neu installierten Anlagen insbesondere im Landkreis Weilheim-Schongau sehr stark an. Hier konnte im Jahr 2011 ein Zuwachs von 1.188 neuen Anlagen verzeichnet werden. Die Landkreise Bad Tölz-Wolfratshausen und Miesbach brachten es in diesem Jahr auf Zuwachszahlen von 649 bzw. 560 neuen Anlagen. Seit Juli 2012 gibt es für neu installierte Anlagen jedoch keine Vergütung für den Eigenverbrauch mehr. Der Zubau geht seither in allen drei Landkreisen massiv zurück. In Abb. 3-4 ist zudem die Entwicklung des Jahresdurchschnittes der Einspeisevergütung seit Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 dargestellt, die insbesondere in den letzten Jahren rapide abgenommen hat. Im Jahr 2004 erhielt man für die Einspeisung von 1 kWh in das Stromnetz noch etwa 57,4 ct. Seither ist die Vergütung jedoch um etwa 78% auf 12,48 ct pro kWh im Jahr 2014 gesunken (SOLARENERGIE-FÖRDERVEREIN DEUTSCHLAND E.V. 2015). Diese Abnahme an Investitionsanreizen spiegelt sich in der gesamten Region wider.

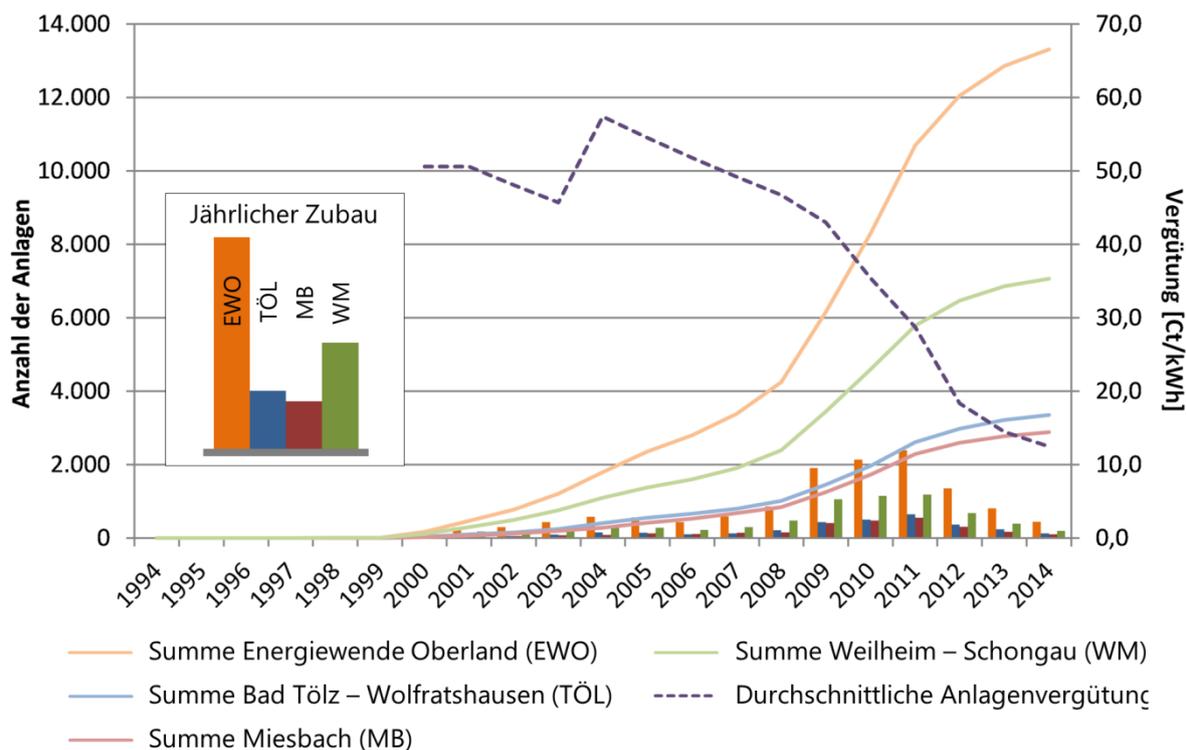


Abb. 3-4: Anzahl der installierten Photovoltaikanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der Region „Energiewende Oberland“ seit 1994 sowie Entwicklung der durchschnittlichen Anlagenvergütung seit Inkrafttreten des Erneuerbare-Energien-Gesetzes im Jahr 2000 (LfU 2014, EnergyMap 2015, Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. 2015).

3.2 Wasserkraftanlagen

In der gesamten Region „Energiewende Oberland“ sind 105 Anlagen zur Energiegewinnung aus Wasserkraft installiert, deren räumliche Verteilung in Abb. 3-5 dargestellt ist. Die meisten Anlagen befinden sich im Landkreis Weilheim-Schongau (40 Anlagen), gefolgt von Miesbach (Lkr.) (35) und Bad Tölz-Wolfratshausen (30) (siehe Tab. 3-4). Den größten Anteil an den insgesamt 170 MW installierter Leistung nimmt mit 89,9 % (152,8 MW) der Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen ein, gefolgt von Weilheim-Schongau mit 6,5 % (11,0 MW). Miesbach (Lkr.) steht mit 3,6 % (6,2 MW) an dritter Stelle. Bei den Anteilen an der gesamten Stromerzeugung aus Wasserkraft in der Region gestaltet sich das Bild ähnlich, hier liegt der Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen mit 81,7 % ebenfalls weit vor Weilheim-Schongau (12,8 %) und Miesbach (Lkr.) (5,5 %). Die räumliche Verteilung der installierten Leistung innerhalb der Gemeinden der Region „Energiewende Oberland“, die in Abb. 3-5 dargestellt ist, fällt aufgrund der hydrologischen Gegebenheiten sehr unausgewogen aus. Die höchste Nennleistung auf Gemeindeebene findet sich ebenfalls im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen mit den Gemeinden Kochel (124,3 MW) Jachenau (17,4 MW) und Lenggries (6,9 MW).

Tab. 3-4: Wasserkraftanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

	Anzahl der Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Anteil an installierter Leistung [%]	Anteil an Stromerzeugung durch Wasserkraft [%]
Bad Tölz-Wolfratshausen	30	152,8	89,9	81,7
Miesbach	35	6,2	3,6	5,5
Weilheim-Schongau	40	11,0	6,5	12,8
„Energiewende Oberland“	105	170	100,0	100,0

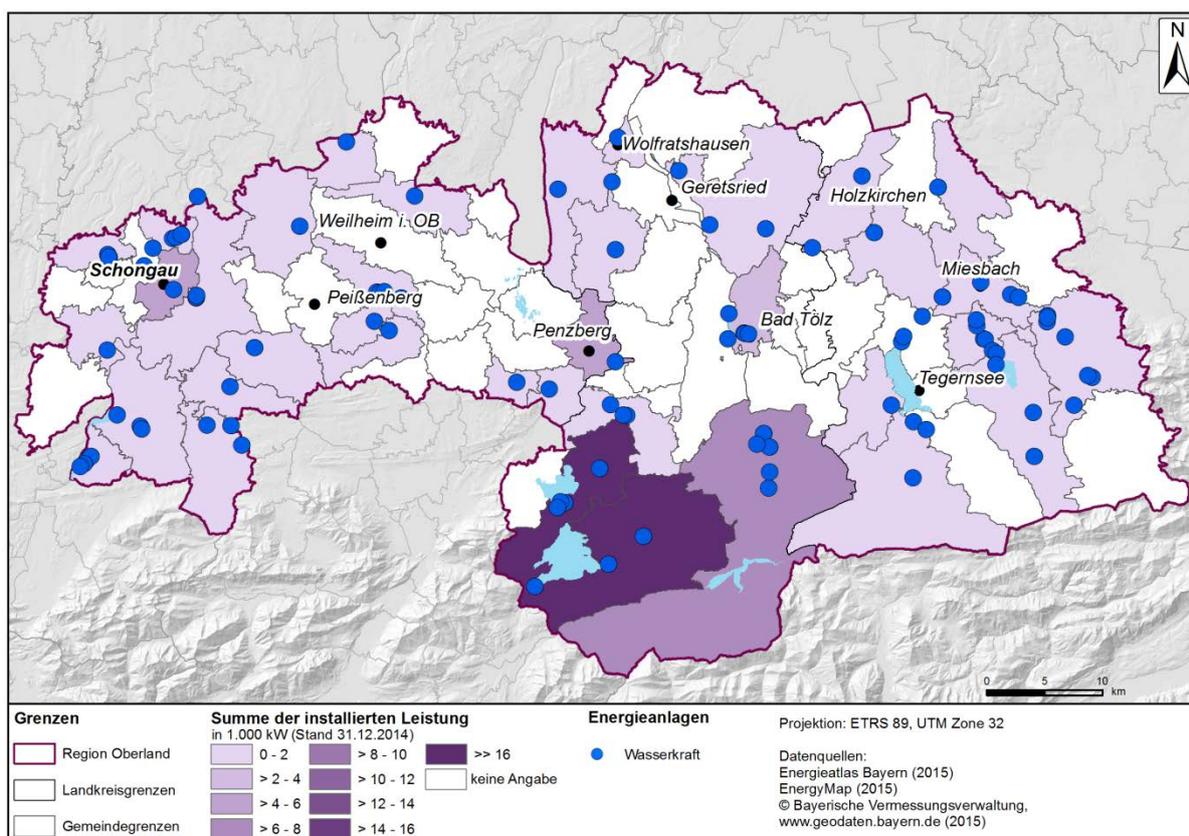


Abb. 3-5: Verteilung der Wasserkraftanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene.

Die Entwicklung der Wasserkraft in der Region „Energiewende Oberland“ seit dem Jahr 1919 ist in den Abb. 3-6 und Abb. 3-7 dargestellt. Hier können seit Mitte der 1990er Jahre immer wieder stärkere Zubauraten in den einzelnen Landkreisen beobachtet werden. Der Landkreis Weilheim-Schongau beispielsweise konnte im Jahr 2000 einen Zubau von 15 neuen Wasserkraftanlagen verzeichnen. Seit 2010 ist ebenfalls eine leichte Häufung an Zubau neuer Anlagen erkennbar, dennoch kann aus der Statistik kein eindeutiger Trend hergeleitet werden.

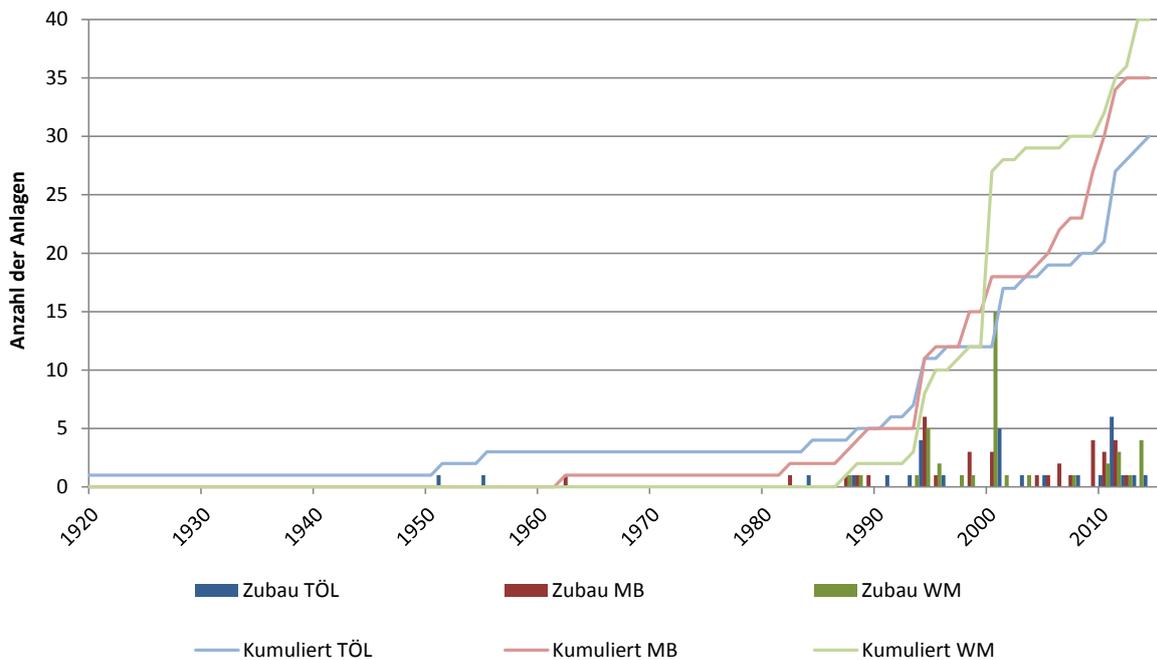


Abb. 3-6: Anzahl der installierten Wasserkraftanlagen. Zubau und Gesamtanzahl der Landkreise Bad Tölz-Wolfratshausen (TÖL), Miesbach (MB) und Weilheim-Schongau (WM) seit 1919 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

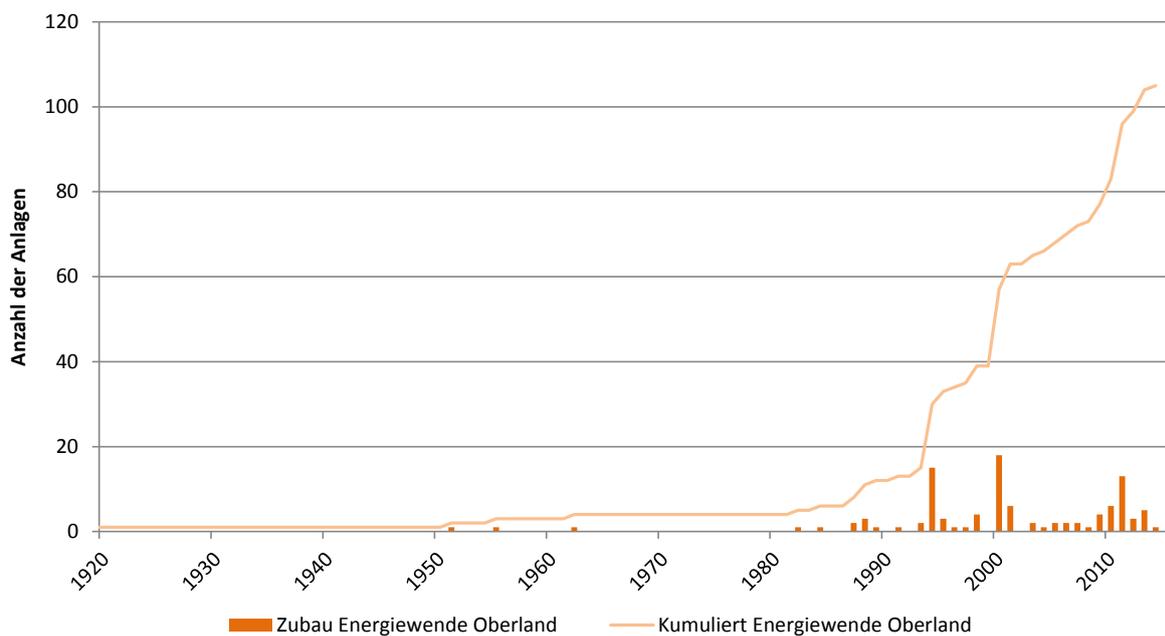


Abb. 3-7: Anzahl der installierten Wasserkraftanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der Region "Energiewende Oberland" seit 1919 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

3.3 Biomasse

Insgesamt sind für die Region „Energiewende Oberland“ 38 Anlagen zur Energieerzeugung aus fester Biomasse verzeichnet (siehe Tab. 3-5 bzw. Abb. 3-8), von denen 12 im Landkreis Weilheim-Schongau, 19 im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen und 7 im Landkreis Miesbach zu finden sind. Dabei sind in Summe etwa 7,7 MW Nennleistung in der Region installiert, wovon 62,3 % (4,8 MW) auf Bad Tölz-Wolfratshausen, 32,5 % (2,5 MW) auf Weilheim-Schongau und 5,2 % (0,4 MW) auf den Landkreis Miesbach entfallen (Tab. 3-5). Die Gemeinde mit der höchsten installierten Nennleistung (1,45 MW) ist Bad Tölz im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen, gefolgt von Reichersbeuern (1,2 MW; Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen) und Altenstadt bei Schongau (1,15 MW, Lkr. Weilheim-Schongau) (Abb. 3-8).

Tab. 3-5: Biomasseanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

	Anzahl der Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Anteil an installierter Leistung [%]
Bad Tölz-Wolfratshausen	19	4,8	62,3
Miesbach	7	0,4	5,2
Weilheim-Schongau	12	2,5	32,5
„Energiewende Oberland“	38	7,7	100,0

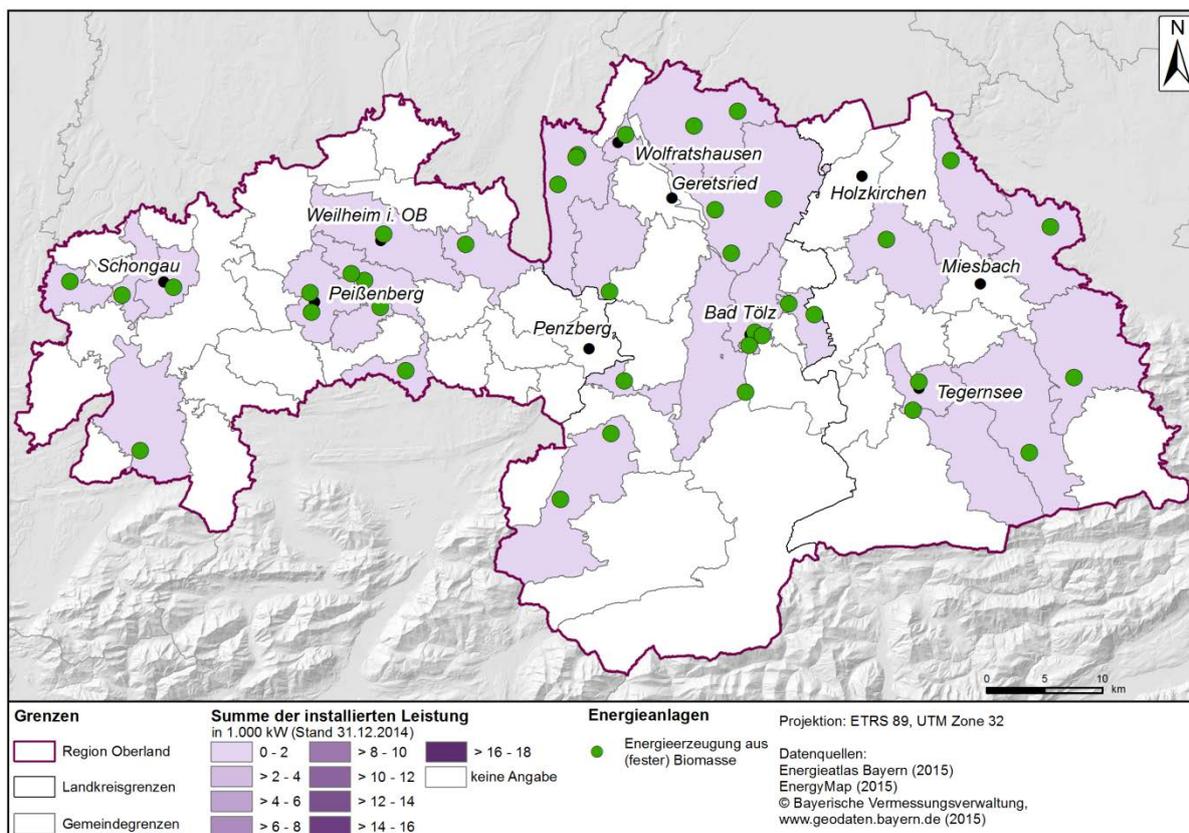


Abb. 3-8: Verteilung der Biomasseanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene

Energieerzeugung aus Biomasse gibt es in der Region „Energiewende Oberland“ seit dem Jahr 1995 (siehe Abb. 3-9). Seither wurden in unregelmäßigen Abständen insbesondere in den Landkreisen Weilheim-Schongau und Bad Tölz-Wolfratshausen bis zu fünf neue Anlagen pro Jahr installiert und in Betrieb genommen. Speziell nach Inkrafttreten des EEG im Jahr 2000 kann bei den Biomasse-Anlagen ein verstärkter Zubau verzeichnet werden. Im Jahr 2004 wird der „NawaRo“-Bonus (**Nachwachsende Rohstoffe**) für ausschließlich rein pflanzliche Stoffe eingeführt, zudem werden die Vergütungen auch für KWK-Strom erhöht. Ab dem Jahr 2006 gibt es vor allem im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen einen Anstieg der Zubaurate, die möglicherweise ein Effekt dieser EEG-Novelle sein könnte. Im Jahr 2009 werden die Vergütungen für Wärmenutzung und Güllevergärung attraktiver, außerdem erhöhen sich auch die Sätze des „NawaRo“- und des KWK-Bonus. Als Reaktion darauf könnten die vergleichsweise hohen Zubauraten im Jahr 2011 interpretiert werden.

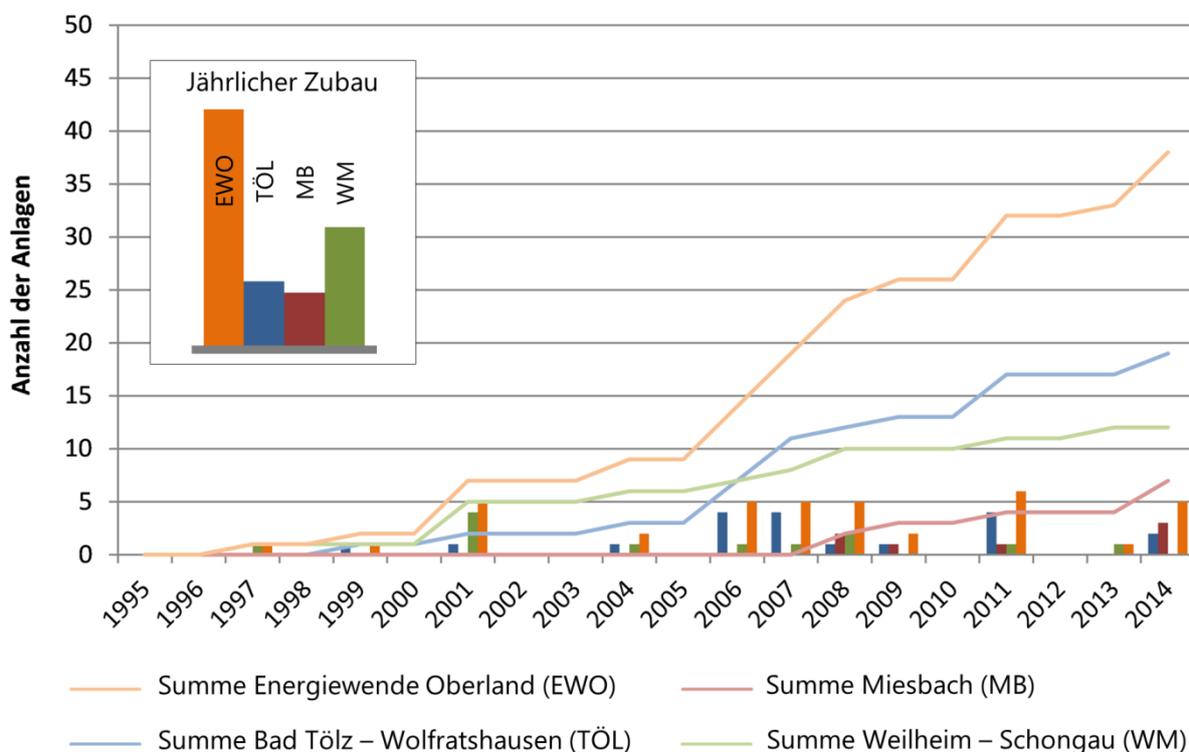


Abb. 3-9: Anzahl der installierten Biomasseanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der Region „Energiewende Oberland“ 1995 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

3.4 Biogas

In der Region „Energiewende Oberland“ gibt es 48 bestehende Anlagen zur Energieerzeugung aus Biogas. 30 davon sind im Lkr. Weilheim-Schongau installiert, 11 im Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen und 7 im Lkr. Miesbach (Tab. 3-6 bzw. Abb. 3-10). Erwartungsgemäß entfällt auf den Lkr. Weilheim-Schongau mit 85,5 % (16,5 MW) auch der größte Anteil an der insgesamt installierten Nennleistung von 19,3 MW. 10,4 % (2,0 MW) werden durch den Lkr. Bad Tölz-Wolfratshausen, 4,1 % (0,8 MW) durch den Lkr. Miesbach abgedeckt.

Tab. 3-6: Klär- und Biogasanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

	Anzahl der Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Anteil an installierter Leistung [%]
Bad Tölz-Wolfratshausen	11	2,0	10,4
Miesbach	7	0,8	4,1
Weilheim-Schongau	30	16,5	85,5
„Energiewende Oberland“	48	19,3	100,0

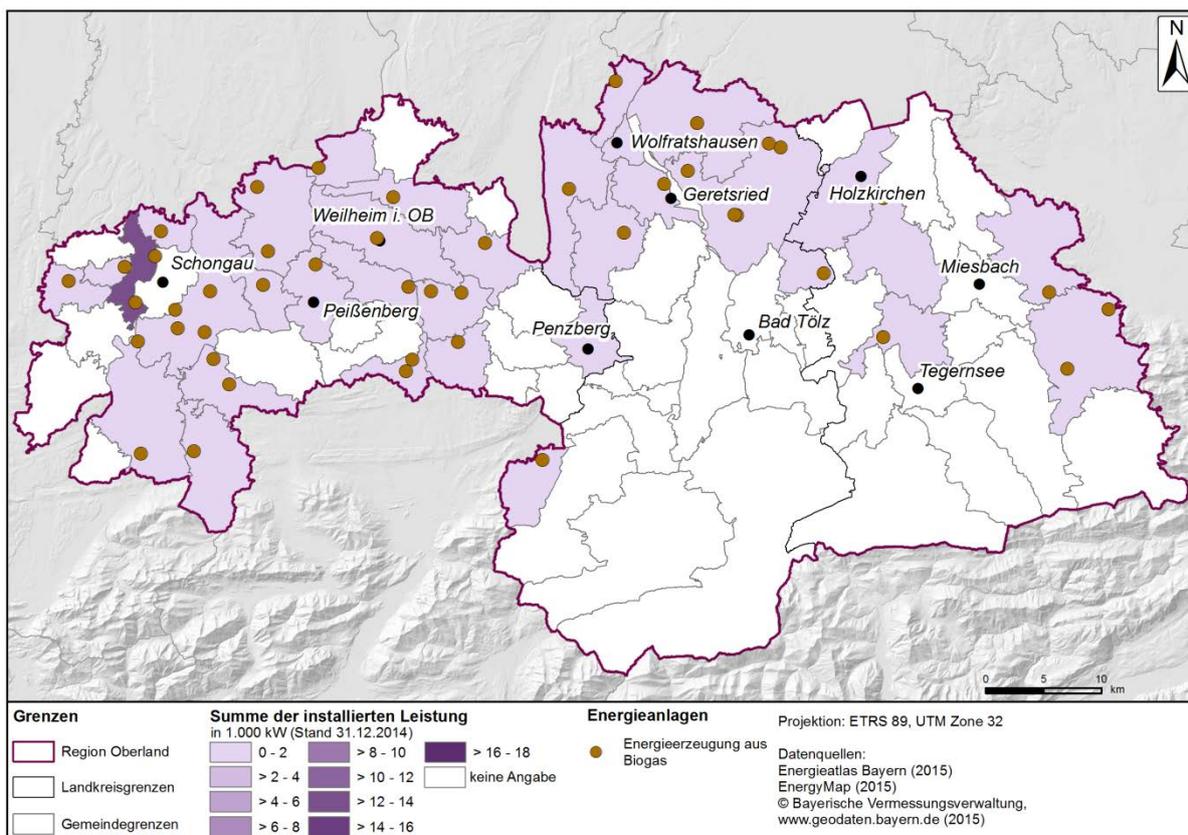


Abb. 3-10: Verteilung der Biogasanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene.

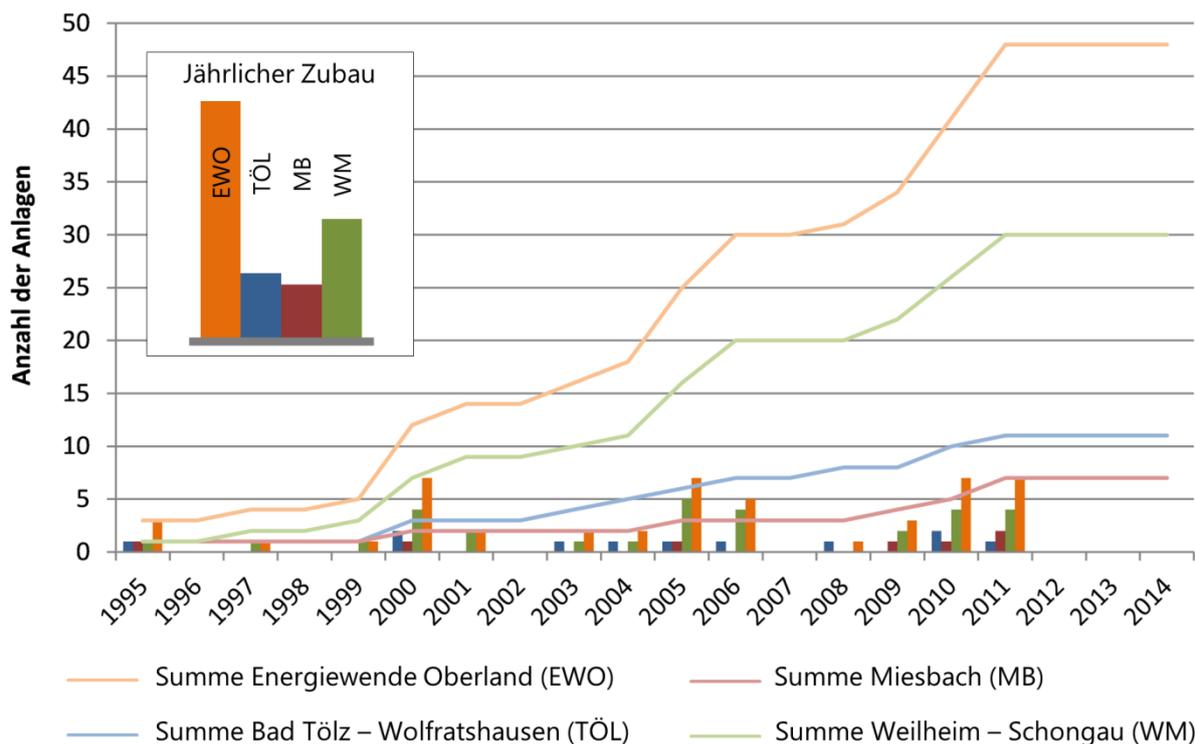


Abb. 3-11 Anzahl der installierten Biogasanlagen. Zubau und Gesamtanzahl in der Region „Energiewende Oberland“ 1995 (LFU 2014, ENERGYMAP 2015)

Die ersten Anlagen zur Energieerzeugung aus Biogas gibt es in der Region „Energiewende Oberland“ seit dem Jahr 1995 (siehe Abb. 3-11). Mit Einführung des EEG im Jahr 2000 ist insbesondere im gleichen Jahr ein enormer Zubau an Biogasanlagen erkennbar. Die EEG-Novelle 2004 (siehe Abschnitt 3.3) bewirkt in den Jahren 2005 und 2006 erneut hohe Zubauraten, insbesondere im Landkreis Weilheim-Schongau. Einen ähnlichen Effekt löste wohl auch die EEG-Neuerung im Jahr 2009 aus, der sich im Zubau an Biogasanlagen der Jahre 2009 bis 2011 bemerkbar macht.

3.5 Windkraftanlagen

Die Energieerzeugung durch Windkraft erfolgt in der Region „Energiewende Oberland“ an vier unterschiedlichen Standorten. Zwei der Anlagen befinden sich im Gemeindegebiet Miesbach, hierbei handelt es sich allerdings um kleine Anlagen mit einer installierten Gesamtleistung von 16,7 kW, die weniger als 0,1 % des durch Windkraft produzierten Stroms abdecken (Tab. 3-7 bzw. Abb. 3-12). Die übrigen beiden Anlagen befinden sich im Landkreis Weilheim-Schongau in den Gemeinden Schongau (1 kW installierte Leistung) und Peiting (600 kW) (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

Tab. 3-7: Windkraftanlagen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

	Anzahl der Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Anteil an installierter Leistung [%]	Anteil an Stromerzeugung durch Windkraft [%]
Bad Tölz-Wolfratshausen	0	0	0,0	0,0
Miesbach	2	< 0,1	1,5	< 0,1
Weilheim-Schongau	2	0,6	98,5	99,9
„Energiewende Oberland“	4	0,6	100,0	100,0

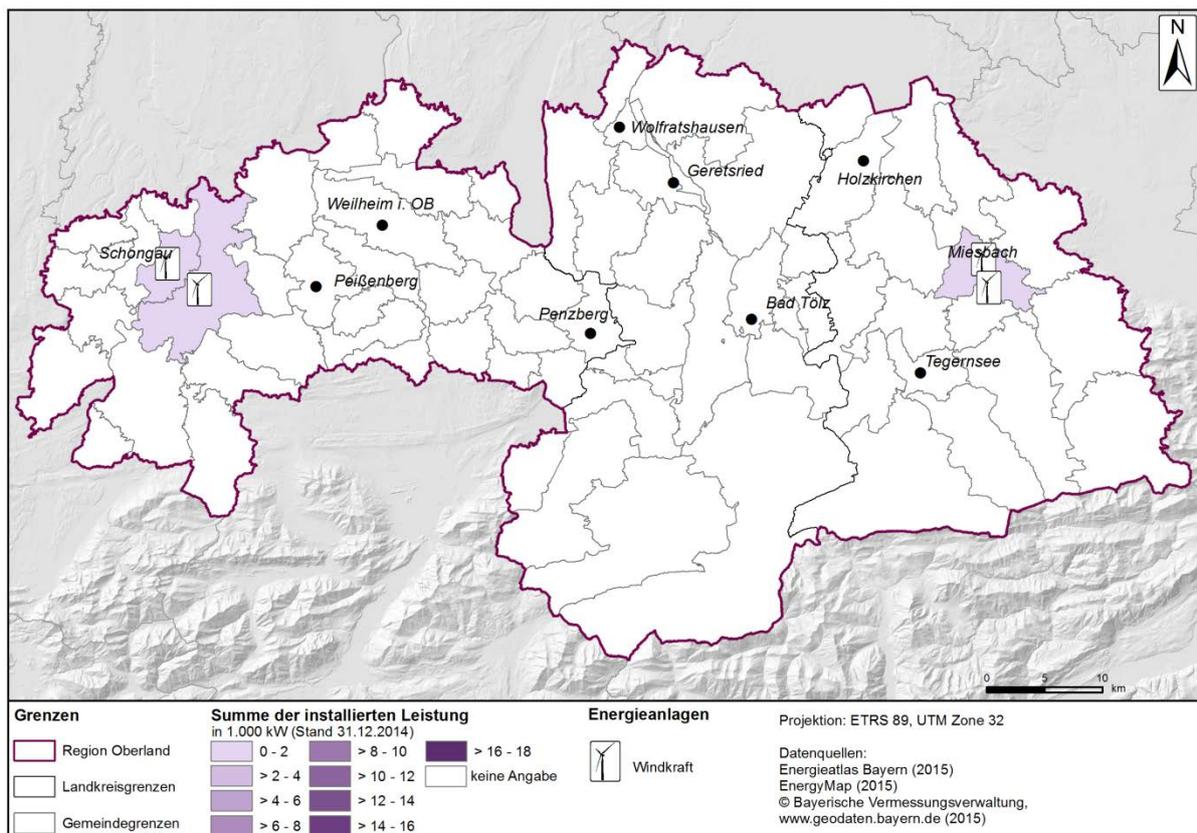


Abb. 3-12: Verteilung der Windkraftanlagen sowie deren installierte Nennleistung auf Gemeindeebene.

3.6 Geothermie

Erdwärme (Geothermie) ist die Wärmeenergie, die unterhalb der festen Oberfläche der Erde gespeichert ist. In Mitteleuropa steigt die Temperatur um ca. 3 °C pro 100 m Tiefe an, im Erdkern werden Temperaturen von bis zu 7.000 °C erreicht (BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2015). Diese Wärmeenergie kann sehr vielfältig genutzt werden. Neben der Wärmeversorgung von Gebäuden oder größeren Gebieten (Siedlungen, Gewerbe- und Industriegebiete) sowie der Nutzung von Thermalwässern kann sie auch zur Kühlung von Gebäuden oder zur Speicherung von Wärme und Kälte im Untergrund sowie zur Kühlung oder Beheizung von Straßen, Brücken oder Start- und Landebahnen verwendet werden. Zudem zieht man immer mehr auch eine Nutzung zur Stromerzeugung in Betracht. Ökologisch sinn-

voll wäre vor allem eine Nutzung in Kraft-Wärme-Kopplung, bei der nach der Stromerzeugung die Restwärme zu Heizzwecken genutzt wird (BAYSTMWIVT 2012).

Bei der geothermischen Energiegewinnung wird zwischen oberflächennaher (bis 400 m Tiefe) und tiefer Geothermie (bis zu 5.000 m Tiefe) unterschieden, die unterschiedlich genutzt werden können.

3.6.1 Oberflächennahe Geothermie

Die oberflächennahe Geothermie wird überwiegend für das Beheizen und Kühlen von Gebäuden oder Verkehrs-Infrastruktur verwendet. Sie findet in einer Tiefe bis 400 m und Temperaturen bis 25 °C statt. Über einen Wärmetauscher wird die Wärme im Boden aufgenommen und an der Oberfläche an eine Wärmepumpe abgegeben. Alternativ kann der Untergrund auch als Quelle für Klimakälte genutzt werden (BMW 2015, BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2015).

In der Region „Energiewende Oberland“ sind insgesamt 1.062 Erdwärmesonden installiert (siehe Tab. 3-8). Die meisten installierten Sonden pro Gemeinde finden sich in den Gemeinden Weilheim i. OB (82 Sonden), gefolgt von Wolfratshausen (71 Sonden) und Peiting (62 Sonden) (siehe Abb. 3-13).

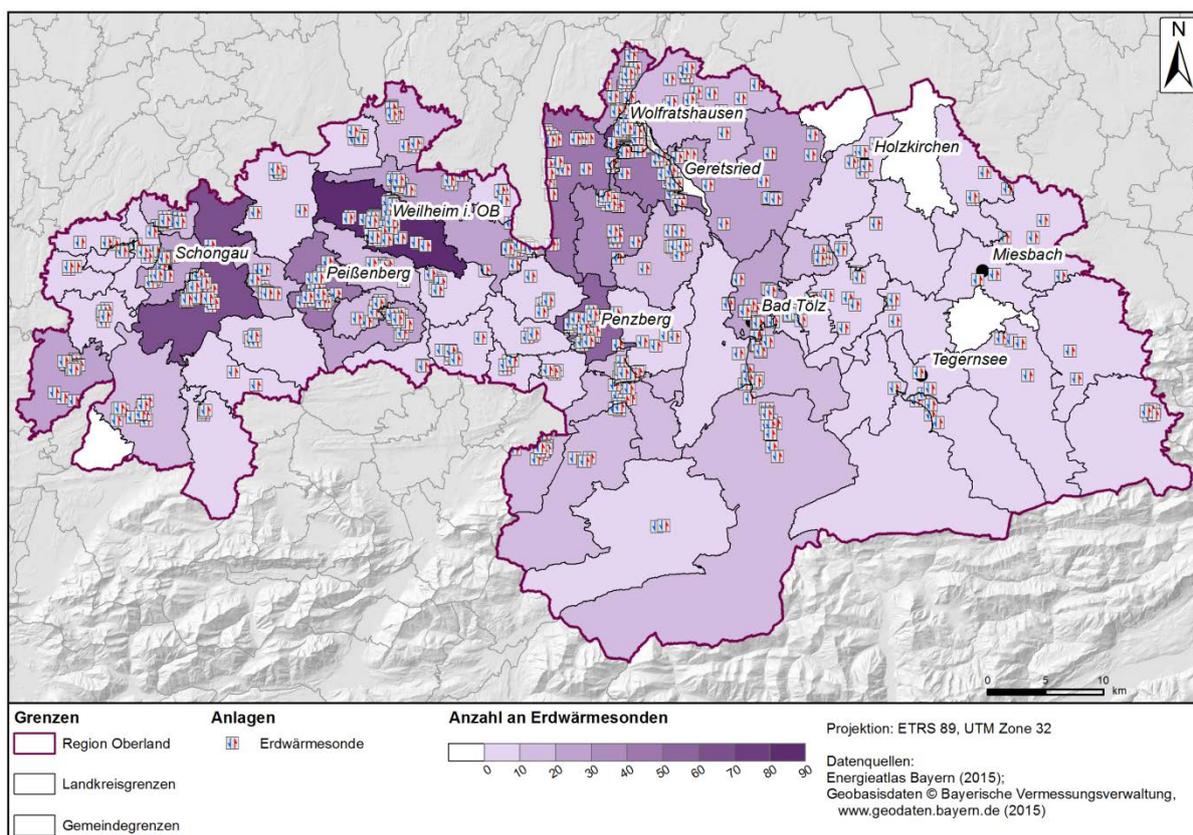


Abb. 3-13 Anzahl der installierten Erdwärmesonden pro Gemeinde in der Region „Energiewende Oberland“.

Tab. 3-8: Anzahl der Erdwärmesonden in der Region "Energiewende Oberland" (LFU 2014).

	Anzahl der Anlagen
Bad Tölz-Wolfratshausen	451
Miesbach	53
Weilheim-Schongau	558
„Energiewende Oberland“	1.062

3.6.2 Tiefe Geothermie (Tiefengeothermie)

Bei der Tiefengeothermie wird noch einmal zwischen der Nutzung von Heißwasser-Aquiferen (=hydrothermale Energiegewinnung) und der Nutzung der im Gestein gespeicherten Energie (=petrothermale Energiegewinnung) unterschieden.

Bei der *hydrothermalen Geothermie* werden die heißen Quellen (40 bis über 100 °C) im Untergrund meist über zwei Bohrungen erschlossen, sodass nach der Nutzung das Wasser wieder in den Aquifer zurückgeführt werden kann. Bei Wassertemperaturen über ca. 80 °C ist auch eine Nutzung zur Stromerzeugung bzw. in Kraft-Wärme-Kopplung möglich (BAYStMWIVT 2012, BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2015).

Die *petrothermale Geothermie* wird in trockenen Tiefengesteinen durch das künstliche Erzeugen von Rissen bzw. die Aufweitung natürlicher Risse durchgeführt. Es gibt dabei mindestens zwei Bohrungen, die durch die Risse hydraulisch miteinander verbunden sein müssen. Kühles Wasser wird in einer Bohrung verpresst und in der anderen als Heißwasser wieder an die Oberfläche befördert. Im Gegensatz zur hydrothermalen Energiegewinnung kann diese Form der Tiefengeothermie in Deutschland aus technischen und wirtschaftlichen Bedingungen momentan nur begrenzt genutzt werden (BAYStMWIVT 2012, BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2015).

Derzeit gibt es keine Anlagen zur Nutzung von Tiefengeothermie in der Region „Energiewende Oberland“.

3.7 Abwärmequellen

Vier nennenswerte Abwärmequellen sind innerhalb der Region „Energiewende Oberland“ zu finden, davon eine im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen, zwei in Miesbach (Lkr.) und eine in Weilheim-Schongau (Tab. 3-9 bzw. Abb. 3-14). Die meiste Leistung an Abwärme ist mit 185,6 MW in der Gemeinde Hausham vorhanden, gefolgt von Schongau mit einer Leistung von 9,7 MW. Insgesamt erreicht die Abwärmeleistung für die gesamte Region 196,5 MW (Tab. 3-9).

Tab. 3-9: Abwärmequellen in der Region „Energiewende Oberland“ (LFU 2014, ENERGYMAP 2015).

	Anzahl der Quellen	Abwärmeleistung [MW]	Anteil an installierter Leistung [%]
Bad Tölz-Wolfratshausen	1	1,2	0,6
Miesbach	2	185,6	94,5
Weilheim-Schongau	1	9,7	4,9
„Energiewende Oberland“	4	196,5	100,0

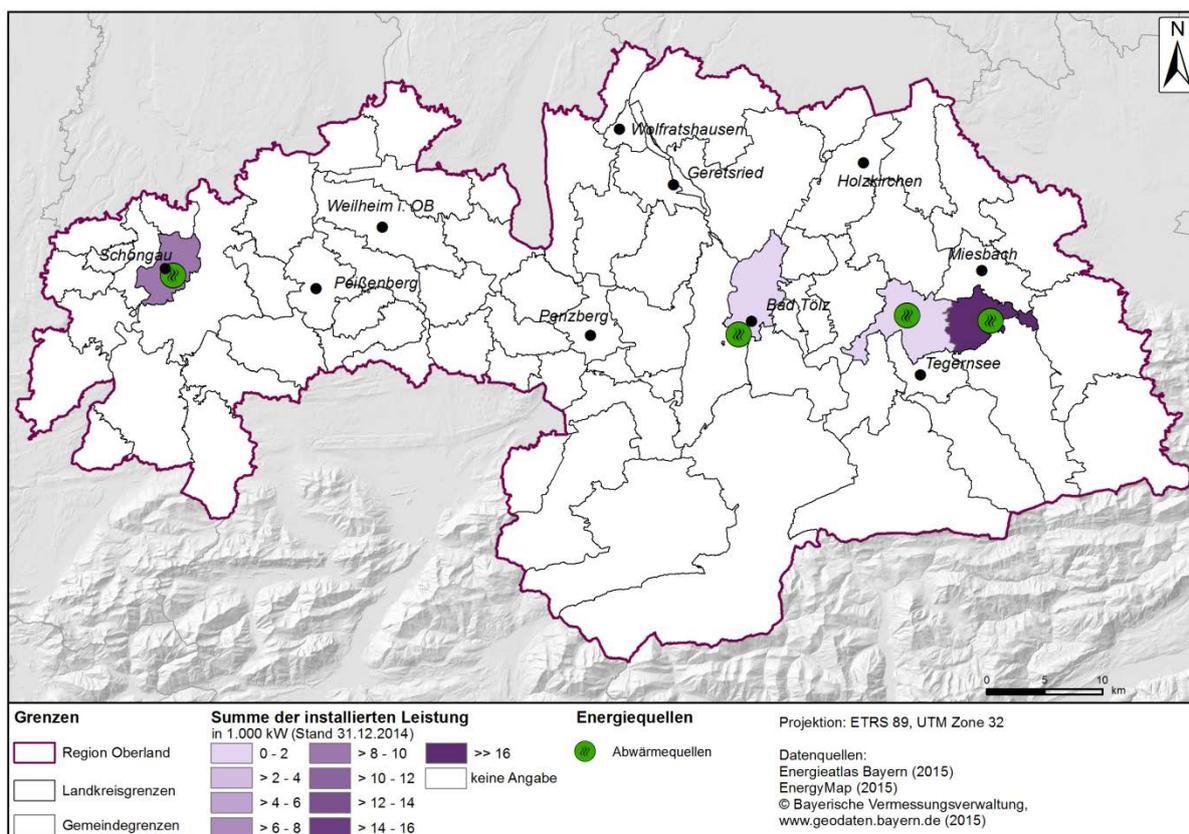


Abb. 3-14: Verteilung der Abwärmequellen sowie deren Leistung auf Gemeindeebene.

3.8 Fossile Heizkraftwerke

Auf Seiten der fossilen Energieträger sind im der Region „Energiewende Oberland“ insgesamt 12 Heizkraftwerke in Betrieb, die hauptsächlich durch Gas und in jeweils einem Fall durch Heizöl bzw. Kohle angetrieben werden (siehe Abb. 3-15). Die meisten Kraftwerke (6) sind im Landkreis Weilheim-Schongau vorhanden. In Miesbach befinden sich fünf fossile Heizkraftwerke, im Landkreis Bad Tölz-Wolfratshausen lediglich eines (LFU 2015c).

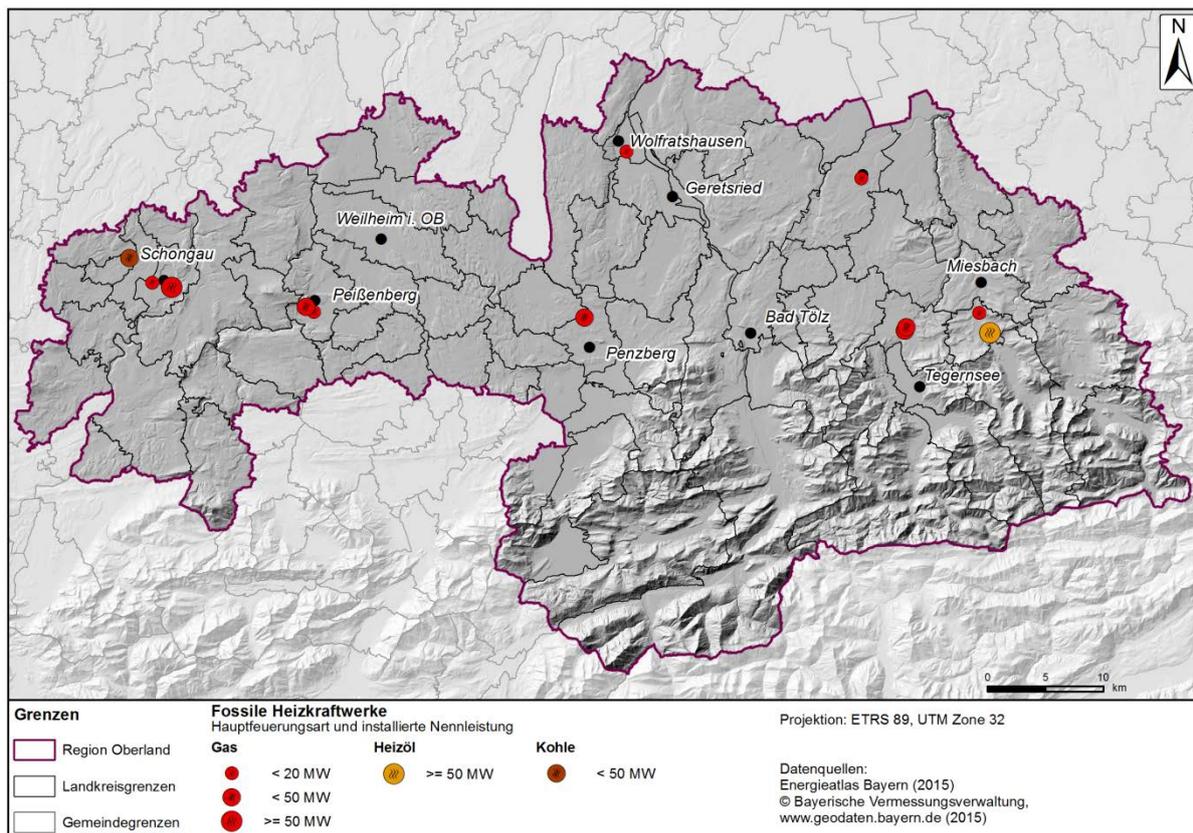


Abb. 3-15: Standorte fossiler Heizkraftwerke in der Region „Energiewende Oberland“ mit Hauptfeuerungsart und Nennleistungsklasse.

3.9 Energienetze und –speicher

Generell verfügt Bayern über sehr gute Energienetze, zu denen alle Leitungen zur Strom-, Gas-, Rohöl- und Wärmeversorgung zählen (BIHK UND VBEW 2013). Das deutsche Stromnetz, das nicht nur möglichst verlustfrei Strom transportieren soll, sondern auch der dezentralen Einspeisung und den damit verbundenen kurzfristigen Schwankungen im Zuge der Energiewende standhalten soll, ist je nach Zweck in vier Spannungsebenen untergliedert: Höchstspannung, Hochspannung, Mittelspannung und Niederspannung (BIHK UND VBEW 2013). Abb. 3-16 zeigt in rot die derzeit bestehenden Umspann-/ Schaltwerke der Region „Energiewende Oberland“ sowie Frei- und Kabelleitungen ab 110 kV Spannung (orange, rot), d.h. das Hochspannungs- und Höchstspannungsnetz.

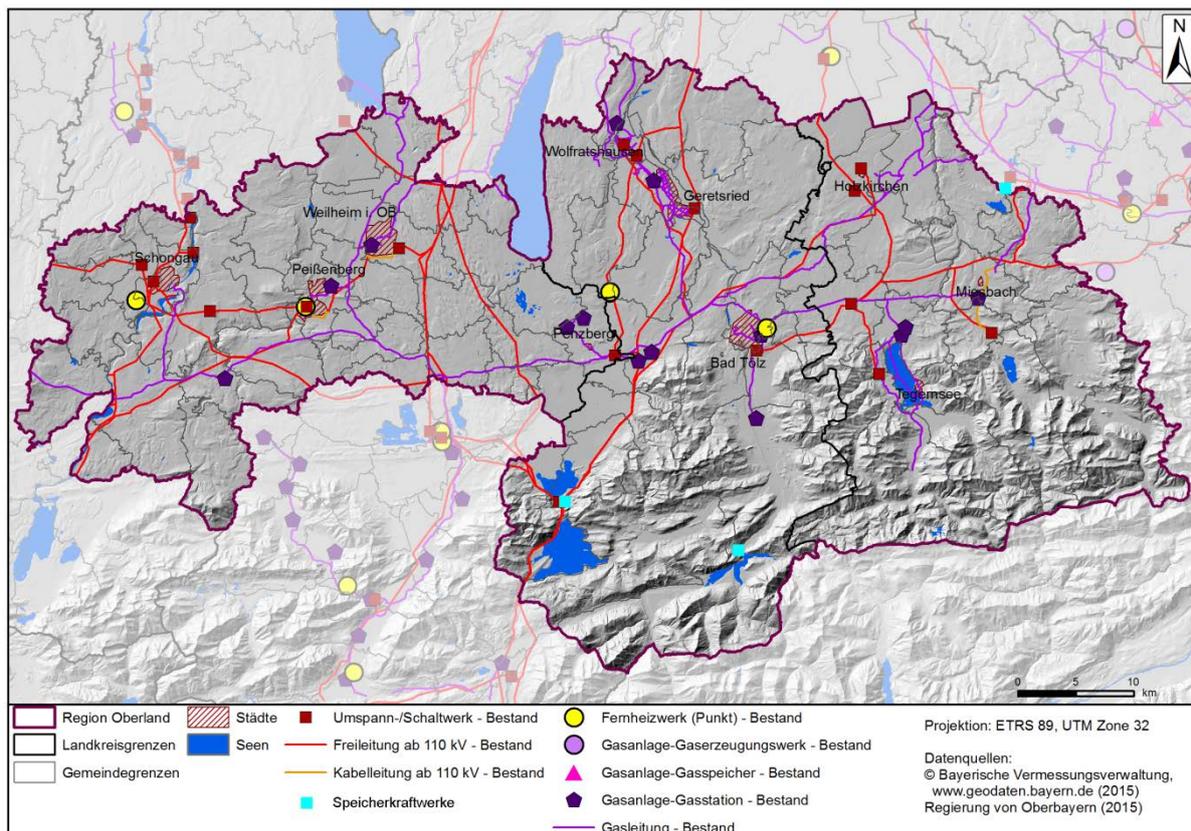


Abb. 3-16: Das Energienetz der Region „Energiewende Oberland“.

Gasleitungen sind nach Druckbereichen in Mittel-, Nieder- und Hochdruckleitungen gegliedert und nehmen eine immer bedeutendere Rolle zur Heizversorgung ein. So sind in Bayern derzeit rund 20% der Haushalte (in Neubaugebieten 40%) an das Gasversorgungsnetz angeschlossen (BIHK UND VBEW 2013). Im verarbeitenden Gewerbe wird über ein Drittel des Energieverbrauchs über Gas abgedeckt. In Deutschland entfallen etwa 90% auf Erdgas, das zu wiederum rund 90% aus Russland, Norwegen und den Niederlanden importiert wird (BIHK UND VBEW 2013). Die Gasleitungen in der Region sind auf Abb. 3-16 zu sehen (violett). Während sich Gasstationen im Gebiet befinden, sind keine Gaserzeugungswerke oder -speicher vorhanden. Alle sechs vorhandenen Erdgasspeicher Bayerns mit einer Gesamtkapazität von rund 36.000 GWh (1/3 des bayerischen Erdgasverbrauchs pro Jahr) befinden außerhalb der Region „Energiewende Oberland“, allerdings liegen die Speicher Wolfersberg (Arbeitsgasvolumen 365 Mio. m³, Lkrs. Erding) sowie Inzenham (Arbeitsgasvolumen 500 Mio. m³) und Schmidhausen (Arbeitsgasvolumen 150 Mio. m³) (beide Lkrs. Rosenheim) in unmittelbarer Nähe (BIHK UND VBEW 2013).

Fern- und Nahwärmenetze, deren begriffliche Verwendung fließend ist, aber mit größeren Transportleistungen im ersten, und kleineren, zentralen Versorgungsleitungen im zweiten Fall verbunden ist, breiten sich zunehmend aus. Sie haben den Vorteil, dass auch regenerative Energiequellen in die Wärmeversorgung integriert werden können, z.B. Biomasse-Heizkraftwerke (BIHK UND VBEW 2013). Die Fernheizwerke in der Region, d.h. das Biomasse-Heizkraftwerk Altstadt, das Heizkraftwerk Pei-

ßenberg, die Biogasanlage im Recyclinghof Quarzbichl (Gemeinde Eurasburg) sowie das Biomasse-Heizkraftwerk Flinthöhe (Gemeinde Bad Tölz) (von West nach Ost) sind Abb. 3-16 zu entnehmen.

Zu Speicherkraftwerken, die zur Energieerzeugung genutzt werden, gehören die Sylvensteinkraftwerke am Auslass des Sylvensteinspeichers, dessen Hauptzweck allerdings der Hochwasserschutz gefolgt von der Niedrigwasseraufhöhung ist (WEILHEIM 2015). Auch das Walchenseekraftwerk als Hochdruckspeicherkraftwerk gehört dazu, wobei es sich hier um kein Pumpspeicherkraftwerk handelt, sondern der natürliche Höhenunterschied von 200 m zwischen Walchen- und Kochelsee ausgenützt wird. Beim Betrieb darf der Walchensee um 6,6 m abgesenkt werden, was einem Speichervolumen von 110 Mio. m³ entspricht. Allerdings dient es wie in Kap. 3.2 erwähnt als Spitzenlastkraftwerk (E.ON 2010).

Die Leitzachwerke der Stadtwerke München am östlichen Rand der Region nützen das Wasser der Mangfall, Leitzach und Schlierach und erzeugen als einziges Pumpspeicherkraftwerk der Region „Energiewende Oberland“ Strom durch Ausnützen des Höhenunterschiedes zwischen dem natürlichen Seehamer See als Oberbecken und drei künstlich angelegter Becken als Unterbecken, die über Fallrohre verbunden sind. Innerhalb von 90 Sekunden können die Kraftwerke die volle Leistung (Leitzach1: 0,5 MW, Leitzach2: 2 x 24,6 MW, Leitzach 3: 50 kW) in das Netz einspeisen. Das Speichervolumen liegt bei 2 Mio. m³ (STADTWERKE MÜNCHEN 2014).

Literaturverzeichnis

- AHNERT, F. 1996: Einführung in die Geomorphologie. Ulmer, Stuttgart.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2015A: NSG, LSG, HQSG, TWSG, FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete (Datensatz). Online erhältlich unter www.lfu.bayern.de (Zugriffsdatum: 05.03.2015).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT 2015B: Gewässerkundlicher Dienst Bayern. Online erhältlich unter <http://www.gkd.bayern.de/> (Zugriffsdatum: Mai - Juli 2015).
- BayLfStaD 2015: Landwirtschaftszählung - Haupterhebung, allg. Ldw. Fläche (ha): Berichtsjahr: 2010. - Agricultural Census - main survey, general agricultural area [ha]: Report Year: 2010. Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung - Bavarian State Office for Statistics and Data Processing.
- BAYSTMELF 2013: Evaluation des ökologischen Landbaus in Bayern. Online erhältlich unter http://www.stmelf.bayern.de/mam/cms01/landwirtschaft/dateien/abschlussbericht_oe_k_olanda_bau_mit_zusammenfassung.pdf (Zugriffsdatum: 27.05.2015).
- BAYSTMWIVT 2010: Bayerischer Solaratlas. Solare Energiegewinnung. München: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie.
- BAYSTMWIVT 2012: Bayerischer Geothermieatlas. Hydrothermale Energiegewinnung. München: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie.
- BIHK; VBEW 2013: (Eds.) Energienetze in Bayern. Handlungsbedarf bis 2022. München.
- BMW i 2015: Solarenergie. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Online erhältlich unter <http://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/Solarenergie/solarenergie.html> (Zugriffsdatum: 04.08.2015).
- BUNDESVERBAND GEOTHERMIE 2015: Einstieg in die Geothermie. Online erhältlich unter <http://www.geothermie.de/wissenswelt/geothermie/einstieg-in-die-geothermie.html> (Zugriffsdatum: 03.08.2015).
- DWD 2015A: Klimadaten Deutschland. Messstationen. Monatswerte. Online erhältlich unter http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?nfpb=true&pageLabel=dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T82002qsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima_Umwelt%2FKlimadaten%2FKlDaten_kostenfrei%2Fausgabe_monatswerte_node.html%3Fnnn%3Dtrue (Zugriffsdatum: 9.6.2015).
- DWD 2015B: Klimadaten für Deutschland (Datensatz). Online erhältlich unter http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?nfpb=true&pageLabel=dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&activePage=&nfls=false (Zugriffsdatum: 8.1.2015).
- E.ON 2010: Das Walchenseekraftwerk. Ein Juwel der Technik in den Alpen. E.ON Wasserkraft GmbH. Online erhältlich unter http://apps.eon.com/documents/EWK_Walchensee_2010_ger.pdf (Zugriffsdatum: 01.06.2015).
- ENERGYMAP 2015: Anlagen zur Produktion Erneuerbarer Energien (Datensatz). Online erhältlich unter <http://www.energymap.info/energieregionen/DE/105/111/166.html> (Zugriffsdatum: 07.05.2015).
- GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W. 1999: TOPAZ Version 3.1. USDA, Agricultural Research Service Grazingslands Research Laboratory, Oklahoma, USA.
- HOFER, V. 2015: Die Verwendung eines fuzzy-logic Ansatzes zur Landnutzungsklassifikation mit dem Schwerpunkt auf landwirtschaftlichen Anbaukulturen anhand multitemporaler

- Landsat 8 Daten in der Region Oberland (Süddeutschland). Ludwig-Maximilians-Universität München.
- HORN, R.; BRÜMMER, G. W.; KANDELER, E.; KÖGEL-KNABNER, I.; KRETZSCHMAR, R.; STAHR, K. UND WILKE, B.-M. 2010: Scheffer/schachtschabel: Lehrbuch der bodenkunde. Springer-Verlag.
- LDBV 2015: Digitales Geländemodell 25 m (Datensatz). Bayerisches Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung. Online erhältlich unter www.geodaten.bayern.de (Zugriffsdatum: 19.03.2015).
- LFU 2014: Energie-Atlas Bayern. Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de. Online erhältlich unter www.geoportal.bayern.de/energieatlas-karten (Zugriffsdatum: 20.11.2015).
- LFU 2015A: Querbauwerke (Datensatz). Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de. Online erhältlich unter <http://www.lfu.bayern.de/gdi/dls/querbauwerke.xml> (Zugriffsdatum: 05.03.2015).
- LFU 2015B: Geodatendienste - Natur (Datensätze). Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de. Online erhältlich unter http://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/geodatendienste/index_download.htm (Zugriffsdatum: 02. 02. 2015).
- LFU 2015c: Fossile Heizkraftwerke. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt, www.lfu.bayern.de.
- MAUSER, W.; BACH, H. 2009: PROMET—Large scale distributed hydrological modelling to study the impact of climate change on the water flows of mountain watersheds. *Journal of Hydrology*, 376(3), 362-377.
- MEYNEN, E.; SCHMITHÜSEN, J. 1953: Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands. Erste Lieferung. Bundesanstalt für Landeskunde und Raumforschung, Bad Godesberg.
- MUERTH, M. 2008: A Soil Temperature and Energy Balance Model for Integrated Assessment of Global Change Impacts at the Regional Scale. PhD, Faculty of Geosciences, LMU Munich, submitted.
- REDELBERGER, H. 2004. Förderung des ökologischen Landbaus. In: REDELBERGER, H. (Eds.): Management-Handbuch für die ökologische Landwirtschaft: Verfahren-Kostenrechnungen-Baulösungen. Darmstadt. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 33-43.
- SOLARENERGIE-FÖRDERVEREIN DEUTSCHLAND E.V. 2015: Solarstrom-Vergütungen im Überblick. Online erhältlich unter <http://www.sfv.de/lokal/mails/sj/verquetu.htm> (Zugriffsdatum: 25.06.2015).
- SSYMANK, A. 1994: Neue Anforderungen im europäischen Naturschutz. Das Schutzgebietssystem Natura 2000 und die "FFH-Richtlinie der EU". *Natur und Landschaft*, 69(9), 395 - 406.
- STADTWERKE MÜNCHEN 2014: SWM Erzeugungsanlagen. Starke Eigenerzeugung für die sichere Versorgung Münchens und seiner Region.
- STATISTISCHES BUNDESAMT 2012: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Ausgewählte Zahlen der Landwirtschaftszählung/Agrarstrukturerhebung 2010. Fachserie 3, Reihe 1. Wiesbaden.
- UNTIEDT, H. 2004. Bedeutung des Getreideanbaus im ökologischen Landbau. In: REDELBERGER, H. (Eds.): Management-Handbuch für die ökologische Landwirtschaft: Verfahren-Kostenrechnungen-Baulösungen. Darmstadt. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL), 65-66.

- URBAN, R.; MAYER, A. 2008: Floristische und vegetationskundliche Besonderheiten aus den Bayerischen Alpen. *Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft*, 78, 103-128.
- WEILHEIM, W. 2015: Sylvensteinspeicher. Online erhältlich unter http://www.wwa-wm.bayern.de/fluesse_seen/gewaesserportraits/sylvensteinspeicher/index.htm (Zugriffsdatum: 20.07.2015).

Anhang

A. 1: Flusspegel der verschiedenen Gewässer in der Region „Energiewende Oberland“ mit ihren Kennwerten mittlerem Niedrigwasserabfluss (NQ), Mittlerer Jahresabfluss (MQ) und mittlerem Hochwasserabfluss (HQ) (Datengrundlage: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT (2015b))

Pegelname	Gewässer	Zeitraum	NQ Jahr [m ³ /s]	MQ Jahr [μ ³ /s]	HQ Jahr [μ ³ /s]
Engen	Illach		0,07	0,79	24,90
Lechbruck	Lech	1970 – 2015	1,50	70,97	842,00
Sylvensteinsee Abfluss	Sylvensteinsee	1970 – 2015	0,19	14,93	350,00
Sylvenstein	Isar		1,97	14,80	452,00
Lenggries	Isar	1970 – 2015	4,84	20,50	568,50
Bad Tölz KW	Isar	1970 – 2015	0,00	27,85	573,75
Puppling	Isar	1970 – 2015	13,78	47,72	562,75
Rißbachklamm	Rißbach	1970 – 2015	0,29	9,12	338,00
Gaißbach	Große Gaißbach	1970 – 2015	0,04	1,04	50,43
Bairawies	Zeller Bach	1971 - 2015	0,03	0,41	25,98
Schlehdorf	Loisach	1970 - 2015	5,38	21,68	358,50
Kochel	Loisach	1970 - 2015	13,58	48,15	258,00
Beuerberg	Loisach	1970 - 2015	3,67	37,65	318,00
Dürnhäusen	Lothdorfer Bach	1970 - 2015	0,01	0,27	14,10
Bruggen	Loisach Isar Kanal	1970 - 2015	0,43	17,52	39,38
Peißenberg	Ammer	1970 - 2015	0,74	8,97	360,00
Weilheim	Ammer	1970 - 2015	3,36	14,65	648,25
Unternogg	Halbammer	1970 - 2015	0,07	1,67	118,25
Oberhausen	Ach	1970 - 2015	0,19	2,54	49,48
Raisting	Rott	1970 - 2015	0,06	0,84	45,65
Schmerold	Mangfall	1970 - 2015	0,24	9,01	132,00
Valley	Mangfall	1970 - 2015	0,57	5,79	154,25
Feldolling	Mangfall	1970 - 2015	0,92	8,60	285,25
Oberach	Weißbach	1970 - 2015	0,42	4,27	170,25
Bad Kreuth	Sagenbach	1970 - 2015	0,12	0,73	16,53
Rottach	Rottach	1970 - 2015	0,04	1,08	43,80
Bad Wiessee	Zeiselbach	1987 - 2015	0,01	0,21	15,25
Stauden	Leitzach	1970 - 2015	1,32	4,64	105,75
Erb	Leitzach	1970 - 2015	0,19	1,89	141,00

