

Bericht 3.1.1: Eine geografische Beschreibung des Marktgebietes Oberrhein

Hauptautor: Joris Dehler Holland (KIT DFIU)

Mitarbeiter*innen: Hasan Ümitcan Yilmaz, Phuong Minh Khuong (KIT DFIU)

Redaktion: Wolf Fichtner (KIT DFIU)



Universität
Basel



3.1.1- Eine geografische Beschreibung des Marktgebietes Oberrhein

Einleitung

Ziel des dritten Arbeitspakets ist die Analyse von Szenarien der zukünftigen Stromerzeugung in der Oberrheinregion. Insbesondere steht dabei im Fokus, inwieweit der zukünftige Stromverbrauch von erneuerbaren Energien wie Wind- und Solarstrom gedeckt werden kann. Wesentliche Einflussfaktoren sind dabei die geographischen Gegebenheiten der Oberrheinregion und die soziodemographische Entwicklung, die den zukünftigen Strombedarf mitbestimmt. Dieser Kurzbericht gibt deshalb einen Überblick über wesentliche soziodemographische Kennzahlen der Oberrheinregion. Weiterhin wird die Stromnachfrage in der Oberrheinregion und in Europa thematisiert. Aufbauend auf dem EU-Referenzszenario wird ein Szenario für die Entwicklung der Stromnachfrage in der Oberrheinregion und in Europa abgeleitet. Dieses Szenario dient als Grundlage für die weiteren Szenarioanalysen mit Hilfe des Energiesystemmodells PERSEUS-EU, in das die Oberrheinregion als mit den sie umgebenden Ländern verknüpfte Einheit abgebildet wird.

Sozio-demographische Entwicklung

Die Oberrheinregion (ORR) umfasst das deutsch-französisch-schweizerische Grenzgebiet und setzt sich aus vier Teilgebieten Elsass, Nordwestschweiz, Südpfalz und Baden zusammen. Die Gesamtregion ORR zählte im Jahr 2016 rund 6,1 Mio. Einwohner bei einer Gesamtfläche von 21.526 km². Das Elsass und der badische Teil sind ähnlich groß und nehmen zusammen rund 76% der Gesamtfläche der ORR ein. Das südpfälzische Gebiet nimmt rund 7% der ORR ein und umfasst die Landkreise Germersheim, Südliche Weinstraße, Landau, sowie den östlichen Teil des Landkreises Südwestpfalz mit den Verbandsgemeinden Hauenstein und Dahner Felsenland. Der schweizerische Teil der ORR umfasst die Kantone Aargau, Basel-Stadt und Basel-Landschaft (Nordwestschweiz) plus die Kantone Solothurn und Jura. Sie tragen insgesamt zu rund 17% zur ORR bei. Die an den Grenzen liegenden Gebirgszüge, der Schwarzwald im Osten, die Vogesen im Westen und ein Teil des Juras im Süden, sind überwiegend Waldgebiete und machen ca. 43% der Gesamtfläche aus. Die landwirtschaftlich nutzbare Fläche beläuft sich auf ca. 39% der Gesamtfläche. Gewässer und sonstige, nicht nutzbare Flächen machen zusammen ca. 2% der ORR aus. Die restlichen 16% werden von der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Anspruch genommen.

Tabelle 1: Sozio-demographische Kennzahlen der Oberrheinregion (ORK 2018).

	Einwohner / Anteil an ORR (%)	Fläche (km ²) / Anteil an ORR (%)	BIP (Mio. EUR) / Anteil an ORR (%)
Teilgebiet Frankreich (OR- Départements im Elsass	1.879.265 / 30,4 %	8.280 km ² / 38,5 %	56.871 / 20,8 %
Bas-Rhin	1.116.658	4.755	
Haut-Rhin	762.607	3.525	
Teilgebiet Deutschland (OR- Landkreise in Baden	2.812.881 / 45,6 %	9.659 km ² / 44,9 %	109.407 / 40,1 %
Lörrach	2.504.563 / 40,5 %	8.147 km ² / 37,9 %	99.949 / 36,6 %
Waldshut	227.545	807	
Breisgau-Hochschwarzwald	168.852	1.131	
Freiburg	260.416	1.378	
Emmendingen	227.590	153	
Ortenaukreis	163.251	680	
Baden-Baden	423.359	1.860	
Rastatt	54.307	140	
Stadtkreis Karlsruhe	228.907	738	
Landkreis Karlsruhe	309.999	173	
Landkreise in der Südpfalz	440.337	1.085	
Germersheim	308.318 / 5,5 %	1.512 km ² / 7,0 %	9.458 / 3,5 %
Südliche Weinstraße	128.205	463	
Landau in der Pfalz	110.885	640	
Südwestpfalz ¹⁴	46.006	83	
Teilgebiet Schweiz (OR-CH)	23.222	326	
Kantone in der Schweiz	1.484.719 / 24,0 %	3 588 km ² / 16,6 %	106.627 / 39,1 %
Aargau	663.462	1.404	
Solothurn	269.441	790	
Basel-Land	285.624	518	
Basel-Stadt	193.070	37	
Jura	73.122	839	
ORK-komplett (OR)	6.176.865	21.526 km ²	272.905 Mio.

Insgesamt gibt es in der ORR 3.161 Mio. Erwerbstätige. 72,4% davon arbeiten im Dienstleistungssektor. Das produzierende Gewerbe mit Schlüsselbranchen wie Chemie und Fahrzeugbau beschäftigte im Jahr 2016 insgesamt 25,9% aller Erwerbstätigen. In der Landwirtschaft sind nur 1,7% aller Erwerbstätigen beschäftigt. Der wirtschaftliche Wohlstand der ORR, gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) je Einwohner, unterscheidet sich zwischen den Teilgebieten. Im Jahr 2016 wurde in der Schweizer Teil der ORR ein BIP von umgerechnet 73.002 Euro je Einwohner erwirtschaftet. Im badischen Teil betrug das BIP

40.058 Euro, gefolgt von dem BIP der Südpfalz mit 33.286 Euro und des Elsass mit 30.223 Euro. In der gesamten ORR wurde ein BIP von rund 273 Milliarden Euro erwirtschaftet, was im Durchschnitt ca. 34.900 Euro je Einwohner entspricht. (ORK 2018). In Tabelle 1 sind diese Daten noch einmal dargestellt.

Stromnachfrage

Bei der Auslegung des Elektrizitätssystems ist die detaillierte Kenntnis der Stromnachfrage ein wesentlicher Faktor. Dabei ist es einerseits wichtig, die Höhe der jährlichen Stromnachfrage zu bestimmen. Andererseits spielt der Verlauf der Nachfrage über das Jahr (zum Beispiel in stündlicher Auflösung) eine wesentliche Rolle, um den Bedarf für verschiedene Energieträger zu bestimmen. Sowohl die Bestimmung der Höhe des Stromverbrauchs als auch dessen Verlaufs über das Jahr werden für die Oberrheinregion durch die Datenlage erschwert. Der jährliche Stromverbrauch wird häufig auf der Ebene von Verwaltungsgebieten wie den deutschen Bundesländern angegeben. Die Teilgebiete der Oberrheinregion sind nicht deckungsgleich mit den von offizieller Seite herausgegebenen Berichten. Deshalb wurden im Rahmen dieses Projektes verschiedene Datenquellen herangezogen, um die Stromnachfrage in der Oberrheinregion zu schätzen. Dabei wurden Daten mit verschiedenen Erhebungsverfahren zusammengebracht und mussten zum Teil auf den Bevölkerungsanteil in der Oberrheinregion (siehe oben) skaliert werden. Tabelle 2 stellt die Ergebnisse dar. Demnach wurden im Jahr 2010 etwa 40,1 TWh Strom in der Oberrheinregion verbraucht. Zum Jahr 2016 wuchs der Stromverbrauch auf etwa 44,5 TWh an. Damit hätte der Stromverbrauch in der Oberrheinregion in dieser Zeit um etwa 11% zugenommen.

Tabelle 2: Geschätzte Stromnachfrage in der Oberrheinregion in 2010 und 2016. (Energieatlas Rheinland-Pfalz 2020; atmo-alsace 2013; Statistisches Amt des Kantons Basel-Landschaft; Statistisches Amt des Kantons Basel-Stadt 2018; Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2020; Kanton Solothurn Amt für Umwelt 2014; Département de l'Environnement et de l'Équipement 2012; Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg und Statistisches Landesamt Baden-Württemberg 2018; Departement Finanzen und Ressourcen Aargau 2016)

(GWh)	2010	2016
Elsass	12.972	14.070
Baden	13.057	17.034 ¹
Südpfalz	1.282	1.745
Oberrheinregion - Schweiz²	12.826	11.685
Oberrheinregion gesamt	40.137	44.534

¹ Proportional zur Bevölkerung Badens

² Für Solothurn Werte aus 2009 und 2012

Für die konsistente Modellierung des europäischen Stromsystems ist eine einheitliche Datenbasis unerlässlich. Bei der Entwicklung der Stromnachfrage in Europa greifen wir deshalb auf das EU-Referenzszenario 2016 (Capros et al. 2016) zurück. Zur Vereinheitlichung der Modellannahmen zur Stromnachfrage in den Ländern wurden deshalb die Stromnachfragen von Frankreich, der Schweiz und Deutschland mit dem jeweiligen Bevölkerungsanteil in der Oberrheinregion skaliert. Für das Basisjahr 2015 ergibt dieses Vorgehen eine Stromnachfrage von etwa 40,6 TWh in der Oberrheinregion. Aufgrund der in diesem Projekt unternommenen Schätzungen erweist sich diese Annahme als plausibel. Wegen der beschriebenen Datenlage ist er allerdings mit einer gewissen Unsicherheit behaftet.

Auch über den stündlichen Verlauf der Stromnachfrage in der Modellregion ORR sind keine öffentlichen Daten verfügbar. Für die Modellierungsarbeiten in diesem Projekt wurden deshalb die von den europäischen Übertragungsnetzbetreibern verfügbaren Stromlastprofile von Frankreich, der Schweiz und Deutschland anhand des Bevölkerungsanteils in der Oberrheinregion skaliert. Der jeweilige Anteil wird von den Profilen der die Oberrheinregion umgebenden Ländern abgezogen, um eine konsistente Datenbasis zu schaffen. Der Anteil des deutschen Teilgebiets ORR-de beträgt 3,5%, des schweizerischen 18% und des französischen 2,8% an der jeweiligen Gesamtbevölkerung ihrer Stammländer.

Annahmen zukünftige Stromnachfrage

Während laut EU-Referenz-Szenario beim gesamten Primärenergiebedarf in Europa in den nächsten Jahrzehnten ein großer Rückgang zu erwarten ist, wird der Stromverbrauch vermutlich eher weiter ansteigen. Zwar sind auch beim Elektrizitätsbedarf große Einsparpotenziale vorhanden, jedoch sorgt die Elektrifizierung als ein anhaltender Trend bei der Endenergienachfrage eher für einen Anstieg der Stromnachfrage. Dies ist auf zwei Effekte zurückzuführen: eine Verlagerung hin zu Elektrizität für Heizung und Kühlung (aufgrund der höheren Nachfrage nach Klimaanlage und der Einführung von elektrischen Wärmepumpen) und eine anhaltende Zunahme von Elektrogeräten im privaten und tertiären Sektor (hauptsächlich IT-, Freizeit- und Kommunikationsgeräte). In geringerem Maße ist dies auch das Ergebnis einer weiteren Elektrifizierung des Schienenverkehrs sowie der langfristigen Verbreitung von Elektrofahrzeugen, was zu einer höheren Stromaufnahme im Verkehrssektor führt. (Capros et al. 2016)

Der von den Erzeugungsanlagen zu deckende Strombedarf ist der treibende Parameter des Modells. Für jedes modellierte Land werden die Entwicklung des Strombedarfs über den Zeithorizont sowie die Lastprofile spezifiziert, um die interregionale Struktur und die Lastcharakteristik der einzelnen Länder zu berücksichtigen. In Tabelle 3 ist die angenommene Entwicklung der Stromnachfrage in den modellierten Ländern innerhalb des

Zeithorizonts des Modells zusammengefasst. In Europa insgesamt wird demnach die Nachfrage bis 2050 um 26,5% im Vergleich zu 2015 steigen (Capros et al. 2016). Der länderspezifische Anstieg der Nachfrage ist unterschiedlich: während z.B. in Norwegen die Nachfrage nur um 4% zwischen 2015 und 2050 steigt, wird er in Polen um 58% steigen. In den Teilgebieten der ORR werden unterschiedliche Steigerungsraten erwartet. So steigt die Nachfrage im deutschen Teil um 11,1%, im schweizerischen Teil um 20,2% und im französischen Teil um 24,6%. Diese Werte entsprechen auch denen ihrer jeweiligen Stammländer. Die Lastkurven der Stromnachfrage sind aus den stündlichen Lastdaten je Land (ENTSO-E 2022) abgeleitet und auf die zeitliche Auflösung des Modells skaliert.

Tabelle 3: Stromnachfrageentwicklung in Europa nach EU-Referenzszenario

Land	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Belgien	81,8	84,0	85,4	89,0	91,9	97,3	102,9	108,1
Bulgarien	27,7	29,1	30,2	31,1	31,7	32,8	34,0	35,6
Dänemark	31,8	32,8	34,5	35,7	37,8	39,8	42,2	44,5
Deutschland	503,9	512,0	526,3	539,6	542,3	546,6	553,4	559,7
Estland	7,1	7,6	7,8	8,3	8,6	8,9	9,4	9,8
Finnland	78,9	79,7	82,4	83,9	86,3	88,8	92,5	96,1
Frankreich	427,0	439,4	445,0	456,0	475,2	494,2	512,2	532,0
Griechenland	51,1	53,3	52,0	50,5	52,9	54,3	55,2	56,4
Irland	24,5	26,2	27,3	28,1	29,3	30,6	32,1	33,9
Italien	294,1	304,3	306,3	313,7	335,8	359,2	377,5	394,9
Kroatien	15,3	16,2	16,2	16,4	17,1	17,9	19,1	20,5
Lettland	6,6	7,2	7,6	8,1	8,4	9,0	9,5	9,9
Litauen	9,7	10,3	10,4	10,2	10,3	10,5	11,2	11,7
Luxemburg	6,5	6,9	7,5	8,3	9,3	10,4	11,3	12,0
Niederlande	105,1	110,5	114,4	116,3	118,6	123,1	127,5	132,8
Norwegen	105,7	105,5	104,7	105,8	106,4	107,3	108,6	110,0
Österreich	63,2	67,2	69,7	72,5	74,7	77,7	81,0	82,8
Polen	128,1	142,0	156,0	168,3	177,1	185,9	194,5	202,3
Portugal	44,9	47,1	47,7	47,8	48,4	49,6	50,5	51,0
Rumänien	42,8	47,2	49,2	51,1	53,3	56,3	59,4	62,3
Schweden	129,1	135,5	139,5	144,2	148,1	152,6	159,6	165,8
Schweiz	46,1	46,9	47,8	50,0	52,6	54,6	55,4	55,4
Slowakei	25,8	27,1	29,4	31,1	32,2	33,0	33,7	34,2
Slowenien	12,8	13,5	14,7	15,1	15,4	16,0	16,6	17,2

Spanien	233,3	246,6	249,3	256,7	263,2	270,3	279,3	290,9
Tschechien	58,3	61,0	64,1	66,1	68,9	71,8	75,7	79,1
Ungarn	34,6	35,9	38,2	39,1	40,6	42,9	45,6	47,2
Ver. Königreich	322,2	334,9	341,2	356,2	372,1	395,2	421,5	438,0
ORR	40,6	41,5	42,3	43,6	44,8	46,0	47,0	47,8
ORR-ch	10,1	10,3	10,5	11,0	11,6	12,0	12,2	12,2
ORR-de	18,1	18,4	18,9	19,4	19,5	19,6	19,9	20,1
ORR-fr	12,4	12,8	13,0	13,3	13,8	14,4	14,9	15,5

Literaturverzeichnis

atmo-alsace (2013): CHIFFRES CLES–ALSACE. Emissions de polluants et de GES Consommations et productions d'énergie. Online verfügbar unter http://www.atmo-alsace.net/medias/produits/Chiffres_cles_ACE_Alsace_2013.pdf.

Capros, P.; Vita, A. de; Tasios, N.; Siskos, P.; Kannavou, M.; Petropoulos, A. et al. (2016): EU Reference Scenario 2016 - Energy, transport and GHG emissions -Trends to 2050. Europäische Kommission. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20160713%20draft_publication_REF2016_v13.pdf.

Département de l'Environnement et de l'Équipement (Hg.) (2012): Perspectives énergétiques de la République et Canton du Jura à l'horizon 2035. Weinmann-Energies SA. Online verfügbar unter <https://www.jura.ch/Htdocs/Files/v/12145.pdf/Departements/DEE/SDT/SDE-New/Strategie-energetique-2035/Rapport-strategie-energetique-2035---Rapport-Weinmann-resume.pdf?download=1>.

Departement Finanzen und Ressourcen Aargau (2016): Datenportal Aargau. Online verfügbar unter https://www.ag.ch/de/dfr/statistik/datenportal/filterabfrage/datenportal_filterabfrage.jsp, zuletzt geprüft am 2020.

Energieatlas Rheinland-Pfalz (2020). Online verfügbar unter <https://www.energieatlas.rlp.de/earp/startseite/>, zuletzt aktualisiert am 20.03.2020.

ENTSO-E (2022): Transparency Platform. ENTSO-E. Online verfügbar unter <https://transparency.entsoe.eu/>.

Kanton Solothurn Amt für Umwelt (2014): Energiekonzept Kanton Solothurn. Online verfügbar unter https://www.so.ch/fileadmin/internet/vwd/vwd-awa/Energiefachstelle/_pdf/Energiekonzept_2014.pdf.

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (Hg.) (2018): Energiebericht 2018. Online verfügbar unter <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/service/publikation/did/energiebericht-2018/>.

ORK (2018): Zahlen und Fakten 2018. Kehl.

Statistisches Amt des Kantons Basel-Landschaft: Brutto- und Endenergieverbrauch in GWh seit 1990. Online verfügbar unter https://www.statistik.bl.ch/web_portal/8.

Statistisches Amt des Kantons Basel-Stadt (2018): Energiestatistik Basel-Stadt 2016. Online verfügbar unter <https://www.statistik.bs.ch/nm/2018-energiestatistik-basel-stadt-2016-pd.html>.

Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020): Bruttostromerzeugung in Baden-Württemberg seit 1973. Online verfügbar unter <https://www.statistik-bw.de/Energie/ErzeugVerwend/EN-BS-LR.jsp?fbclid=IwAR0XI3HN42ASol3vS63d6YPYJKylolu4hxl4Uh7vYnCs75aQ9s0jvUR-vVs>.