

Europäischer Lastgang 2050

PROJEKTBERICHT zum Arbeitspaket 4

Regenerative Stromversorgung und Speicherbedarf in
2050 – RESTORE 2050

Forschungsvorhaben gefördert durch das
Bundesministerium für Bildung und For-
schung (FKZ 03SF0439B)



Autoren:

Sascha Eckstein, Mathis Buddeke, Frank Merten
(Wuppertal Institut)

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der „Strategischen Förderinitiative Energiespeicher“ gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Wuppertal, 31. August 2015

Ansprechpartner:

Dipl.-Phys. Frank Merten

Forschungsgruppe 1 „Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen“

*Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie
Postfach 10 04 80
42004 Wuppertal*

Tel.: (0202) 2492 - 126

Fax: (0202) 2492 - 198

E-Mail: frank.merten@wupperinst.org

Internet: www.wupperinst.org

Gliederung

1	Einleitung	5
2	Untersuchungsraum und Basisdaten	6
3	Generelle Vorgehensweise	6
3.1	Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Lastgänge	9
3.2	Datenqualität und Grenzen der Vorgehensweise	12
3.2.1	Lastdaten.....	12
3.2.2	Temperaturabhängigkeit	13
3.2.3	Lastprofile.....	16
4	Lastgänge für das Jahr 2050	16
4.1	Lastgänge für Haushalte sowie für Gewerbe und Industrie im Jahr 2050	18
4.2	Lastgänge für Wärmepumpen im Jahr 2050.....	21
4.3	Lastgänge für Elektromobilität im Jahr 2050.....	24
5	Quellen	28
6	Anhang	30
6.1.1	Dokumentation der Datenlücken in den ENTSO-E Rohdaten.....	30
6.1.2	II. Verteilungsschlüssel und Strombedarfe für Wärmepumpen nach Ländern.....	33
6.1.3	III. PKW Ausstattungsrate (Passenger Car Ownership) in PKW/1000 Köpfe und spezifische Fahrleistung in pkm/Einwohner (inhabitant)	34
6.1.4	IV. Länderspezifische Strombedarfe und KFZ-Bestände 2050	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ausgewählter Untersuchungsraum	6
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise.....	8
Abbildung 3: Input- und Output-Daten für die Entwicklung von Lastgängen im Jahr 2050	9
Abbildung 4: Temperaturabhängigkeit der Lasten zu unterschiedlichen Tageszeiten (Stunden) in Frankreich 2010 mit Näherung durch Polynom 3. Grades.....	11
Abbildung 5: Ergebnisse für das Land Frankreich (Datenbasis 2011)	12
Abbildung 6: Temperaturabhängigkeit der Lasten zu unterschiedlichen Tageszeiten in Deutschland. Näherung durch Polynom 3. Grades.....	14
Abbildung 7: Ergebnisse für das Land Deutschland (Datenbasis 2010)	15
Abbildung 8: Gesamtlastkurve und Partiallastkurven 2050 für Deutschland für eine Januarwoche.....	18
Abbildung 9: Tages-Lastgänge verschiedener Länder im Vergleich	20
Abbildung 9: WP2 Lastprofil Westnetz (ohne Unterbrechung)	22
Abbildung 10: Jahresheiztage der betrachteten europäischen Länder (Eurostat-3).....	23
Abbildung 11: Wärmepumpenbezogener Strombedarf nach Ländern aufgeschlüsselt...	24
Abbildung 12: Länderspezifischer Stromverbrauch durch Elektromobilität im Zieljahr 2050	25
Abbildung 13: Exemplarischer Datenauszug der verfügbaren Ladeleistung in Deutschland nach Wochentagen.....	26
Abbildung 14: Darstellung des sich aus der gesamten Fahrzeugflotte in Deutschland ergebenden, mittleren Lastprofils bei unregelmäßigem Laden (bezogen auf ein durchschnittliches Fahrzeug).....	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stromverbräuche in den Basisszenarien für das Zieljahr 2050 (Ausgangsdaten)	16
Tabelle 2: Stromverbräuche für den RESTORE-Untersuchungsraum und das Zieljahr 2050	18
Tabelle 3: Annahmen und Kenndaten zur Elektromobilität.....	24

1 Einleitung

Die im Folgenden dargestellten Arbeiten zum „Europäischen Lastgang 2050“ sind Teil des BMBF-Forschungsprojekts „RESTORE 2050“ (FKZ 03SF0439). Dieses Vorhaben wird von den Verbundpartnern NEXT ENERGY - EWE-Forschungszentrum für Energietechnologie, der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg und dem Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie durchgeführt.

Das übergeordnete Ziel dieses Projektes ist die Generierung belastbarer Handlungsempfehlungen für eine zielorientierte politische Steuerung der Transformation des deutschen Stromsystems im europäischen Kontext unter der Annahme einer möglichst vollständig auf erneuerbarer Energie beruhenden deutschen und europäischen Stromversorgung. Dafür werden auf Basis der zukünftig zu erwartenden Entwicklung von Stromangebot und -nachfrage innerhalb des ENTSO-E Netzverbundes für den Zeithorizont des Jahres 2050 sowie mittels örtlich und zeitlich hoch aufgelöster meteorologischer Zeitreihen die Themenkomplexe Nationale Ausbaustrategie für erneuerbare Energien im EU-Kontext, Übertragungsnetzausbau und Alternativmaßnahmen wie Lastmanagement, Bedeutung des EE-Stromaustauschs mit Drittstaaten und die Rolle von Stromspeichern auf Übertragungsebene bearbeitet.

Ziel des Arbeitspakets (AP) 4 im RESTORE-Projekt, welches federführend durch das Wuppertal Institut bearbeitet wird, ist die länderscharfe Entwicklung von Lastganglinien der europäischen Stromversorgung für das Zieljahr 2050. Diese Zeitreihen (stündliche Auflösung) dienen dann als Eingabeparameter für die modellgestützten Analysen zu DSM-Potenzialen (AP 5) und zum optimalen Einsatz von verschiedenen Flexibilitätsoptionen (AP 7).

2 Untersuchungsraum und Basisdaten

Die Abbildung 1 stellt den im Projekt betrachteten geographischen Untersuchungsraum dar. Dabei handelt es sich insgesamt um 32 Länder des ENTSO-E¹ Verbundes, deren Stromversorgung über die Stromtransportnetze synchron miteinander gekoppelt. Die gewählten Systemgrenzen umfassen damit mehr Länder als der (energie-)politische Raum der EU27 bzw. EU27+2, der in der Regel als Grundlage für die europäischen Rahmenbedingungen sowie für Szenarien und andere einschlägige Studien dient. Dies ist bei direkten Vergleichen mit anderen Studien zu beachten. Zusätzlich wird die Einspeiseregion „Nord Afrika“ für Stromimporte aus solarthermischen Kraftwerken implementiert, da sie aufgrund des sehr hohen energetischen Potentials und des regelbaren Anlagenbetriebs eine strategisch und systemtechnisch sehr interessante Option darstellen. Zudem spielt der Stromimport aus Nordafrika in einer der beiden ausgewählten Szenariostudien (Greenpeace und EREC 2012) eine relevante Rolle. Da es sich für die eigene Untersuchung lediglich um Energieimporte handelt, die im Untersuchungsgebiet verbraucht werden können, wird für diese Region keine eigene Lastzeitreihe berücksichtigt.

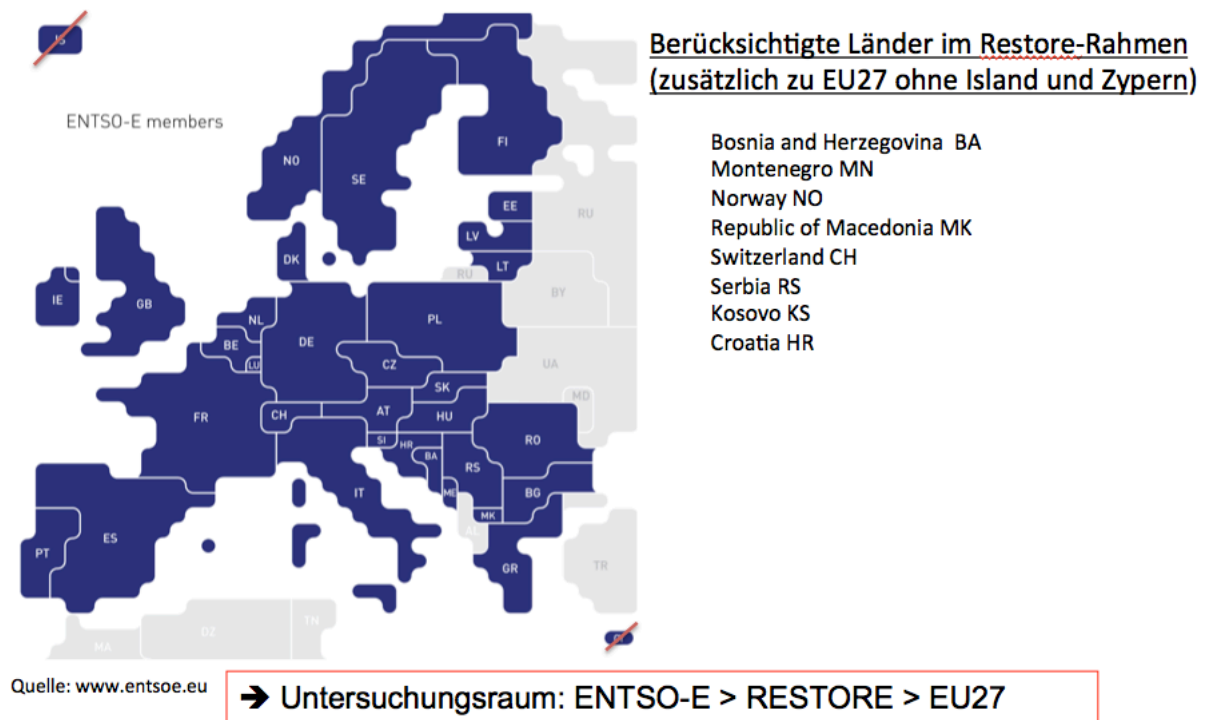


Abbildung 1: Ausgewählter Untersuchungsraum

3 Generelle Vorgehensweise

Die Entwicklung von Lastganglinien für die europaweite Stromversorgung im Jahr 2050 erfolgt nach dem in Abbildung 2 dargestellten Schema. Die Ausgangsbasis stellen die historischen Lastganglinien (LG-heute) eines jeden Landes (n) des o.g. Untersuchungs-

¹ ENTSO-E = „European Network of Transmission System Operators for Electricity“

raumes dar. Diese werden von der ENTSO-E gesammelt und in Form von stündlichen Lastdaten je Monat und Land verfügbar gemacht (ENTSOE 2013a)(ENTSOE 2013b).

Da die Daten unterschiedliche Qualitäten und Deckungsgrade, bezogen auf die Gesamtversorgung, aufweisen, wurde zunächst eine Kontrolle und bei Bedarf auch eine Aufbereitung der Daten durchgeführt. Dazu gehörte zunächst das Schließen von Datenlücken durch Interpolation der angrenzenden Daten. Auf weitere Besonderheiten, Anpassungen und Grenzen der Datenbasis wird in Kapitel 3.2 näher eingegangen. Zudem wurde der Zeitrahmen für die Lastdaten vom CET- auf das UCT-System angepasst, da die umfangreicheren Berechnungen für die Einspeisezeitreihen der EE-Stromerzeugung (AP 2 und 3) alle im UCT-System durchgeführt werden.²

Als Basisjahr für die weiteren Untersuchungen wurde das Jahr 2011 ausgesucht, da es eine gute Datenqualität aufweist, relativ aktuell ist, das Kalenderjahr bezogen auf die Werkzeuge etc. zudem identisch mit dem Zieljahr 2050 ist und der gesamte Stromverbrauch in diesem Jahr zwischen dem der angrenzenden Jahre 2010 und 2012 liegt. Als erstes Zwischenergebnis liegen damit die „validierten“ Lastganglinien für das Jahr 2011 (LG'-heute-val.) vor.

Diese enthalten sowohl die verschiedenen anwendungsspezifischen Einflüsse der Sektoren (Haushalte, Gewerbe-Handel-Dienstleistungen (GHD), Industrie und Verkehr) als auch der temperaturabhängigen Anwendungen wie die elektrische Warmwasser und Raumwärmebereitstellung sowie Klimatisierung. Die dahinter liegenden Anwendungen und Energiedienstleistungen werden sich mit der Zeit bzw. müssen sich im Rahmen einer Energiewende strukturell (zum Teil stark) verändern. Dies wird auch zu Änderungen der Lastganglinien führen. Um diese Änderungen abbilden zu können, ist es nötig, die zugrundeliegenden o.g. Einflüsse möglichst weitgehend zu separieren und durch jeweils eigene Parameter zu charakterisieren.

Dazu werden die validierten Lastganglinien zunächst auf ihre Temperaturabhängigkeit hin analysiert, weil die ausgewählten Szenarien insbesondere für diesen Anwendungsbereich konkrete und relevante technologische Veränderungen annehmen und ausweisen. Dazu gehört im Wesentlichen die Abkehr von den heute noch vorhandenen stromintensiven „Nachtspeicherheizungen“ und eine starke Entwicklung von Wärmepumpen für die Warmwasser- und Raumwärmeversorgung. Dieser Technologiewechsel kann am besten durch eine Aufteilung der gesamten Lastganglinie in einen temperaturabhängigen und einen von der Temperatur T unabhängigen Teil abgebildet werden (siehe Kapitel 3.1). Der heutige T-abhängige Teil wird dabei für die weitere Entwicklung der Lastganglinie nicht benötigt und daher vor den nächsten Schritten abgetrennt. Diese basieren damit allein auf der T-unabhängigen Lastganglinie (LG''-heute-val. (n, t), siehe Abbildung 2.

Als Nächstes werden mit Hilfe einer vereinfachten Vorgehensweise die Partiallastgänge im Sektor Haushalte (HH) sowie Gewerbe und Industrie (GuI) abgebildet und weiter entwickelt. Als Grundlage dafür dient allein das Standardlastprofil (SLP) H0, welches für die Bestimmung des Stromverbrauchs der Haushalte in Deutschland genutzt wird. Diese Vereinfachung ist nötig, da für die anderen Länder keine analogen SLP für den HH-Sektor ermittelt werden konnten und es für den heterogenen Industriesektor keine SLP gibt (siehe Kapitel 4). Zusammen mit den nationalen Stromverbräuchen der Haushaltssektoren im Jahr 2011 werden damit die Lastganglinien in diesem Sektor und für

² Dafür gilt CET=UCT+1

jedes Land ($LG''\text{-heute-val.-HH}(n, t)$) bestimmt. Die daraus und aus der Gesamt-LG jeweils folgende residuale Lastganglinie ($LG''\text{-heute-val.-Gul}(n, t)$), stellt dann die beiden Sektoren Gewerbe und Industrie zusammengefasst dar. Diese beiden sektoralen Lastganglinien werden dann ohne strukturelle Änderungen mit Hilfe der einschlägigen Stromverbräuche (SV-HH und SV-Gul) aus den Szenarien auf das Zieljahr 2050 hochskaliert. Das Ergebnis ist die Lastganglinie $LG''\text{-2050-HH,Gul}(n, t)$, welche den gesamten T-unabhängigen Strombedarf der Sektoren Haushalte, Gewerbe und Industrie im Jahr 2050 in stündlicher Auflösung darstellt.

Für die Abbildung der gesamten öffentlichen Stromversorgung im Jahr 2050 fehlen damit nur noch die Wärmepumpen, die als Leittechnologie für die elektrische Warmwasser- und Raumwärmeversorgung angesehen werden, sowie die mit Strom betriebenen Kraftfahrzeuge im Verkehrssektor. Deren Lastganglinien werden jeweils separat entwickelt und zur obigen Lastganglinie $LG''\text{-2050-HH,Gul}(n, t)$ aufaddiert. Daraus folgen letztlich die Gesamt-Lastganglinien $LG''\text{-2050-ges.}(n, t, T)$ für den Stromverbrauch des Jahres 2050 auf jeweils nationaler Ebene.

Die Besonderheiten und Grenzen der zuvor beschriebenen Prozedur werden im Kapitel 3.2 aufgezeigt und diskutiert.

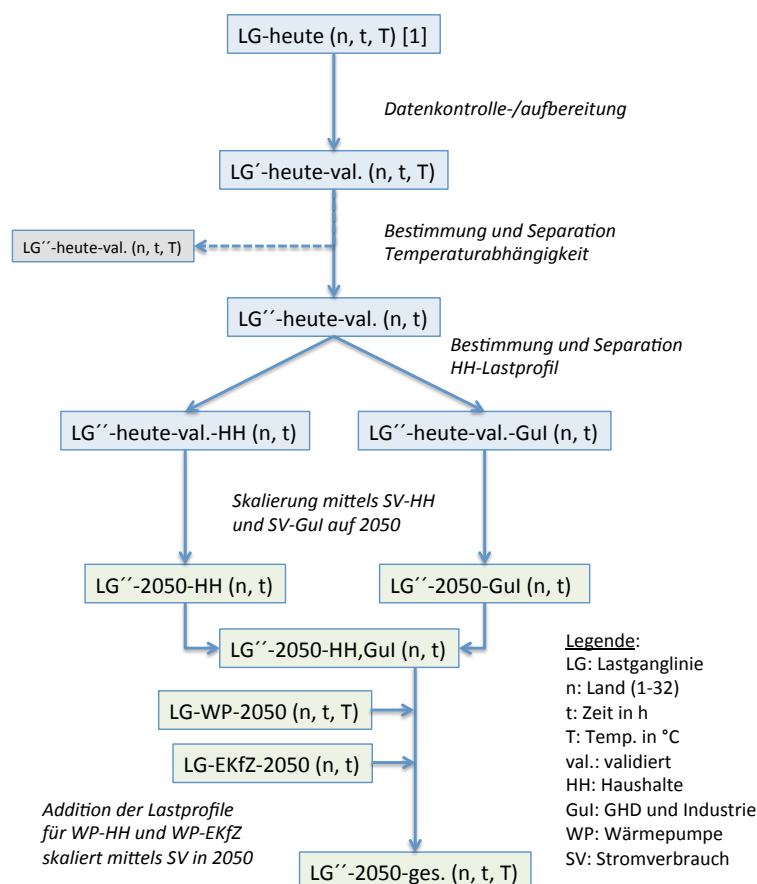


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise

Die zuvor genannten Arbeitsschritte für die Entwicklung von Lastganglinien erfordern eine Reihe an unterschiedlichen Eingangsdaten. Diese sind zusammen mit den resultierenden Ausgangsdaten in der folgenden Abbildung 3 dargestellt. Auf die Daten selber wird zum Teil in Kapitel 4 sowie im Bericht zu den ausgewählten Szenarien (Samadi und Merten 2013) näher eingegangen.

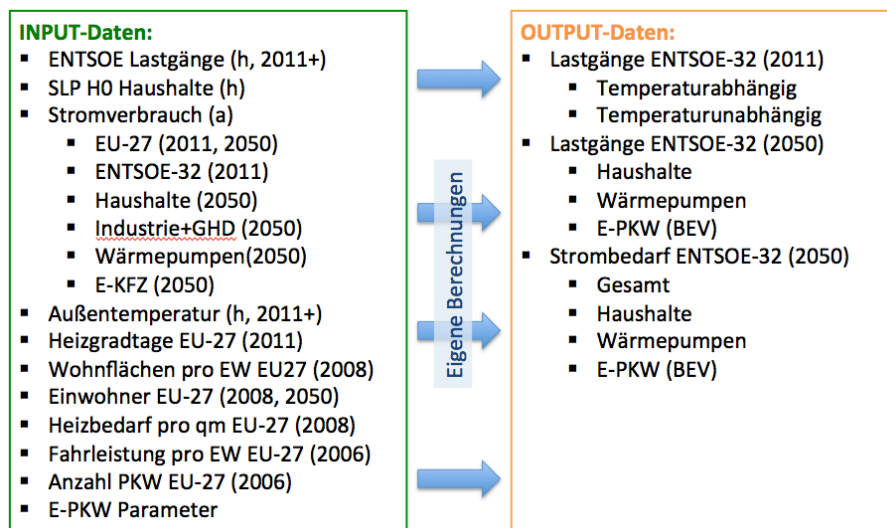


Abbildung 3: Input- und Output-Daten für die Entwicklung von Lastgängen im Jahr 2050

3.1 Bestimmung der Temperaturabhängigkeit der Lastgänge

Die Summenlast für die Sektoren Haushalte und Industrie/GHD wurden auf Basis historischer Verbrauchsdaten eines Jahres generiert. Diese Lastdaten enthalten stets einen Anteil temperaturabhängiger Lasten. Um die Datenbasis für alle verwendeten Wetterjahre (2003-2012) nutzbar zu machen, müssen die Quelldaten zunächst um den temperaturabhängigen Teil bereinigt werden. Anschließend muss, abhängig vom verwendeten Wetterjahr, eine Beaufschlagung der bereinigten Lastzeitreihe, entsprechend der im jeweiligen Jahr vorherrschenden Temperaturen vorgenommen werden. Dies erfolgt im Projekt stellvertretend durch die Beaufschlagung mit dem temperaturabhängigen Lastprofil durch Wärmepumpen, da diese laut Bezugsstudien einen sehr großen Anteil an den strombasierten Wärmeanwendungen ausmachen werden.

Im Folgenden wird der Vorgang der Temperaturbereinigung für die verwendeten Lastzeitreihen beschreiben, wie sie für die Länder im Untersuchungsgebiet vorgenommen wurde. Dazu werden die ENTSO-E Lastzeitreihen aller untersuchten Länder (ENTSO-E Mitglieder) für das Jahr 2011 herangezogen. Diese liegen in einer stündlichen Auflösung vor. Zudem werden die länderspezifischen Temperaturzeitreihen für 2011 aus den Berechnungen der Universität Oldenburg verwendet, um die Lasten und Außentemperaturen einander zuzuordnen.

Die tageszeitspezifischen Lasten in Abhängigkeit der Außentemperatur werden wie folgt berechnet:

- 1 Die n stündlichen elektrischen Lastwerte eines Jahres ($P_{Load,j,n}$) im Land j werden jeweils ihrem entsprechenden Tageszeitintervall k (0 bis 1 Uhr, ... 23 bis 24 Uhr) und ihrer zugehörigen Außentemperatur $T_{amb,j,n}$ verschiedenen Temperatur-Bin (-20 bis 36°C in Klassen von der Breite 2°C) (Index i) eingeordnet.
- 2 Nach der Klassierung wird der Mittelwert aller Lasten innerhalb jedes Bin gebildet und stellt die mittlere, Temperaturspezifische Last $P_{ave,j,i,k}$ dar. Hierfür werden nur Klassen verwendet, in denen mindestens drei Werte vorliegen um starke Ausreißer zu vermeiden.

$$P_{ave,j,i,k} = \frac{1}{g} * \sum_1^g P_{g,i,j,k}$$

wobei g = Anzahl der einem Bin zugeordneten Lasten $P_{Load,j,n}$ ($g > 3$)

Gestützt durch die Mittelwerte der unterschiedlichen Temperatur-Bin ist es nun möglich, die mittlere Lastentwicklung für die unterschiedlichen Tageszeiten über der Außentemperatur darzustellen.

- 3 Im nächsten Schritt wird ein Polynomfit an dem temperaturabhängigen Verlauf der Lasten in jedem Zeitfenster vorgenommen. Vergleichende Bewertungen haben ergeben, dass sich Polynome 3. Grades gut eignen, um dem charakteristischen Verlauf der Graphen im Bereich vorhandener Werte gut zu folgen. Als Ergebnis werden Polynome für jedes Zeitintervall und jedes Land gebildet, anhand derer die Temperaturbereinigung der Basisdaten vorgenommen werden kann.
- 4 Um den Temperatureinfluss der Last einer jeden Stunde n in Land j zu berechnen, wird zunächst das Minimum des Polynoms für das jeweilige Zeitintervall gebildet.

$$T_{min,j,k} = \min_{T_{i,min} \leq x \leq T_{i,max}} F_{j,k}(x)$$

Dies geschieht in den Grenzen der für das Zeitintervall verfügbaren Stützwerte. Sind für ein Land zum Zeitintervall 0:00-01:00 Uhr folglich 365 Werte auf den Temperaturbereich zwischen -10°C und 25°C verteilt, bilden diese Temperaturen die Grenzen für die Bestimmung des Minimalwerts. Es findet keine Extrapolation der Temperaturabhängigkeit über die tatsächlich auftretenden Temperaturwerte hinaus statt. Die Temperatur, an der das Minimum auftritt ist die, an der durchschnittlich die geringste Lasterhöhung durch temperaturabhängige Anwendungen zu erwarten ist und wird im Folgenden „Heizgrenze“ genannt, wohlwissend dass auch andere Anwendungen zur Temperaturabhängigkeit beitragen als Heizanwendungen.

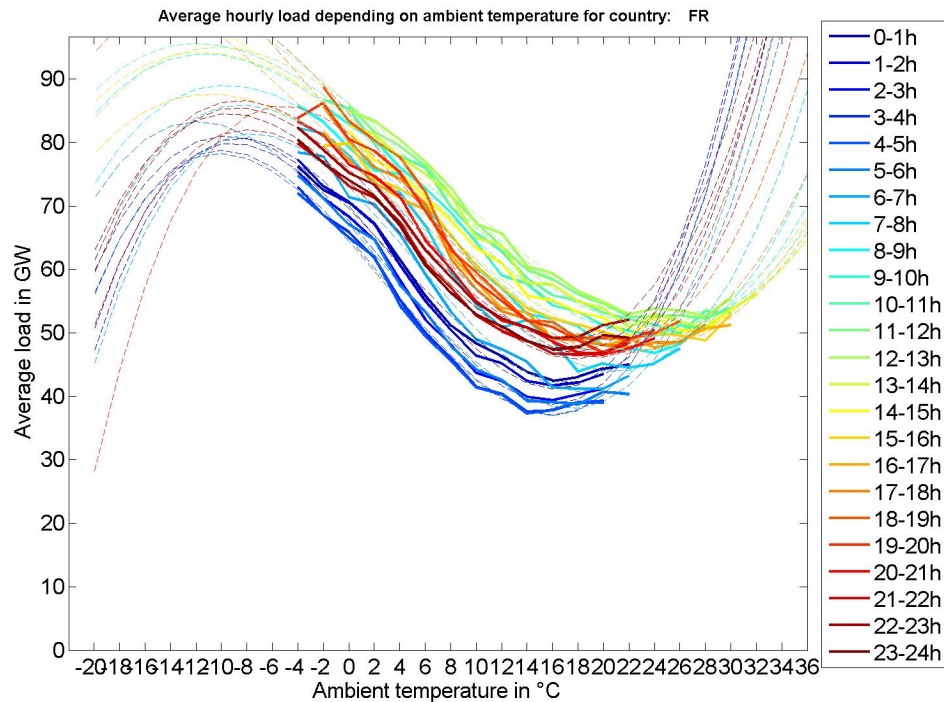


Abbildung 4: Temperaturabhängigkeit der Lasten zu unterschiedlichen Tageszeiten (Stunden) in Frankreich 2010 mit Näherung durch Polynom 3. Grades

- 5 Für die Temperaturbereinigung wird nun für jede stündliche Leistung $P_{j,n}$ ein spezifischer Korrekturwert $\Delta P_{j,n}$ anhand der folgenden Formel berechnet.

$$\Delta P_{j,n} = F_{j,k}(T_{amb,j,n}) - F_{j,k}(T_{min,j,k})$$

Dabei wird der Funktionswert der Heizgrenztemperatur vom Funktionswert der jeweiligen Umgebungstemperatur subtrahiert um den Temperatureinfluss zu dieser Stunde zu erhalten. Es kommt vor, dass die Außentemperatur zu einer Stunde über der Heizgrenze liegt. In diesem Fall wird die temperaturabhängige Last den Kühlprozessen zugeordnet. Liegt sie darunter geschieht eine Zuordnung zu den Heizvorgängen. So kann aus der ursprünglichen Zeitreihe zwischen Kühl- und Heizlasten unterschieden werden.

- 6 Der temperaturbereinigte stündliche Lastwert $P_{Load,j,n,corr}$ wird abschließend durch Subtraktion vom aktuellen Lastwert berechnet.

$$P_{Load,j,n,corr} = P_{Load,j,n} - \Delta P_{j,n}$$

Das Ergebnis einer Berechnung für die Lastzeitreihe von Frankreich aus dem Jahr 2011 zeigt, wie sich die Temperaturkorrektur auf den Jahreslastgang auswirkt (siehe Abbildung 5).

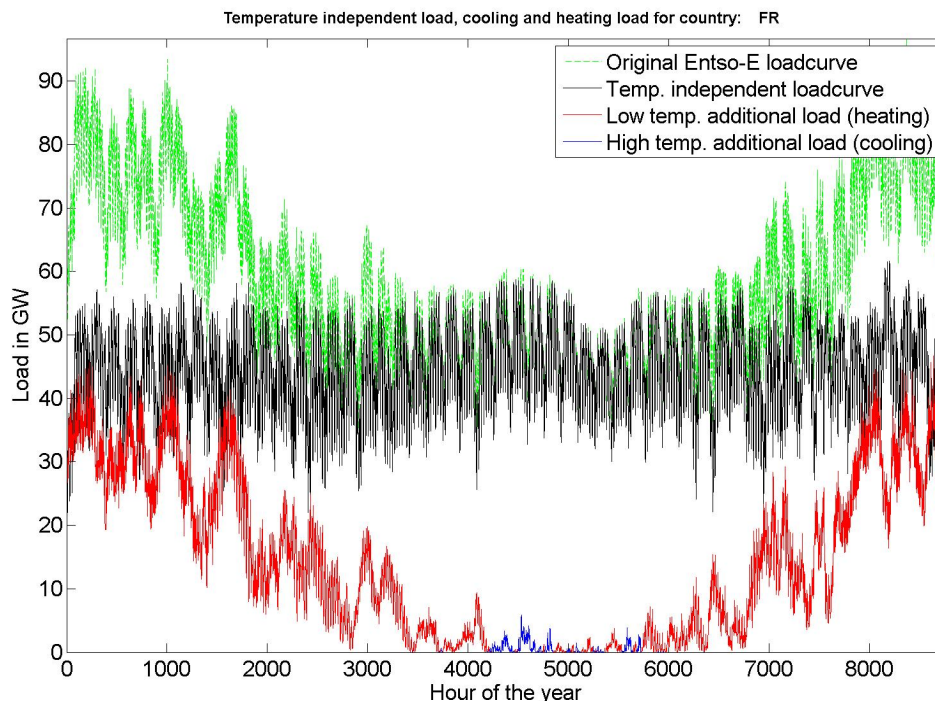


Abbildung 5: Ergebnisse für das Land Frankreich (Datenbasis 2011)

3.2 Datenqualität und Grenzen der Vorgehensweise

In den folgenden Teilkapiteln wird auf die Datenqualität sowie die zu beachtende Besonderheiten und Grenzen der Vorgehensweise eingegangen.

3.2.1 Lastdaten

Die verwendeten stündlichen Lastdaten der ENTSO-E stammen jeweils von den Übertragungsnetzbetreibern der Mitgliedsländer und stellen den stündlichen Mittelwert der Wirkleistung dar, die von allen Einrichtungen im Transport- oder Verteilnetz aufgenommen werden (ENTSOE 2013c). Die genaue Abgrenzung der Daten ist dabei von Land zu Land unterschiedlich. Die meisten Lastdaten (u. a. für Deutschland) beziehen sich „nur“ auf die öffentliche Stromversorgung und berücksichtigen somit nicht den Eigenverbrauch von Industrie- und Bahnstrom. Einige Lastdaten stellen die Summen aller in einem Land gemessenen vertikalen Lasten dar. Sie enthalten daher implizit bereits die Einspeisung aus allen „dezentralen“ Kraftwerken (insbesondere BHKW und EE), die unterhalb des Transportnetzes einspeisen. Die ausgewiesene resultierende Last bzw. der daraus abgeleitete gesamte Stromverbrauch (Integral über die Last) fällt dadurch kleiner aus als die Gesamtlast bzw. der Gesamtstromverbrauch. Der Umfang der Stromversorgung, die durch die verwendeten stündlichen Lastdaten abgedeckt wird, liegt daher laut ENTSO-E zwischen 80 und 100 % der gesamten Stromversorgung der betrachteten Länder ab. Für Deutschland wird ein Wert von ca. 91 % angegeben. Zur Vereinheitlichung der Lastdaten ist daher für jedes Land eine Normierung auf seinen Gesamtstromverbrauch vorzunehmen.

Die Lastdaten weisen zudem Datenlücken in manchen Ländern auf, die in verschiedenen Datenjahren unterschiedlich stark ausgeprägt sind. In Anhang I. ist die Dokumentation der Datenjahre 2010, 2011 und 2012 beigelegt. Im Jahr 2010 treten im Vergleich zu den

anderen beiden Jahren vermehrt Datenlücken auf. Insbesondere für UK fehlt nahezu der gesamte Datensatz für den Monat Januar 2010. Daher ist das Jahr 2010 weniger gut geeignet. Das Jahr 2012 ist ein Schaltjahr. Dadurch würde sich bei der Verwendung dieses Jahres eine zusätzliche Verschiebung ergeben.

Ergänzung/ Nichtbeachtung von Regionen:

Nicht alle Länder, die im RESTORE Projekt untersucht werden, finden sich explizit in der Datenquelle wieder. Auf der anderen Seite gibt es teilweise in den Quelldaten feinere Unterscheidungen zwischen Regionen oder Staaten als im RESTORE Projekt.

Durch folgende Anpassungen wurde die Datenbasis an die Anforderungen angepasst.

- Kosovo: In den ENTSO-E Zeitreihen ist der Staat Kosovo nicht explizit aufgeführt. Da sich der Kosovo auf ehemaligem Hoheitsgebiet von Serbien befindet, wurde die für Serbien angegebenen Lastzeitreihe anhand des Verhältnisses der Einwohnerzahlen (Serbien 7, 12 Mio., Kosovo ca. 1,8 Mio.) (Serbia 2011), (Kosovo 2011) auf Kosovo aufgeteilt.
- Irland und Nordirland: In der Datenquelle der ENTSO-E sind Irland und Nordirland getrennt aufgeführt. Die Stündlichen Lastwerde beider Regionen wurden zu einer Region (Irland) zusammengefasst.
- Zypern, Malta und Island: Diese sind in der Länderliste enthalten, sollen jedoch nicht im RESTORE Projekt untersucht werden. Daher wurden die Lastzeitreihen für diese drei Regionen nicht erzeugt.

3.2.2 Temperaturabhängigkeit

Durch die unterschiedliche Verbreitung von Stromheizungen und Klimageräten in den untersuchten Ländern sind die ENTSO-E Lastdaten in verschiedenem Maße abhängig von der Lufttemperatur. Die Verwendung der unbereinigten Lastprofile würde daher für einzelne Länder zu deutlichen, aber unbekanntem Fehlern führen, wenn die im RESTORE Projekt generierten Lastzeitreihen für Wärmepumpen im Jahr 2050 zusätzlich zur Anwendung kommen.

In Ländern, in denen die ENTSO-E Lastdaten stark temperaturabhängig sind, würde es so zu einer starken Überbewertung der Last zu den Zeiten kommen, zu denen im Wetterjahr der Datenbasis (ENTSO-E- Datenjahr, hier 2011) besonders kalte oder heiße Temperaturen aufgetreten sind.

Der bisherige Ansatz, ein unbereinigtes Datenjahr als Basis für die Lastzeitreihen zu verwenden, ist daher nicht sinnvoll, da die Lastdaten stark temperaturabhängig sind und für alle Jahre, bis auf das verwendete Basisjahr, zu inkonsistenten Datensets führen.

Die hier vorgestellte Vorgehensweise bereinigt die Profile um einen großen Teil der Temperaturabhängigkeit. Es ist jedoch nicht gewährleistet, dass diese ausschließlich aus dem Bereich der Stromheizungen herrührt. Jedoch sind es ausschließlich Lasten durch Stromheizungen, die im RESTORE Projekt durch synthetische Lastzeitreihen für die Zieljahre zu den bereinigten Profilen addiert werden um die Temperaturabhängigkeit wiederherzustellen. Dabei kommt es mit großer Wahrscheinlichkeit dazu, dass andere temperaturabhängige Prozesse, die hier nicht näher quantifiziert werden können, nicht weiter beachtet werden. Durch die Anlehnung an die Basiszenarien ist jedoch gewährleistet, dass die Jahressummen des Strombedarfs in den Zieljahren korrekt angesetzt werden. Daher werden voraussichtlich die ursprünglich temperaturabhängigen Prozesse, die nicht über Stromheizungen abgedeckt sind, gleichmäßig und wetterunabhängig auf das gesamte Jahr verteilt, was in Zeiten geringer temperaturabhängiger Last zu einer Über-

schätzung und ansonsten zu einer Unterschätzung (v.a. in Kälteperioden) der Last führen kann. Eine Quantifizierung der Fehler konnte an dieser Stelle nicht vorgenommen werden, da hierfür keine geeigneten Referenzwerte ermittelt werden konnten. Da es hier jedoch nur im einen Bruchteil der temperaturabhängigen Lasten geht, wird davon ausgegangen, dass der Gewinn an Datenqualität, der dadurch erreicht wird, dass wetterabhängige Prozesse aus einem Datenjahr nicht zusätzlich zu den synthetischen, jahres-spezifischen Heizlasten betrachtet werden, wesentlich größer ist, als der zuvor beschriebene Effekt.

Die Kühllasten, welche in Ländern unterschiedlich stark ins Gewicht fallen, werden durch das angewendete Verfahren ebenfalls bereinigt. Da im RESTORE Projekt jedoch keine synthetischen Kühllastprofile generiert und zum Lastgang des Zieljahres 2050 addiert werden, erhält man durch die Reduktion um die Kühllasten einen Fehler in der resultierenden Gesamtlastreihe. Daher wird folgendermaßen vorgegangen: Die Kühllasten, welche aus dem Basisjahr (2011) berechnet werden, sind nicht im temperaturbereinigten Lastprofil enthalten. Es wird jedoch für jedes Land eine weitere Partiallastzeitreihe ausgegeben, welche die Kühllasten des Jahres 2011 darstellt.

Einordnung der Effekte am Beispiel Deutschland

Im Folgenden werden die Ergebnisse am Beispiel von Deutschland für die ENTSO-E Lastdaten aus dem Jahr 2010 bewertet und mit Werten aus der Literatur verglichen. Dabei ist generell anzumerken, dass das deutsche Lastprofil eine geringe Temperaturabhängigkeit im Vergleich zu anderen Länder (z.B. Frankreich, Griechenland, Norwegen) aufweist. Dadurch entstehen bei der Vorgehensweise Stützwerte für die Bildung des Polynoms, welche eine vergleichsweise große Streuung aufweisen (vgl. Abbildung 6 für Deutschland mit Abbildung 5 für Frankreich).

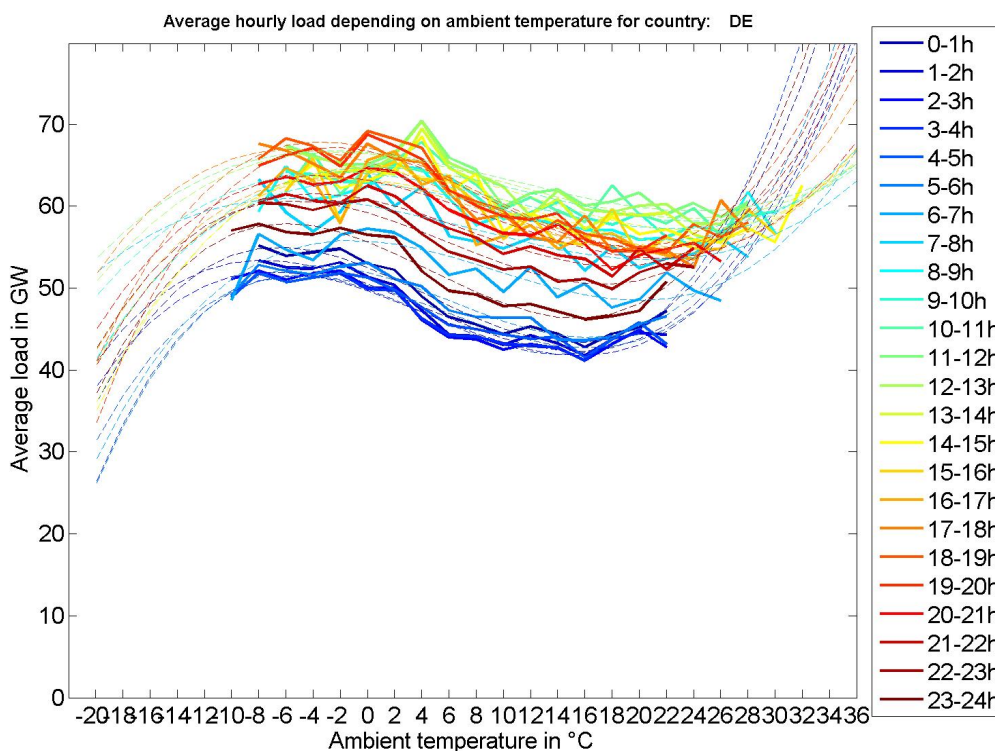


Abbildung 6: Temperaturabhängigkeit der Lasten zu unterschiedlichen Tageszeiten in Deutschland. Näherung durch Polynom 3. Grades

Zur Bestimmung der Energiemengen für Heizenergie und Kühlenergie wurden die Lastkorrekturfaktoren $\Delta P_{DE,n}$ für Aussentemperaturen unterhalb der Heizgrenze zum Heizbedarf aufsummiert. Entsprechend wurde der Kühlbedarf durch die Summe der $\Delta P_{DE,n}$ für Lasten bei Außentemperaturen oberhalb der Heizgrenze bestimmt. Bei Näherung der Temperaturabhängigkeit durch Polynome 3. Grades ergeben sich folgende Werte:

- Heizenergie: 39,3 TWh
- Kühlenergie: 0,6 TWh

Laut aktuellen Angaben beläuft sich der Verbrauch durch Stromheizungen zur Erzeugung von Raumwärme auf etwa 15,3 TWh/a (Bundesnetzagentur 2013). Diese Summe stellt einen Großteil der Stromheizungen dar, welche bei der BnetzA gemeldet sind.

Der Stromverbrauch zur Warmwassererzeugung ist zu einem gewissen Anteil ebenfalls temperaturabhängig, fällt jedoch vermutlich zum Großteil wetterunabhängig über das ganze Jahr an. Wie groß der wetterabhängige Anteil ist, lässt sich nicht durch die bekannten Quellen quantifizieren. Laut der Studie (Frey et al. 2007) entfallen sektorübergreifend etwa 40 TWh auf die Warmwassererzeugung durch Strom (im Jahr 2004).

Zudem haben weitere Anwendungen einen Einfluss auf die Temperaturabhängigkeit:

- Dezentrale Heizlüfter und Stromheizungen, welche nicht über gesonderte Stromheizungstarife abgerechnet werden und daher nicht bei der BnetzA gemeldet sind.
- Insbesondere sind Verbräuche und Pumpleistungen von Heizkraftwerken stark temperaturabhängig. In Zeiten starker Energienachfrage sind in Wärmenetzen größere Pumpleistungen erforderlich als in Zeiten der Grundlast.

Zudem fallen weitere Anwendungen (z.B. Lüftungen) temperaturabhängig an, ebenfalls in ihrer Summe nicht quantifiziert werden konnten.

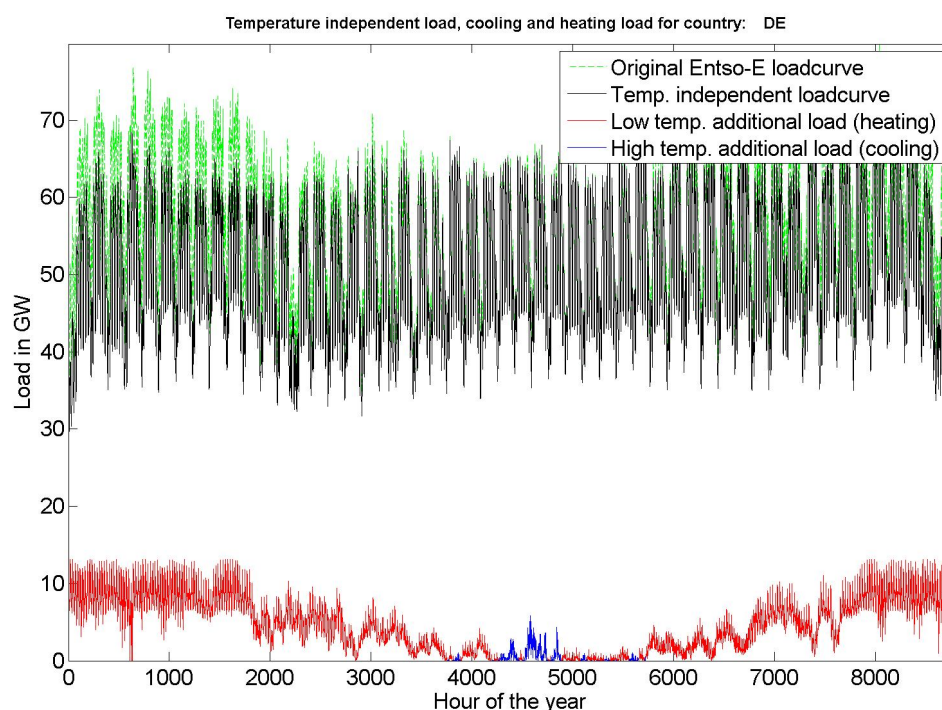


Abbildung 7: Ergebnisse für das Land Deutschland (Datenbasis 2010)

3.2.3 Lastprofile

Auf die Grenzen und Qualität der Daten und Vorgehensweise wird hierzu jeweils direkt in den einschlägigen Kapiteln des Kapitels 4 eingegangen.

4 Lastgänge für das Jahr 2050

Ein Schlüsselfaktor für die Entwicklung (Skalierung) von Lastgängen für das Zieljahr 2050 sind die Entwicklungen der Stromverbräuche für das Gesamtsystem und die einzelnen Sektoren bzw. einzelne Anwendungen. Diese werden nicht selber bestimmt, sondern den für die weiteren Analysen ausgewählten Basisszenarien (siehe AP 1) (Samadi und Merten 2013) entnommen. Die verfügbaren Daten sind in der Tabelle 1 zusammengefasst. Dabei ist zu beachten, dass in der ISI-Szenariostudie selber keine Angaben zu den sektoralen Stromverbräuchen enthalten sind. Diese wurden daher hier selber vereinfacht abgeleitet, in dem die sektoralen Stromverbrauchsanteile aus dem GP/EREC-Szenario übernommen wurden. Die Erläuterung der weiteren Vorgehensweise nimmt daher jeweils Bezug auf die GP/EREC-Studie, erfolgt dann jeweils analog auch für die ISI-Angaben.

Tabelle 1: Stromverbräuche in den Basisszenarien für das Zieljahr 2050 (Ausgangsdaten)

Stromverbrauch in TWh _{el}	GP/EREC 2012 (EU-27, E[R]-Szenario)	Fh-ISI 2011 (EU27+2, Szenario B)
Insgesamt	3.269	3.376
Haushalte (darin Wärmepumpen)	1.466 (154)	–
Gewerbe ...		–
Industrie (darin Wärmepumpen)	949 (54)	–
Verkehr (insbes. Elektromobilität)	854	–

Quellen: (Greenpeace und EREC 2012), (Fraunhofer ISI 2011); eigene Berechnungen

Da sich die Angaben in der Greenpeace-Studie lediglich auf die Länder der EU-27 beziehen, werden sie um die Stromverbräuche in den zusätzlich im Projekt untersuchten Ländern ergänzt. Dazu werden als Datengrundlage die ENTSO-E Lastzeitreihen für das Jahr 2011 verwendet und wird unterstellt, dass sich die heutige Relation zwischen den 27 Mitgliedsländern der EU bzw. ENTSO-E und den insgesamt 32 betrachteten Mitgliedsländern der ENTSO-E auch in Zukunft nicht ändert. Der Stromverbrauch aus den Lastzeitreihen entspricht dabei im Hinblick auf den Stromverbrauch 2050 aus dem GP/EREC-Szenario dem gesamten Stromverbrauch ohne den Verkehrssektor.³ Die resultierenden Skalierungsfaktoren für den Stromverbrauch im Jahr 2050 von Haushalten, Gewerbe und Industrie gemäß betragen 1,09 für das E[R]-Szenario der GP/EREC-Studie.

³ Der Stromverbrauch durch Elektrofahrzeuge ist heute vernachlässigbar gering, im Szenario-Jahr 2050 allerdings nennenswert hoch. Daher muss hier differenziert vorgegangen werden.

Zusätzlich werden in der Greenpeace-Studie explizit Stromverbräuche für Wärmepumpen, differenziert nach Industrie-/Gewerbe- und Haushaltssektor und für Elektrofahrzeuge angegeben. Diese werden wie folgt, zum Teil analog, auf das Untersuchungsgebiet skaliert.

Wärmepumpen Industrie und Gewerbe

Da keine detaillierten Informationen über die Stromverbrauchsanteile von Industrie- und Gewerbe in den zusätzlich untersuchten Ländern vorliegen, wird der gleiche Skalierungsfaktor wie zuvor für die Sektoren Haushalte, GHD und Industrie verwendet. Dabei wird vereinfacht davon ausgegangen, dass die Wärmepumpen in Industrieprozessen mehr oder minder ganzjährig angewendet werden, so dass sich der zugehörige Stromverbrauch entsprechend der Länderverbrauchsanteile auf die verschiedenen Untersuchungsgebiete verteilt und die Abhängigkeit der Wärmepumpenlasten von der Temperatur nicht berücksichtigt werden braucht.

Wärmepumpen Haushalte

Die Skalierung des Stromverbrauchs durch private Wärmepumpen wird anhand der Anzahl der Haushalte für das Jahr 2012 nach (Eurostat 2014) und (Weltbank 2014) für die untersuchten Staaten vorgenommen. Damit wird implizit vereinfacht angenommen, dass die private Nachfrage nach Wärmepumpen europaweit homogen verteilt ist. Der Stromverbrauch durch Wärmepumpen im Haushaltssektor für das RESTORE Untersuchungsgebiet ergibt sich damit gemäß folgender Formel 1.

Formel 1:

$$W_{HP,RESTORE,2050} = W_{HP,GP/EREC,2050} \times \frac{N_{HH,ENTSOE-32,2011}}{N_{HH,EU-27,2012}}$$

Aufbauend auf dieser Skalierung des absoluten Stromverbrauchs durch Haushalts-Wärmepumpen auf das betrachtete Untersuchungsgebiet wird später zusätzlich eine regionale Verteilung auf die einzelnen Länder vorgenommen (siehe Kapitel 4.2).

Elektromobilität

Für die Skalierung des absoluten Stromverbrauchs durch Elektromobilität wird unterstellt, dass die Einführung von Elektrofahrzeugen in der EU-27 gemäß dem GP/EREC-E[R]-Szenario analog auch in den hier zusätzlich betrachteten Ländern stattfindet. Demnach werden die heutigen Bevölkerungszahlen nach (Eurostat 2014) und die spezifischen Ausstattungsraten (Anzahl Autos pro 1.000 Einwohner) nach (European Environment Agency 2014) herangezogen. Der Stromverbrauch durch Elektromobilität im RESTORE-Untersuchungsgebiet ergibt sich damit gemäß folgender Formel 2.

Formel 2:

$$E_{E-Mob,2050} = E_{E-mob,GP/EREC,2050} * \frac{N_{Kfz,ENTSOE-32}}{N_{Kfz,EU27}}$$

Auf dieser Basis wird dann später ebenfalls noch eine regionale Verteilung des Stromverbrauchs durch Elektrofahrzeuge vorgenommen (siehe Kapitel 4.3).

Die auf das Untersuchungsgebiet von RESTORE skalierten Stromverbräuche der beiden Basis-Szenarien sind in der folgenden Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Stromverbräuche für den RESTORE-Untersuchungsraum und das Zieljahr 2050

Stromverbrauch in TWh _{el}	Basisszenario-GP/EREC (ENTSO-E 33)	Basisszenario-ISI (ENTSO-E 33)
Insgesamt	3.534	3.453
Haushalte zzgl. Wärmepumpen	925 165	904 161
Gewerbe ...		
Industrie zzgl. Wärmepumpen	1.653 58	1.616 56
Elektromobilität	733	716

Quellen: (Greenpeace und EREC 2012); (Fraunhofer ISI 2011); eigene Berechnungen

Die folgende Abbildung 8 stellt beispielhaft die aus den folgenden Berechnungen resultierende Lastkurve differenziert nach den vier Partiallastkurven für Haushalte, Industrie und Gewerbe, Wärmepumpen und Elektromobilität für Deutschland dar.

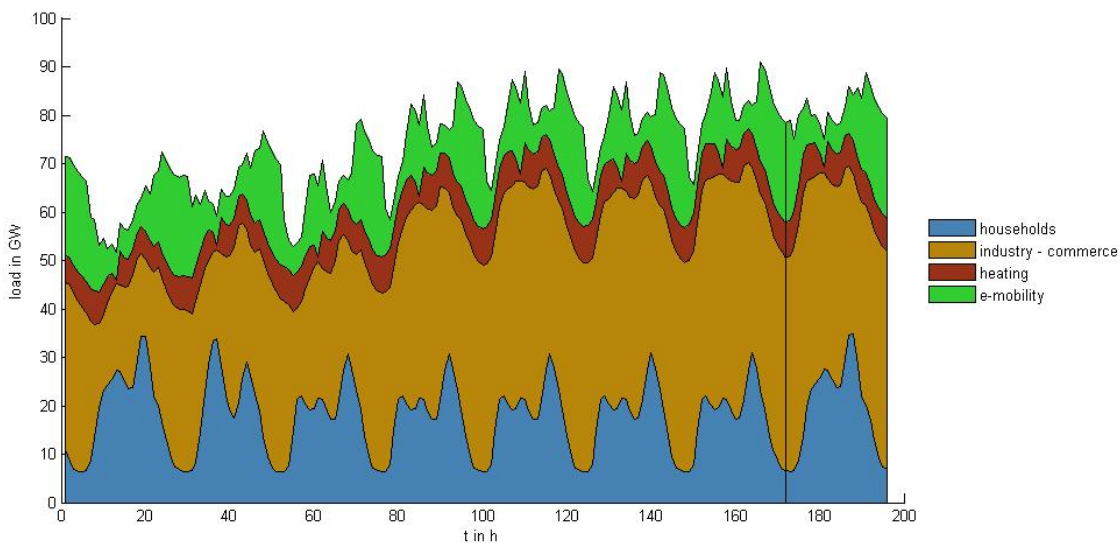


Abbildung 8: Gesamtlastkurve und Partiallastkurven 2050 für Deutschland für eine Januarwoche

4.1 Lastgänge für Haushalte sowie für Gewerbe und Industrie im Jahr 2050

Die verwendeten ENTSO-E Lastgangdaten setzen sich in erster Näherung aus den (unbekannten) Partiallastgängen für die Sektoren Haushalte, Gewerbe⁴ und Industrie zusammen. Hierzu liegen jedoch von der ENTSO-E keine weiteren Daten oder Information mit zeitlicher Auflösung vor. Daher besteht für eine separate Betrachtung der sektoralen Lastgänge hier nur die Möglichkeit, verfügbare synthetische Lastprofile zu nutzen. Diese gibt es in Deutschland jedoch nur für kleine, nicht leistungsgemessene Stromverbrau-

⁴ Hier in der Regel immer inkl. Handel und Dienstleistungen.

cher wie Haushalte und kleine Gewerbebetriebe, zwecks einfacher und einheitlicher Abrechnung des Strombezugs dieser Kunden. Für die anderen Länder konnten trotz intensiver Recherche keine vergleichbaren synthetischen Lastprofile ermittelt werden. Daher wird für die Bestimmung der Partiallastgänge der Haushaltssektoren für jedes Land das Standardlastprofil (SLP) H0 für Mitteldeutschland des BDEW (BDEW) verwendet (BDEW 2014). Diese Vorgehensweise hat zur Folge, dass das zeitliche Lastprofil für die Haushalte in allen Ländern gleichförmig ist und sich dabei zudem auf die Verteilung der Feiertage in Deutschland bezieht. Letzteres wird an davon abweichenden nationalen Feiertagen zu signifikanten Profilunterschieden in anderen Ländern führen. Dabei handelt es sich jedoch um wenige einzelne Tage, die zudem unterschiedlich auf die Länder und die Jahreszeiten verteilt sind. Der damit verbundene Fehler spielt für die späteren Analysen keine entscheidende Rolle, da sich diese auf größere zeitliche Zusammenhänge und überwiegend größere Systemkontexte beziehen.

Im Unterschied dazu kann der oben zuerst genannte systematische Fehler zwar grundsätzlich nicht vernachlässigt werden, kann aber wenigstens wie folgt qualitativ eingeordnet werden. Dabei geht es darum, dass das Lastprofil der Haushalte in anderen Ländern insbesondere aufgrund von anderen Verhaltensmustern der Einwohner (Arbeiten, Essen und Freizeit) sowie Ausstattungsraten mit Geräten und deren Eigenschaften natürlich von dem des verwendeten SLP H0 für Deutschland abweichen wird. Dabei kann der Einfluss der technischen Faktoren vernachlässigt werden, da sie bezogen auf die langfristige Perspektive und im Rahmen der Szenarien grundsätzlich konvergieren werden. Es bleiben demnach im Wesentlichen die nicht-technischen Faktoren, die auch in Zukunft zu unterschiedlichen (nicht-optimierten) Lastprofilen führen werden.

Die damit verbundenen Fehler werden für diese Untersuchung jedoch durch folgende Aspekte weniger bedeutsam:

- Die Einsatzoptimierung der Flexibilitätsoptionen bezieht sich immer auf das Gesamtsystem und damit die gesamte Residuallast im Zieljahr 2050. Das heutige reale Profil wird dadurch weiterhin berücksichtigt, die Fehler des Partiallastganges bleiben dabei „unsichtbar“.
- Das DSM-Potenzial ist in Deutschland am größten, so dass sich die Fehler der Vorgehensweise auf wenige ebenfalls DSM- und verbrauchsstarke Länder wie Frankreich, Italien und England konzentrieren.
- Die zu erwartenden Abweichungen aufgrund der unterschiedlichen Lastgänge in den Ländern dürften im Mittel unterhalb von gut 10 % liegen (siehe Abbildung 9). Die Abweichungen sind demnach in der Nachthälfte am größten und nähern sich tagsüber an.

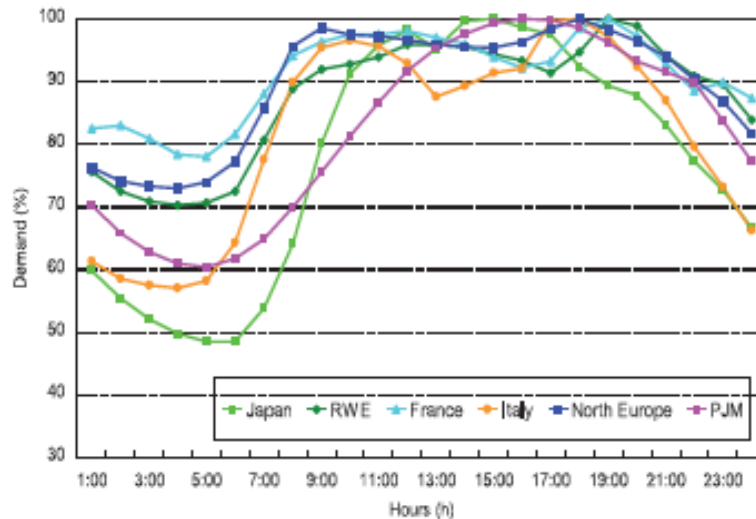


Figure 1-1 – Comparison of daily load curves
(IEEJ – The Institute of Energy Economics, Japan, 2005)

Abbildung 9: Tages-Lastgänge verschiedener Länder im Vergleich

Die zeitlichen Unterschiede aufgrund der innereuropäischen Zeitverschiebung wurden dagegen bei der Erstellung der Lastprofile für die verschiedenen Länder mit der jeweiligen Zeitzone berücksichtigt. Insgesamt bleibt das Lastprofil des jeweiligen Landes damit erhalten, so dass die Aussagen für das Gesamtsystem stimmig bleiben, nur die intersektoralen Einflüsse können nicht richtig abgebildet werden. Dies stellt „nur“ für die sektorspezifischen DSM-Optionen einen Nachteil dar, der aber aus o. g. Gründen wenig ins Gewicht fällt.

Artefakte der Vorgehensweise

Durch diese Vorgehensweise, die unabhängig von den verwendeten ENTSO-E Gesamtlastverläufen durchgeführt wurde, kommt es vereinzelt zu Situationen, in denen das synthetische HH-Lastprofil, die Gesamtlast eines Landes übersteigt. Dies kommt nur in sehr wenigen, einzelnen Stunden und vor allem in den Wintermonaten vor, in denen die ENTSO-E Lastdaten durch die Temperaturbereinigung z.T. erheblich verringert wird und die Last gemäß SLP (H0) relativ hoch ist (jahreszeitliche Abhängigkeit). Zur Bereinigung dieser Artefakte wird an den wenigen Stellen, an denen die HH-Last die Gesamtlast des jeweiligen Landes übersteigt, diese der Gesamtlast gleichgesetzt. Aufgrund der Seltenheit dieser Artefakte wird nicht mit einem signifikanten Einfluss auf die Ergebnisse gerechnet.

Industrie und Gewerbe

Für die Sektoren Industrie und GHD konnten insgesamt keine verwertbaren Informationen zu Lastgängen oder -profilen ermittelt werden. Zudem dürften diese gemäß der im jeweiligen Land ausgeprägten Wirtschaft sehr unterschiedlich ausfallen. Daher wurde für Ihre Ausweisung der folgende, pragmatische Ansatz gewählt: Die Lastzeitreihen für beide Sektoren zusammen werden stets aus der Differenz von Gesamtlastprofil nach ENTSO-E und dem o. g. synthetischen Haushalts-Lastprofil gebildet.

Damit ergibt sich aus dem o. g. Artefakt für die Lastganglinien des Haushaltssektors, dass die Industrie- und Gewerbelast in seltenen Fällen Null wird. Dieser Fehler ist aber ebenfalls als vernachlässigbar gering anzusehen.

4.2 Lastgänge für Wärmepumpen im Jahr 2050

Der Lastverlauf einer Wärmepumpe (WP) ist i.d.R. temperaturgetrieben. Zum einen spielt die Wohnraumtemperatur, zum anderen die Außentemperatur im Jahresverlauf eine wichtige Rolle. Die Ausprägung der Lastkurve hängt zudem maßgeblich von der zu beheizenden Wohnfläche (s.u.) ab. Unter Annahme, dass die spezifische Wohnfläche pro Kopf im Mittel über EU27+ homogen verteilt ist, werden die Wärmepumpenlastprofile wie folgt generiert.

Den Vorgaben der Studie (Greenpeace und EREC 2012) für den Wärmepumpenstrombedarf in der EU-27 folgend, werden für das Jahr 2050 insgesamt 55 TWh/a für Wärmepumpenprozesse in der Industrie und 154 TWh/a in anderen Sektoren (Haushalte und Gewerbe) angenommen. Diese Werte werden wie am Anfang von Kapitel 4 beschrieben auf den Untersuchungsrahmen des RESTORE-Projektes hoch skaliert.

Da für die Anwendung im Industriebereich keine geeigneten Parameter für eine regionale Verteilung ermittelt werden konnten, konzentriert sich das weitere Vorgehen auf den Wärmepumpen-Stromverbrauch im Haushaltsbereich. Dieser wird mit Hilfe der folgenden Parametern und zusätzlicher Annahmen wie z.B. homogenes Nutzerverhalten bei gleicher Tagesmitteltemperatur in ganz Europa, länderspezifisch ausgewiesen und in stündlich aufgelöste Lastprofile überführt:

- Fläche des zu beheizenden Wohnraums nach (ENTRANZE 2014a)
- Heizenergiebedarf pro m² nach (ENTRANZE 2014b)
- Tagesmitteltemperaturen nach (DWD 2014)
- Einwohnerzahlen und Haushaltsgrößen nach (Eurostat 2014)

Die so ermittelten länderspezifischen Strombedarfe für Wärmepumpen werden mittels eines synthetisch-empirischen Lastprofils in temperaturabhängige Stundenwerte umgerechnet. Dies erfolgte auf Basis der Methodik zur Erstellung von Standardlastprofilen für Wärmepumpen des BDEW für Regionen in Deutschland (BDEW 2014). Als Grundlage wird hier zur Berechnung das Wärmepumpenlastprofil „WP2 (ohne Unterbrechung)“ des Netzbetreibers Westnetz ausgewählt (vgl. Abbildung 10). Dieses gilt für die folgenden vier Klimabereiche, die eine Mischung aus sehr bevölkerungsreichen (WD2 und WK2) und eher ländlichen Regionen (WL2 und WB2) darstellen:

- Düsseldorf (Rhein-Ruhr) WD2
- Köln-Bonn (westliches Rheinland) WK2
- Lüdenscheid (Siegerland) WL2
- Andernach (Ahr-Nahe-Mosel) WB2

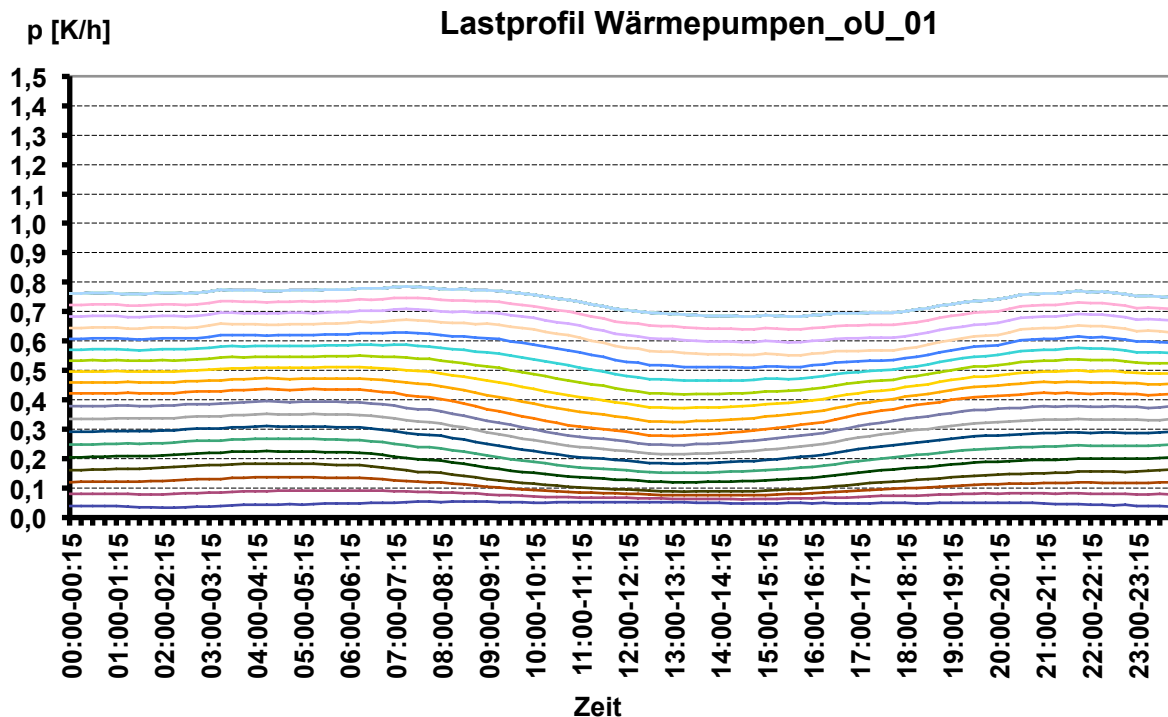


Abbildung 10: WP2 Lastprofil Westnetz (ohne Unterbrechung)

Quelle: (Westnetz 2014)

Die Lastprofile stellen Tageslastgänge für unterschiedliche gewichtete Tagesmitteltemperaturen bereit. Durch Verwendung der Temperaturzeitreihen, welche aus den meteorologischen Inputdaten der Universität Oldenburg (Nag 2014) für die Optimierungsrechnungen in Arbeitspaket 7 hervorgehen, können diese gewichteten Tagesmitteltemperaturen für jedes der betrachteten Länder erstellt werden.

Auf diese Weise kann näherungsweise ein normiertes Lastprofil für jeden ausgewählten Standort erstellt werden, indem die Methodik für alle Tage des untersuchten Jahres durchgeführt wird. Zudem wird aus der Summe aller täglichen Differenzen der Tagesmitteltemperatur und der Heizschwelle (im verwendeten SLP liegt diese bei 17°C) eine standortspezifische Temperaturmaßzahl (TMZ) errechnet, mit der das normierte Lastprofil entnormiert wird.⁵ Auf Grund der Temperaturabhängigkeit wird die Bestimmung des WP-Lastprofils für alle betrachteten Länder gleichermaßen angewendet.⁶

Die Verwendung eines einzigen synthetisch-empirischen Lastprofils aus Deutschland für alle Länder der Untersuchung kann die nationalen Besonderheiten natürlich nicht repräsentativ abbilden. Die gewählte Vorgehensweise wird dennoch als angemessen bzw. zielführend betrachtet, weil:

- die wesentlichen Treiber für die Last, der WP-Stromverbrauch und die Außentemperaturen länderscharf berücksichtigt werden und
- Deutschland bezogen auf die Heizgradtage sehr dicht an dem EU-27 Mittelwert liegt (siehe Abbildung 11) und den größten WP-Stromverbrauch im Untersuchungsgebiet aufweist (siehe Abbildung 12).

⁵ Die genaue Vorgehensweise wird ausführlicher in (Nast und Horst 2011) beschrieben.

⁶ Da für Kosovo keine eigenen Temperaturzeitreihen vorliegen, werden an dieser Stelle die Temperaturen von Serbien genutzt.

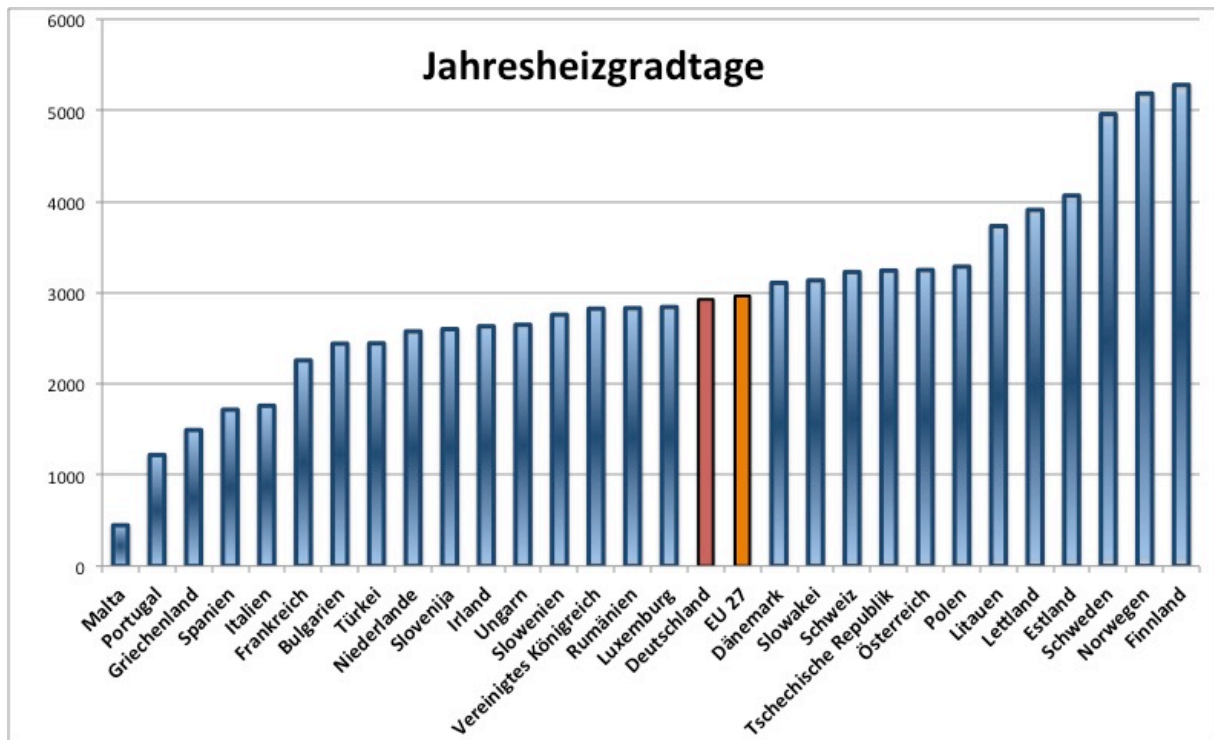


Abbildung 11: Jahresheiztage der betrachteten europäischen Länder (Eurostat-3)

Der aus den Basisszenarien hochskalierte Stromverbrauch der privaten Wärmepumpen im Jahr 2050 wird mit Hilfe der o. g. länderscharfen Kennwerte für den heutigen Raumwärmebedarf auf die untersuchten Länder- bzw. Regionen verteilt. Das entsprechende Ergebnis ist in der Abbildung 12, sortiert nach der Größe dargestellt. Die berechneten Verteilungsschlüssel für die Länder und die daraus resultierenden Strombedarfe für Wärmepumpenanwendungen sind zudem im Anhang II aufgelistet.

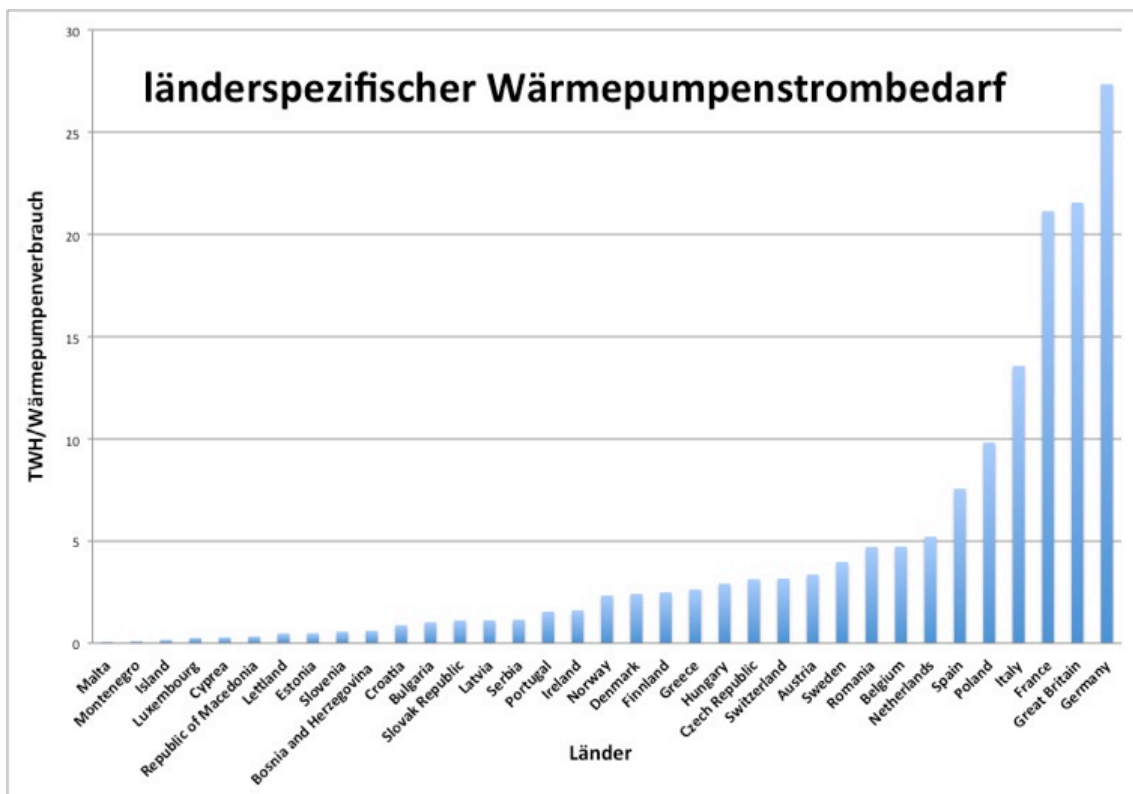


Abbildung 12: Wärmepumpenbezogener Strombedarf nach Ländern aufgeschlüsselt

Auf Basis der länderscharfen WP-Stromverbräuche und Außentemperaturen (stündlich aufgelöst) wird dann mit Hilfe des o. g. WP-Lastprofilverfahrens für jedes betrachtete Land die entsprechende WP-Lastkurve generiert. Diese werden anschließend auf die bereits erzeugten Gesamtlastkurven (Haushalte, Gewerbe und Industrie) der Länder addiert. Damit wird implizit unterstellt, dass der heutige (relativ kleine) Anteil der Wärmepumpen nicht in den Zuwachsdaten des GP/EREC E[R]-Szenarios enthalten ist und elektrisch betriebene Wärmepumpen in der Regel nur fossile Heizsysteme ersetzen.

4.3 Lastgänge für Elektromobilität im Jahr 2050

Zur Bestimmung der Lastprofile im Verkehrssektor werden zum einen die Daten und Informationen des Basisszenarios (Greenpeace und EREC 2012) sowie teils eigene Annahmen zum Fahrzeugtyp, Nutzungs- und Ladeverhalten genutzt (siehe Tabelle 3) und die Stromverbräuche von der EU-27 auf das RESTORE Untersuchungsgebiet hochskaliert (siehe oben). Zum anderen werden ergänzend die folgenden, separat ermittelten Kenngrößen für die Ableitung des länderspezifischen Strombedarfs verwendet:

- Fahrzeugbestand, d. h. Anzahl angemeldeter Fahrzeuge (eigene Berechnung)
- spezifische Fahrzeugleistung (ADAC 2012)
- Personenkilometer (Eurostat-4)

Tabelle 3: Annahmen und Kenndaten zur Elektromobilität

GP/EREC E[R]-Szenario	Stromverbrauch BEV-2050: 605 TWh _{el} Stromverbrauch PHEV-2050: 95 TWh _{el}
(eigene) Annahmen	Wirkungsgrad (Li-Ionen): 95% Selbstentladung (Li-Ionen): 1%/Monat (0,0014 %/h) Stromverbrauch: 13,4 kWh/100km Anschlussgrad: 20% < KFZ am Netz < 80% Tagesfahrleistung Wochentag: 102,8 km Tagesfahrleistung Wochenende: 77,1 km Lastprofiltypen: (1) [Montag-Donnerstag], (2) Freitag, (3) Samstag und (4) Sonntag

Quellen: (Greenpeace und EREC 2012), (Nast und Horst 2011) und eig. Berechnungen

Der erste Schritt der Berechnung dient zur Ausweisung der länderspezifischen Strombedarfe im Individualverkehr sowie des Fahrzeugbestandes. Im zweiten Schritt erfolgt die Erzeugung stundenscharfer Lastprofile auf Basis der im ersten Schritt berechneten Kennzahlen: Jahresstrombedarfe der Länder und der Anzahl der Fahrzeuge in den Ländern, mittels eines Berechnungstools aus dem Vorhaben (Nast und Horst 2011).

Länderspezifische Strombedarfe

Für die Berechnungen werden länderspezifische Daten bezüglich der "Passenger car-ownership" (EEA) und der pro Einwohner bezüglich des Jahres 2009 zurückgelegten Personenkilometer (Eurostat-4) herangezogen. Hieraus können dann weitere Kennzahlen wie Personenkilometer pro Land und Anzahl der Autos pro Land sowie Personenkilometer pro Auto bestimmt werden. Hierbei ist anzumerken, dass als Bezugsgröße die prognostizierte Bevölkerungszahl des Jahres 2050 in den Mitgliedsstaaten der EU nach (statista 2014) verwendet wurde. Somit wird bei den Berechnungen implizit unterstellt,

dass sich lediglich die Einwohneranzahl verändern wird, nicht jedoch das Fahrverhalten (Personen-km) oder das Konsumverhalten (Autos pro 1.000 Einwohner). Die Berechnung dieser beiden Kenngrößen erfolgt also einfach aus dem Verhältnis der Einwohner in 2050 zur Einwohnerzahl in 2009. Die resultierenden länderspezifischen Werte für Fahrzeuge pro Einwohner und Personenkilometer pro Einwohner sind im Anhang III angegeben.

Der Stromverbrauch durch Elektroautos wird maßgeblich durch die Nutzungsintensität des Elektroautos beeinflusst. Um dies in die Berechnungen einfließen zu lassen sind die gefahrenen Personenkilometer pro Land ein guter Anhaltspunkt. Aus der Energy Revolution Studie wird für Gesamteuropa (EU27) in Bezug auf das Jahr 2050 ein Verbrauchswert in Höhe von 605 TWh für reine Elektroautos (BEV) und von 95 TWh für Plugin-Hybride (PHEV) angegeben.⁷ Durch den länderspezifischen Anteil in Bezug auf die im Betrachtungsraum gefahrenen Personenkilometer, können diese bzw. die hochskalierten Stromverbräuche den betrachteten Ländern zugerechnet werden. Der daraus resultierende länderscharfe Stromverbrauch durch Elektromobilität ist in Abbildung 13 dargestellt.

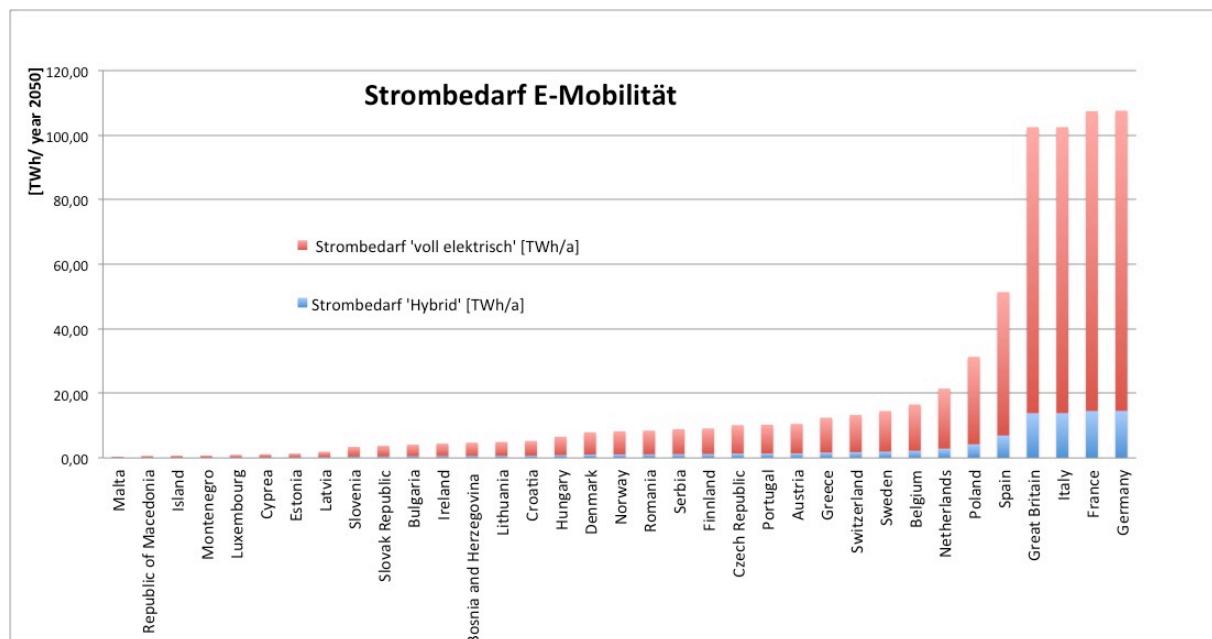


Abbildung 13: Länderspezifischer Stromverbrauch durch Elektromobilität im Zieljahr 2050

Quellen: (Greenpeace und EREC 2012); eigene Berechnungen

EMOB Lastprofile

Das Berechnungstool für E-PKW Lastprofile, welches im Rahmen der Studie (Nast und Horst 2011) entwickelt wurde, berechnet nach Eingabe der Werte für die Anzahl der Fahrzeuge sowie den gesamten Strombedarf den Lastgang einer Fahrzeugflotte basierend auf einem standartisiertem Fahrzeugtyp mit einer Reihe von Annahmen die für diese Berechnung übernommen wurden. Dabei wurden hier die Gesamtstromverbräuche und der Gesamtbestand an BEV und PHEV gemäß dem GP/EREC-Szenario und eige-

⁷ Durch die, im RESTORE 2050 Projektrahmen erweiterte Länderanzahl erhöht sich wie bereits beschrieben der Strombedarf entsprechend.

nen Berechnungen berücksichtigt. Die länderspezifischen Strombedarfe und Fahrzugeszahlen können im Anhang IV eingesehen werden.

Zur Berechnung der notwendigen Ladeleistung (länderspezifisch) einer jeweiligen Stunde (unter Berücksichtigung der Uhrzeit und des Wochentages) wurden die spezifischen Ladeleistung pro Fahrzeug (in KW) für den jeweiligen Wochentag genutzt. Dabei wurde zwischen Mo-Do, Fr, Sa und So unterschieden. Anschließend wurde die Gesamtzahl der Fahrzeuge des jeweiligen Landes einbezogen und mit der Fahrzeugspezifischen Ladeleistung multipliziert.

Berechnung der „verfügbaren Ladeleistung“

Wichtig für die Erstellung des verfügbaren DSM Potenzials ist nicht nur die tatsächliche Ladeleistung, welche sich aus der Annahme des unregelmäßigen Ladens aller Fahrzeuge ergibt. Das DSM Potenzial ergibt sich maßgeblich aus der Summe der ans Netz angeschlossenen Fahrzeuge und der damit verbundenen Speicherkapazität. Da (ungeregelte) Ladeleistung und die Anzahl der Fahrzeuge unmittelbar miteinander verbunden sind, musste für die Arbeiten zu DSM-Potenzialen im AP 5 zusätzlich eine länderspezifische Zeitreihe für die angeschlossene „verfügbare Ladeleistung“ erstellt werden, woraus dann in weiteren Arbeiten das DSM Potenzial für den Sektor Elektromobilität berechnet werden konnte. Zur Berechnung der notwendigen Ladeleistung (länderspezifisch) einer jeweiligen Stunde (unter Berücksichtigung der Uhrzeit und des Wochentages) werden die spezifischen Ladeleistungen pro Fahrzeug (in KW) für den jeweiligen Wochentag genutzt. Dabei wird zwischen den vier Wochentagen Mo-Do, Fr, Sa und So unterschieden. Anschließend wird die Gesamtzahl der Fahrzeuge des jeweiligen Landes einbezogen und mit der fahrzeugspezifischen Ladeleistung multipliziert.

Es ergeben sich so länderspezifische Lastprofile für die verfügbare Ladeleistung (siehe Abbildung 14) und ein Lastprofil für das unregelmäßige Laden, hier exemplarisch für ein Fahrzeug über eine Woche (siehe Abbildung 15).

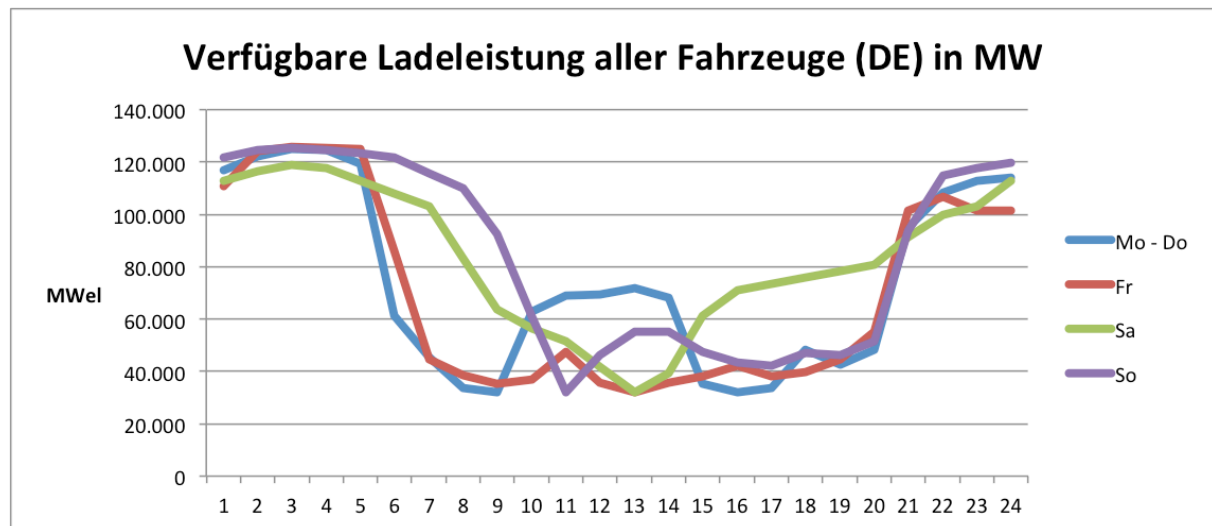


Abbildung 14: Exemplarischer Datenauszug der verfügbaren Ladeleistung in Deutschland nach Wochentagen

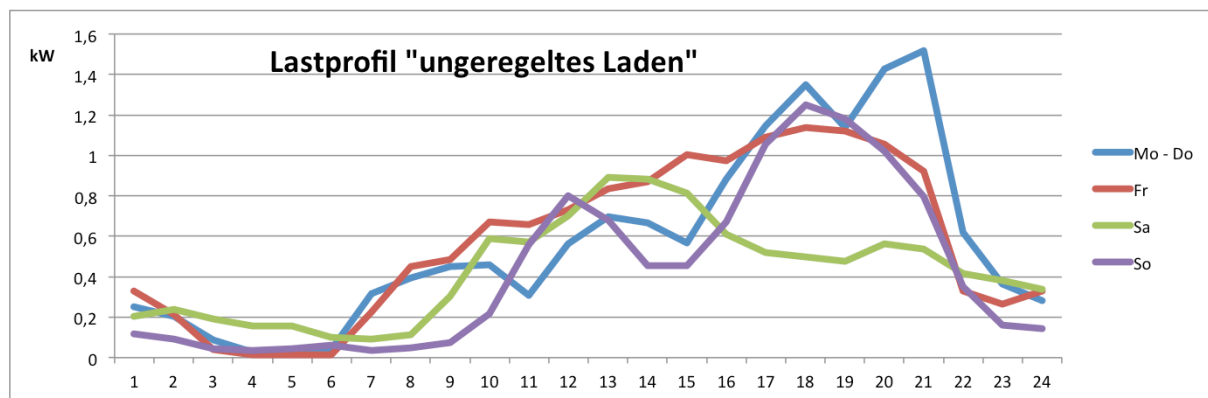


Abbildung 15: Darstellung des sich aus der gesamten Fahrzeugflotte in Deutschland ergebenden, mittleren Lastprofils bei unregelmäßigem Laden (bezogen auf ein durchschnittliches Fahrzeug)

Die auf diese Weise berechneten Daten wurden für die weitere Einbindung in die Modellierung für jedes Land als fortlaufende Datenreihe extrahiert und mit der entsprechenden Zeitzone an die Zeitverschiebung angepasst. Da die Elektromobilität zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch keinen maßgeblichen Anteil am Stromverbrauch ausmacht, werden, wie auch bei den Wärmepumpen die berechneten Verbräuche zu der projizierten ENTSO-E Last addiert.

5 Quellen

- BDEW (2014): Standardlastprofile Strom | BDEW | Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft. http://www.bdew.de/internet.nsf/id/DE_Standartlastprofile. Last access: 18 August 2014.
- DWD (2014): Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst -- Klimadaten. <http://www.dwd.de/mittelwerte>. Last access: 04 September 2015.
- ENTRANZE (2014a): Average size of dwelling. <http://www.entranze.enerdata.eu/total-unit-consumption-per-m2-in-residential-at-normal-climate.html#/average-size-of-dwelling.html>. Last access: 04 September 2015.
- ENTRANZE (2014b): Total unit consumption per m2 in residential (at normal climate). <http://www.entranze.enerdata.eu/total-unit-consumption-per-m2-in-residential-at-normal-climate.html>. Last access: 04 September 2015.
- ENTSOE (2013a): Consumption Data. <https://www.entsoe.eu/data/data-portal/consumption/Pages/default.aspx>. Last access: 03 September 2015.
- ENTSOE (2013b): ENTSO-E: HOURLY LOAD VALUES FOR A SPECIFIC COUNTRY FOR A SPECIFIC MONTH (IN MW. <https://www.entsoe.eu/db-query/consumption/mhlv-a-specific-country-for-a-specific-month>. Last access: 03 September 2015.
- ENTSOE (2013c): ENTSO-E_Draft_Data_Confidentiality Policy - Load_and_Consumption_Data.pdf. https://www.entsoe.eu/fileadmin/user_upload/_library/publications/ce/Load_and_Consumption_Data.pdf#search=Load%20and%20consumption%20data. Last access: 04 September 2015.
- European Environment Agency (2014): Passenger car ownership in the EEA (Last modified 29 Nov 2012, 11:40 AM). <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/passenger-car-ownership-in-the-eea>. Last access: 04 September 2015.
- Eurostat (2014): Haushaltsgrößen EU27. <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu>
- Fraunhofer ISI (2011): Tangible ways towards climate protection in the European Union (EU Long-term scenarios 2050). Karlsruhe: Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI.
- Greenpeace; EREC (2012): Energy [r]evolution: a sustainable Finland energy outlook. http://issuu.com/gp.nordic/docs/finland_energy_revolution_report_2012. Last access: 24 April 2015.
- Nag, K. (2014): Upload of solar feed in timeseries (including time series of ambient temperature); Email from 25.02.2014.
- Nast, M.; Horst, J. (2011): Vorbereitung und Begleitung der Erstellung des Erfahrungsberichtes 2011 gemäß § 65 EEG – Vorhaben V Integration der Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien und konventionellen Energieträgern.
- Samadi, S.; Merten, F. (2013): Szenarioauswahl und Metaanalyse – Projektbericht zum AP1 – Regenerative Stromversorgung und Speicherbedarf in 2050 – RESTORE 2050; Forschungsvorhaben gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (FKZ 03SF0439B) im Rahmen der Förderinitiative Energiespeicher.

statista (2014): EU - Gesamtbevölkerung in den Mitgliedsstaaten 2014 bis 2050 | Statistik.

<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/164004/umfrage/prognostizierte-bevoelkerungsentwicklung-in-den-laendern-der-eu/>. Last access: 04 September 2015.

Weltbank (2014): Abbildung der Bevölkerungsentwicklung nach Länder und Jahren.

<http://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>

Westnetz (2014): Westnetz - Lastprofile.

<http://www.westnetz.de/web/cms/de/1625922/westnetz/netzstrom/netznutzung/lastprofile/>. Last access: 04 September 2015.

6 Anhang

6.1.1 Dokumentation der Datenlücken in den ENTSO-E Rohdaten

Dokumentation der Datenaufbereitung der ENTSO-E Lastdaten, bezogen von (ENTSO-E).

ENTSO-E 2010

Land	Status	von/Datum	bis/Uhrzeit	Methodik zur Datenaufbereitung
Austria	AT	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Belgium	BE	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Bosnia and Herzegovina	BH	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Bulgaria	BG	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Croatia	HR	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Czech Republic	CZ	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Denmark	DK	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Estonia	EE	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Finnland	FI	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
France	FR	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Germany	DE	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Great Britain	UK	01.01.10	19.01.10	
Great Britain	UK	21.01.10	31.01.10	
Great Britain	UK	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Greece	EL	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Hungary	HU	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Ireland	IE	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Island	IS	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Italy	IT	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Latvia	LV	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Lithuania	LT	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Luxembourg	LU	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Malta	MT	29.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Montenegro	ME	28.03.10	02:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Montenegro	ME	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Netherlands	NL	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Norway	NO	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Norway	NO	09.12.10	13:00-20:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Poland	PL	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Portugal	PT	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Republic of Macedonia	MK	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Romania	RO	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Romania	RO	28.03.10	04:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Serbia	RS	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Slovak Republic	SK	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Slovenia	SI	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Spain	ES	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Sweden	SE	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Switzerland	CH	19.01.10	9:00 - 24:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Switzerland	CH	28.03.10	02:00	Siehe unten
Switzerland	CH	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Switzerland	CH	28.03.10	4:00-24:00	Der Zeitraum am 28.03.2010 von 2:00 bis 24 Uhr wird aus dem Mittelwert des Tages davor und des Tages danach gebildet.
Switzerland	CH	08.10.10	10.10.10	Die fehlenden daten wurden über den Mittelwert der Tage davor bzw. der Tage danach berechnet. Bei einer Zeitspanne von 2,5 (16:00 bis 0:00) Tagen ergibt sich somit die Situation, dass die berechneten Werte zur mittelwertbildung genutzt wurden.
Switzerland	CH	04.11.10	06:00-24:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Cyprea	CY	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.
Northern Ireland	NI	28.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Okt. resp.

ENTSO-E 2011

Land	Status	von/Datum	bis/Uhrzeit	Methodik zur Datenaufbereitung
Austria	AT	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Belgium	BE	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Bosnia and Herzegovina	BH	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Bulgaria	BG	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Croatia	HR	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Czech Republic	CZ	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Denmark	DK	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Estonia	EE	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Finnland	FI	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
France	FR	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Germany	DE	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Great Britain	UK	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Greece	EL	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Hungary	HU	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Ireland	IE	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Island	IS	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Italy	IT	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Latvia	LV	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Latvia	LV	20.06.10	11:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Latvia	LV	02.12.10	13:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Latvia	LV	16.12.10	15:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Latvia	LV	16.12.10	19:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Latvia	LV	16.12.10	23:00	lineare Interpolation mit den Nachbarwerten
Lithuania	LT	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Luxembourg	LU	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Malta	MT	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Montenegro	ME	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Netherlands	NL	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Norway	NO	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Poland	PL	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Portugal	PT	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Republic of Macedonia	MK	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Romania	RO	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Serbia	RS	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Slovak Republic	SK	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Slovenia	SI	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Spain	ES	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Sweden	SE	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Switzerland	CH	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Cyprea	CY	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Northern Ireland	NI	27.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.

ENTSO-E 2012

Land	Status	von/Datum	bis/Uhrzeit	Methodik zur Datenaufbereitung
Austria	AT	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Belgium	BE	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Bosnia and Herzegovina	BH	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Bulgaria	BG	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Croatia	HR	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Czech Republic	CZ	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Denmark	DK	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Estonia	EE	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Finnland	FI	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
France	FR	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Germany	DE	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Great Britain	UK	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Greece	EL	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Hungary	HU	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Ireland	IR/IE	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Island	IS	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Italy	IT	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Latvia	LV	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Lithuania	LT	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Luxembourg	LU	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Malta	MT	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Montenegro	ME	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Netherlands	NL	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Norway	NO	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Poland	PL	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Portugal	PT	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Republic of Macedonia	MK	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Republic of Macedonia	MK	25.03.10	04:00	linear interpoliert mit den Nachbarwerten
Romania	RO	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Serbia	RS	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Slovak Republic	SK	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Slovak Republic	SK	25.03.10	24 Uhr	Wert liegt bei Null - sehr unwahrscheinlich! --> linear interpoliert mit den Nachbarwerten
Slovenia	SI	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Spain	ES	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Sweden	SE	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Switzerland	CH	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Cyprea	CY	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.
Northern Ireland	NI	25.03.10	03:00	Zeitumstellung - im Oktober resp.

6.1.2 II. Verteilungsschlüssel und Strombedarfe für Wärmepumpen nach Ländern

	Verteilungsschlüssel	Strombedarf pro Land
	[%]	[TWh/a]
Austria	2,18%	3,363
Belgium	3,07%	4,730
Bosnia and Herzegovina	0,40%	0,616
Bulgaria	0,67%	1,035
Croatia	0,57%	0,884
Czech Republic	2,04%	3,138
Denmark	1,57%	2,416
Estonia	0,32%	0,492
Finnland	1,62%	2,493
France	13,73%	21,140
Germany	17,77%	27,368
Great Britain	14,00%	21,566
Greece	1,71%	2,631
Hungary	1,90%	2,923
Ireland	1,05%	1,617
Island	0,11%	0,163
Italy	8,81%	13,570
Latvia	0,73%	1,129
Lettland	0,31%	0,483
Luxembourg	0,17%	0,269
Malta	0,02%	0,038
Montenegro	0,06%	0,100
Netherlands	3,39%	5,217
Norway	1,52%	2,338
Poland	6,38%	9,826
Portugal	1,00%	1,547
Republic of Macedonia	0,22%	0,338
Romania	3,06%	4,714
Serbia	0,75%	1,160
Slovak Republic	0,73%	1,121
Slovenia	0,37%	0,574
Spain	4,91%	7,559
Sweden	2,58%	3,980
Switzerland	2,06%	3,165
Cyprus	0,19%	0,292

6.1.3 III. PKW Ausstattungsrate (Passenger Car Ownership) in PKW/1000 Köpfe und spezifische Fahrleistung in pkm/Einwohner (inhabitant)

	passenger car ownership	pkm/inhabitant
Austria	528	8.696
Belgium	471	10.457
Bosnia and Herzegovina	240	8.672
Bulgaria	386	4.016
Croatia	343	8.672
Czech Republic	386	6.792
Denmark	386	9.948
Estonia	436	7.403
Finnland	484	11.884
France	490	11.833
Germany	551	10.541
Great Britain	463	11.359
Greece	419	8.090
Hungary	294	4.649
Ireland	430	6.652
Island	644	16.226
Italy	603	11.790
Latvia	357	6.755
Lithuania	473	11.598
Luxembourg	700	13.857
Malta	561	4.938
Montenegro	262	8.672
Netherlands	449	9.016
Norway	454	11.449
Poland	342	5.746
Portugal	355	6.812
Republic of Macedonia	138	2.257
Romania	180	2.776
Serbia	215	8.672
Slovak Republic	244	4.888
Slovenia	485	11.484
Spain	474	7.791
Sweden	481	10.721
Switzerland	516	11.664
Cyprea	548	6.755
EU-Mittel	422	8672

Quelle: (European Environment Agency 2014)

Für die orange markierten Länder gab es keine entsprechende Datengrundlage. Es wurde angenommen, dass die Fahrleistung in dem Fall dem europäischen Mittel entspricht (8672 km/a).

6.1.4 IV. Länderspezifische Strombedarfe und KFZ-Bestände 2050

Country		Electricity demand in TWh	Anzahl der Fahrzeuge
Austria	AT	11,23	4.486.727
Belgium	BE	17,64	5.226.968
Bulgaria	BG	4,39	1.724.400
Bosnia and Herzegovina	BA	2,90	918.243
Switzerland	CH	13,00	4.124.232
Cypraea	CY	1,23	165.600
Czech Republic	CZ	10,84	4.050.271
Germany	DE	114,55	34.623.411
Denmark	DK	8,47	1.920.800
Estonia	EE	1,46	501.395
Spain	ES	54,70	15.779.012
France	FR	114,38	27.714.559
Great Britain	UK	109,11	30.987.734
Greece	EL	13,28	5.956.036
Croatia	HR	4,61	1.463.581
Hungary	HU	6,99	4.580.213
Ireland	IE	4,75	1.969.545
Italy	IT	109,12	17.874.596
Kosovo	KO	0,20	388.528
Lithuania	LT	5,29	1.932.000
Luxembourg	LU	1,05	301.271
Latvia	LV	2,05	859.045
Montenegro	ME	0,51	162.702
Republic of Macedonia	MK	0,92	290.628
Malta	MT	0,30	142.750
Netherlands	NL	22,88	7.890.868
Norway	NO	7,25	2.298.256
Poland	PL	33,36	26.723.414
Portugal	PT	10,97	5.946.041
Romania	RO	9,03	5.606.800
Serbia	RS	4,90	1.553.160
Sweden	SE	15,48	3.376.090
Slovenia	SI	3,67	953.257
Slovak Republic	SK	4,01	2.423.820
Finnland	FI	9,75	2.086.829