

LoadShift: Lastverschiebung in Haushalt, Industrie, Gewerbe und kommunaler Infrastruktur Potenzialanalyse für Smart Grids

Literaturvergleich

S. Moser

Österreichische
Begleitforschung
zu Smart Grids

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

7d/2015

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

www.NachhaltigWirtschaften.at

LoadShift: Lastverschiebung in Haushalt, Industrie, Gewerbe und kommunaler Infrastruktur Potenzialanalyse für Smart Grids

Literaturvergleich

Österreichische Begleitforschung
zu Smart Grids

Simon Moser
Energieinstitut an der JKU Linz

Linz, Juni 2014

Vorbemerkung

In der Strategie der österreichischen Bundesregierung für Forschung, Technologie und Innovation ist deutlich verankert, dass Forschung und Technologieentwicklung zur Lösung der großen gesellschaftlichen Herausforderungen beizutragen hat, wobei die Energie-, Klima- und Ressourcenfrage explizit genannt wird. In der vom Rat für Forschung und Technologieentwicklung für Österreich entwickelten Energieforschungsstrategie wird der Anspruch an die Forschung durch das Motto „Making the Zero Carbon Society Possible!“ auf den Punkt gebracht. Um diesem hohen Anspruch gerecht zu werden sind jedoch erhebliche Anstrengungen erforderlich.

Im Bereich der Energieforschung wurden in den letzten Jahren die Forschungsausgaben deutlich gesteigert und mit Unterstützung ambitionierter Forschungs- und Entwicklungsprogramme international beachtete Ergebnisse erzielt. Neben der Finanzierung von innovativen Forschungsprojekten gilt es mit umfassenden Begleitmaßnahmen und geeigneten Rahmenbedingungen eine erfolgreiche Umsetzung der Forschungsergebnisse einzuleiten. Ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Umsetzung ist die weitgehende öffentliche Verfügbarkeit der Resultate. Die große Nachfrage und hohe Verwendungsquoten der zur Verfügung gestellten Ressourcen bestätigen die Sinnhaftigkeit dieser Maßnahme. Gleichzeitig stellen die veröffentlichten Ergebnisse eine gute Basis für weiterführende innovative Forschungsarbeiten dar. In diesem Sinne und entsprechend dem Grundsatz des „Open Access Approach“ steht Ihnen der vorliegende Projektbericht zur Verfügung. Weitere Berichte finden Sie unter www.NachhaltigWirtschaften.at.

DI Michael Paula

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung zur Smart Grids Begleitforschung

In den letzten Jahren setzt das BMVIT aufgrund der Aktualität des Themas einen strategischen Schwerpunkt im Bereich der Weiterentwicklung der Elektrizitätsversorgungsnetze. Dabei stehen insbesondere neue technische, aber auch sozio-technische und sozio-ökonomische Systemaspekte im Vordergrund.

Im Rahmen der „Smart Grids Begleitforschung“ wurden daher Fragestellungen von zentraler Bedeutung für die Weiterentwicklung diesbezüglicher F&E-Strategien identifiziert und dementsprechende Metastudien, Detailanalysen und Aktionspapiere initiiert und - zum Teil gemeinsam mit dem Klima- und Energiefonds - finanziert. Der gegenständliche Bericht dokumentiert eine in diesem Zusammenhang entstandene Arbeit, die nicht zwingend als Endergebnis zur jeweiligen Fragestellung zu verstehen ist, sondern vielmehr als Ausgangspunkt und Grundlage für weiterführende Forschung, Strategieentwicklung und Entscheidungsfindung.

Michael Hübner

Themenmanagement Smart Grids

Abteilung Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Der Klima- und Energiefonds unterstützt das bmvit bei dieser Strategieentwicklung. Dieses Projekt wurde mit Mitteln des Klima- und Energiefonds finanziert.

VORWORT

Im Rahmen des Projektes „Loadshift“ werden Potenziale der Verschiebung der Energienachfrage erhoben und die ökonomischen, technischen sowie rechtlichen bzw. organisatorischen Aspekte der Verschiebungspotenziale analysiert. Das Projekt untersucht die Lastverschiebungspotenziale dabei getrennt für die Sektoren Industrie, Gewerbe, Haushalte und kommunale Infrastruktur, liefert konsistente Schätzungen für den Aufwand verschiedener Grade der Potenzialausschöpfung und leitet eine Cost Curve für gesamt Österreich ab.

Der vorliegende Projektbericht 3/9 „Literaturvergleich“ wurde im Rahmen dieses Projektes erstellt. Weitere Projektberichte des Projektes Loadshift sind:

0/9: Überblick und Zusammenfassung: Das Projekt Loadshift

1/9: Loadshift- Rahmenbedingungen

2/9: *Netztechnische Betrachtung*

3/9: Literaturvergleich

4/9: Lastverschiebung in der Industrie

5/9: Lastverschiebung bei gewerblichen Anwendungen: Lebensmittelkühlung und Dienstleistungsgebäude

6/9: Lastverschiebung in Haushalten

7/9: Lastverschiebung bei kommunalen Kläranlagen und Wasserversorgungssystemen

8/9: Rechtliche Aspekte des nachfrageseitigen Lastmanagements in Österreich inkl. eines Ausblicks auf die deutsche Rechtslage

9/9: Hemmniskatalog



Das Projekt Loadshift wird im Rahmen der 5. Ausschreibung Neue Energien 2020 vom Klima- und Energiefonds gefördert.

Inhaltsverzeichnis

1	Literaturvergleich mit österreichischen Studien.....	4
1.1	Leistungseinsparpotenziale elektrischer Haushaltsgeräte	4
1.2	Potenziale für Power Demand Side Management in der Industrie	4
1.2.1	Ausgangssituation	5
1.2.2	Begünstigende Faktoren und Hemmnisse	5
1.2.3	Potenzial für Lastverschiebung	5
1.2.4	Demonstrative Beispiele	6
1.2.5	Kosten der Lastverschiebung	7
1.3	Anwendungen von industriellen DSM-Potenzialen	7
1.4	Potenziale und Kosten in Industrie und Gewerbe	8
1.4.1	Begünstigende Faktoren und Hemmnisse	8
1.4.2	Potenzial für Lastverschiebung – Top-Down-Analysen.....	8
1.4.3	Potenzial für Lastverschiebung – Bottom-Up-Analyse	9
1.4.4	Kosten der Lastverschiebung	10
1.5	Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten.....	13
2	Literaturvergleich mit deutschen Studien	14
2.1	Lastmanagement.....	14
2.1.1	Ausgangssituation	14
2.1.2	Demand Response Potenzial	14
2.2	Demand Response im gewerblichen Sektor	15
2.2.1	Ausgangssituation	15
2.2.2	Demand Response Potenzial	15
2.2.3	Kosten der Lastverschiebung	15
2.3	Lastverschiebungspotenziale in Deutschland	15
2.3.1	Ausgangssituation	15
2.3.2	Demand Response Potenzial	15
2.4	Gruber (2014)	16
2.4.1	Demand Response Potenzial	16
2.4.2	Kosten der Lastverschiebung	16
3	Abbildungsverzeichnis	18
4	Tabellenverzeichnis	18

1 Literaturvergleich mit österreichischen Studien

Dieses Arbeitspapier gibt einen Überblick über die im Rahmen des Projektes Loadshift analysierten Studien, die sich in der Vergangenheit bereits mit der Frage auseinandergesetzt haben, wie Lastverschiebungspotentiale genutzt werden können und in welchem Ausmaß sie in den einzelnen Wirtschaftsbereichen vorliegen.

1.1 Leistungseinsparpotenziale elektrischer Haushaltsgeräte

Schmautzer E., Aigner M., Fickert L., Anaca M. (2011) Leistungseinsparpotenziale elektrischer Haushaltsgeräte durch den koordinierten Einsatz smarterer Technologien. 7. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien.

Schmautzer et al. (2011) bestimmen das Leistungseinspar- bzw. Lastverschiebungspotenzial im österreichischen Haushaltssektor auf Basis der Einsatzverteilung der Haushaltsgeräte und entsprechender Lastgangkurven. Unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Parametern kommen die Autoren dieser Studie zu dem Schluss, dass in Österreich im Haushaltssektor ein theoretisches Schaltpotenzial von 600 MW existiert, wobei das realistische Potenzial mit ca. 100 MW angegeben wird. Folgende Ein-Stunden-Potenziale wurden angegeben:

- Waschmaschinen: 370 MW theoretisch / 50 MW realistisch
- Gefriergeräte: 70 MW theoretisch / 10 MW realistisch
- modifizierte Kühlschränke: 115 MW theoretisch / 10 MW realistisch
- Geschirrspüler: 160 MW theoretisch / 20 MW realistisch

Des Weiteren kommt die Studie zu dem Schluss, dass die Bereitschaft des Kunden an solchen Prozessen teilzunehmen vor allem von der jeweiligen Tätigkeit (Waschen, Geschirrspülen, Kühlen, etc.) abhängt. Andere Haushaltsgeräte wurden nicht betrachtet.

1.2 Potenziale für Power Demand Side Management in der Industrie

Gutschi, C. (2007) Interdisziplinäre Beiträge zur Effizienzsteigerung im Energiesystem durch Energiespeicherung und Kraft-Wärme-Kopplung. Dissertation am Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik an der Technischen Universität Graz.

Gutschi, C. und Stigler, H. (2008) Potenziale und Hemmnisse für Power Demand Side Management in Österreich. Beitrag beim 10. Symposium Energieinnovation, Technische Universität Graz, 13.-15. Feb. 2008.

Gutschi und Stigler (2008) scheinen inhaltlich und strukturell deutlich auf einem Teil der Dissertation von Gutschi (2007) aufzubauen, wobei Gutschi und Stigler (2008) teils aktuellere Daten verwenden. Daher werden die beiden Papiere im Folgenden gemeinsam betrachtet.

1.2.1 Ausgangssituation

Gutschi und Stigler (2008) stellen eingangs dar, dass sich die Reservekapazitäten am europäischen Strommarkt seit Beginn der Regulierung (wahrscheinlich aus Effizienzgründen) reduziert und entsprechend verteuert haben. Sie zeigen grafisch auf Basis von Daten der E-Control, dass in der höchsten Jahresstundenspitze 400 MW mehr nötig sind als in der 35. Stunde und 500 MW mehr als in der 50. Stunde und deuten damit an, dass ein Lastabwurf für diese seltenen Fälle pro Jahr günstiger sein kann als eine Reservekapazität von Kraftwerken. Ziel ihres Papiers ist daher zu testen, inwieweit diese Reserveenergie auch durch einen Lastabwurf bereitgestellt werden kann.

1.2.2 Begünstigende Faktoren und Hemmnisse

In den Spitzenlaststunden, die primär bzw. fast ausschließlich im Winter anfallen, bestimmen die thermischen Kraftwerke und Stromimporte das Stromangebot (die Erzeugung aus Wasserkraft sinkt im Winter klimatisch bedingt auf die Hälfte des Sommers).

Gutschi und Stigler (2008) streichen für den Zeitpunkt der Publikation des Papiers hervor, dass aufgrund mangelnder Abrechnungsmöglichkeiten (d.h. Smart Metering) eine Lastreduktion über Tarifierung bei der breiten Masse nicht möglich war. Im industriellen Bereich sahen sie „vergleichsweise wenig organisatorische[n] und steuerungstechnische[n] Aufwand“ (siehe S.4.). Als Enabler der Lastverschiebung stehen zur Verfügung:

- Überdimensionierte Anlagenteile („Energiedienstleistungsspeicher“: Speicher, die ein energetisch geändertes Zwischen- oder Endprodukt lagern und damit indirekt die eingesetzte Energie lagern; z.B. Tanks, Materiallager, oÄ.)
- Eigenerzeugungsanlagen
- Verlagerung von Lasten auf das Wochenende (verbunden mit organisatorischen Herausforderungen)
- Produktionsunterbrechung (im Notfall, d.h. wenn es sich beim Prozess um einen limitierenden Engpassprozess handelt)

Ähnlich listet Gutschi (2007) in seiner Dissertation die Bereitschaft zur Lastverschiebung begünstigende Faktoren in der Industrie auf: Hohe Stromkosten, diskontinuierliche Prozesse, redundante Anlagen, überdimensionierte oder gering ausgelastete Anlagenteile, lagerfähige Zwischen- oder Endprodukte inkl. der Möglichkeit zur Produktion auf Vorrat und kostengünstige Lagerung, Fähigkeit zur kurzfristigen Unterbrechung, Stillstände z.B. nachts oder an Wochenenden, geringer Termindruck oder unterdurchschnittliche Auftragslage. Zur nachfolgenden Weiterverwendung können diese Eigenschaften als nicht stetige Vollauslastung aller Anlagenteile subsummiert werden.

1.2.3 Potenzial für Lastverschiebung

Spitzenlastwächter sind Geräte, die in Industriebetrieben automatisch Maschinen abwerfen, um eingestellte Spitzenlasten nicht zu überschreiten. Gutschi und Stigler (2008) folgern, dass Lastverschiebung grundsätzlich angewandt wird und daher möglich ist.

Aus der Elektrizitätsintensität pro 1.000 Euro Produkt leiten Gutschi und Stigler (2008) jene Branchen ab, die ein hohes Potenzial für Lastverschiebungen aufweisen: Papier/Pappe, Eisen/Stahl, Bergbau/Steine/Erden, Chemie, Nichteisenmetalle, Gießereien. Aus Klobasa et al. (2007) (Quelle siehe Tabelle 1-1) führen sie folgende Potenziale für Deutschland an:

- Chemie: 580 MW
- Papier: 810 MW
- Eisen/Stahl: 400 MW
- Nichteisenmetalle: 300 MW
- Zementerzeugung: 180 MW

Basierend auf einem begünstigenden Faktor in Gutschi (2007), nämlich der nicht zu allen Jahres- oder Tageszeiten gegebenen Vollauslastung, werden ebendort die errechneten Durchschnittslastwerte (Jahresverbrauch durch 8.760) und Maximallastwerte verglichen.

Aus Daten der UCTE wird abgeleitet, dass Lastverschiebung sowohl in Winter- als auch Sommermonaten eingesetzt werden kann und bei entsprechender Umsetzung in jedem Land zumindest 4 % der Spitzenlast reduzieren kann.

Aus statistischen und Unternehmensdaten sowie aus Befragungen leiteten Gutschi und Stigler (2008) ein Potenzial für die gesamte jeweilige Branche ab, welches die mögliche Lastreduktion für mindestens eine Stunde wiedergibt. Über *alle* Branchen summiert geben Gutschi und Stigler (2008) ein Potenzial von 664 MW an. Das Potenzial von *ausgewählten* Branchen wird in Tabelle 1-1 dargestellt.

Tabelle 1-1: Lastverschiebungspotenziale in ausgewählten Branchen.

Branche	Deutschland, aus Klobasa et al. (2007)	Österreich, aus Gutschi und Stigler (2008)
Chemie	580 MW	64 MW
Papier	810 MW	148 MW
Eisen/Stahl	400 MW	126 MW
Nichteisenmetalle	300 MW	26 MW
Zementerzeugung	180 MW	nicht explizit angeführt

Quellen: Gutschi und Stigler (2008, S.14); Klobasa M., Sensfuß F., Cremer C., Ragwitz M., Modelltechnische Untersuchung von Demand Response Potenzialen zur verbesserten Integration der Windenergie, IEWT 2007.

1.2.4 Demonstrative Beispiele

Zement: Rohmühle (2 MW) und Zementmühle (3 MW) stellen mechanische Anwendungen dar, hier werden lagerfähige Zwischen- bzw. Endprodukte erzeugt. Große Lager suggerieren eine leichte Möglichkeit zur Lastverschiebung. Dazwischen findet der stromintensive Prozess des Drehrohrofens (2 MW) statt, hier sind keine genauen Angaben zur Unterbrechbarkeit gegeben (Gutschi, 2007).

Papierindustrie: Hier werden von Gutschi und Stigler (2008) sowie Gutschi (2007) v.a. Schleifer (3-5 MW) und Refiner (15 MW) angeführt. Die mögliche Zwischenlagerung der gewonnenen Faser ist bis zu 18 h möglich und damit für einen Lastverschiebungsprozess ausreichend.

Steine und Erden: Zerkleinerungsvorgänge sind stromintensiv, werden in den Wintermonaten (betrachtet nach Volllaststunden) weniger genutzt und Lager sind kostengünstig, woraus sich insbesondere in diesen Monaten ein Lastverschiebungspotenzial ableiten lässt. Mit einem Potenzial von (nur) 500 kW bis 2 MW pro Betrieb, dafür aber einer Vielzahl von Betrieben bundesweit und einem quasi schlagartig möglichen Lastabwurf eignet sich die Branche gut für Lastverschiebung. Die Kosten könnten entsprechend gering sein.

Chemie: Die Betriebe der Chemiebranche sind sehr heterogen, außerdem sind starke gegenseitige Abhängigkeiten der stromintensiven Teilprozesse und folglich eine hohe Komplexität gegeben. Im Bereich der Chlor-Alkali-Elektrolyse und der Kalziumkarbid-Produktion gehen Gutschi und Stigler (2008) aber von Potenzialen aus.

- Chlor-Alkali: Hier kann der Elektrolyseur ohne Störung des Prozesses mit einer begrenzten Geschwindigkeit heruntergefahren werden, z.B. mit 1,5 %/min bis 10 % der Last, wodurch Megawatt für die Tertiärregelung bereitgestellt werden können.

Kosten: Die Leistungsreduktion scheint mit einer Reduktion des Produkt-Outputs in diesem Zeitraum verbunden zu sein.

- Kalziumkarbid: Die Leistung der Lichtbogenöfen kann von 17 auf 10 MW reduziert werden. Die Gesamtanlagen umfassen auch Brecher im Ausmaß von 7 MW, welche unterbrochen werden können.

Kosten: Zwar wird die grundsätzliche Eignung dieser Prozesse zur Lastverschiebung durch den von Gutschi und Stigler (2008) befragten Betrieb bestätigt, wie einfach die Lastverschiebung durchzuführen ist, bleibt in aber offen.

Weitere: Lichtbogenöfen in der Stahlerzeugung, die Erzeugung von Nichteisenmetallen, galvanische Prozesse, Kälte- und Wärmespeicher sowie die Wasserversorgung werden mit Verweis auf Gutschi (2007) als weitere mögliche Potenziale angegeben.

1.2.5 Kosten der Lastverschiebung

Anwendung: Am Intra-Day-Markt sehen Gutschi und Stigler (2008) mit Verweis auf Klobasa et al. (2007) keinen Anwendungsbereich, denn die Preise am Intra-Day-Markt sind gering und eine oftmalige Einflussnahme auf den Prozess ist mit hohen Kosten verbunden. Dagegen sind die Preise für Regelenergie höher und werden seltener abgerufen, wobei die Kosten der verbraucherseitigen Lastverschiebung für seltene Fälle sehr gering sind.

Die damals festgestellten geringsten Opportunitätskosten von etwa 200 €/MWh wurden von den Spotmarktpreisen an der EEX nur in 30-45 Stunden pro Jahr überschritten. Das kosteneffiziente Potenzial läge in diesen Stunden bei etwa 200 MW.

1.3 Anwendungen von industriellen DSM-Potenzialen

Hütter, D., Schüppel, A., Stigler, H. (2013) Mögliche Anwendungen von industriellen DSM Potenzialen und deren Auswirkungen. Beitrag bei der 8. Internationale Energiewirtschaftstagung an der TU Wien

Hütter et al. (2013) definieren die vielversprechendsten Potenziale ebenfalls auf Basis des Elektrizitätseinsatzes pro Euro Wertschöpfung, da hier die höchsten Incentives bestünden. Anschließend teilen sie Branchen, offensichtlich auf Basis von Interviews, in Bereiche mit hohem/mittlerem/geringen Potenzial ein und erreichen ein ähnliches Ergebnis wie Gutschi (2007) bzw. Gutschi und Stiegler (2008).

Für das Jahr 2009 finden Hütter et al. (2013) 40 Spitzenlaststunden, verteilt über 12 Tage, die einen Lastunterschied von 450 MW ausmachen. Diese Spitzenlaststunden treten nach Monaten v.a. Jänner, etwas weniger häufig aber ähnlich stark im Dezember und in geringerem Umfang im November und Februar auf. Nach Stunden treten sie, geringe Abweichungen vernachlässigend, zwischen 09:00 bzw. v.a. 11:00 und 13:00 und zwischen 17:00 und 20:00 auf.

Mit der im Papier beschriebenen Anwendung des Simulationstools ATLANTIS wurden Auswirkungen der Nutzung eines fix angenommenen Demand Response Potenzials von 300 MW auf CO₂-Emissionen, Redispatch, Gesamtenergieverbrauch etc. beschrieben, d.h. keine realen Kosten und Potenziale abgeleitet.

1.4 Potenziale und Kosten in Industrie und Gewerbe

Berger H., Eisenhut T., Polak S. und Hinterberger R. (2013) Demand Response Potential of the Austrian industrial and commerce sector. Endbericht.

1.4.1 Begünstigende Faktoren und Hemmnisse

Als förderlich für die Realisierung von Lastverschiebungspotenzialen listen Berger et al. (2013) die folgenden, „*im Zuge von internen und externen (Betriebsleiter, Experten) Diskussionen und anhand der vorgenommenen Literaturrecherche als wesentlich befundenen*“ Aspekte auf:

- große Einzelverbraucher („weil so bei relativ geringem Aufwand ein großes Potenzial erschlossen werden kann“)
- periphere Verbraucher („die nicht direkt im Hauptprozess eingebunden sind“, z.B. Zementmühlen, Brecheranlagen, Holzzerkleinerung)
- hohe Stromintensität
- einfach beherrschbarer Prozess (insbesondere mechanische Aufbereitungen)
- keine Vollausslastung (konjunkturabhängig)

Letztere Feststellung impliziert jedoch auch, dass in jenen Jahren, in denen Demand Response aus Sicht des Netzes eher benötigt wird (wenn die Konjunktur boomt), weniger Potenzial zur Verfügung steht und vice versa.

Obige Auflistung ergänzen Berger et al. (2013, S.184) in der Bottom-Up-Analyse um: Auslastung der Anlage(n), Möglichkeit der Lastabschaltung/-reduktion mit geringen/keinen Verlusten bez. Produktion und Zeit, geringer Aufwand zur Realisierung des Potenzials.

1.4.2 Potenzial für Lastverschiebung – Top-Down-Analysen

Für jede einzelne Branche wurden allen fünf angeführten Kriterien auf einer Ordinalskala mit --, -, o, +, oder ++ bewertet. Aus dem vorliegenden Bericht geht nicht klar hervor, wie es zu dieser Einteilung gekommen ist. In Folge werden die fünf Bewertungen nochmals mit einem Multiplikator gleichgesetzt, der ebenso willkürlich gewählt zu sein scheint. Die Autoren führen in diesem Sinne an, dass es sich um eine „Grobanalyse“ handle. Daraus errechnen Berger et al. (2013) weiters, dass das Gesamtpotenzial bei 1.516 GWh und damit bei 4,3 % des Gesamtverbrauchs liege. Sie unterstellen für die unterschiedlichen Sektoren durchschnittliche Betriebsstunden und kommen zu dem Schluss, dass das Gesamtpotenzial über alle Sektoren bei 207 MW liegt.

Auf Basis einer UCTE-Studie und freien Annahmen zur potenziellen Lastverschiebung in Haushalten (4 %) leiten Berger et al. (2013) für die Industrie ein Potenzial von 87 MW (1,9 %) zu Spitzenlastzeiten ab. Des Weiteren teilen sie die Potenziale auf die einzelnen Branchen auf, wobei sie exklusiv Standmotoren betrachten.

Tabelle 1-2: Sektorale Top-Down-Potenzialabschätzung auf Basis der Bewertung von „Erfolgskriterien“ sowie eine Berechnung auf Basis von UCTE-Daten und weiteren Annahmen.

Branche	Potenzial abgeleitet mittels Bewertungskriterien	Ergebnis der Berechnung auf Basis von UCTE-Daten
	[Anteil am sektoralen Gesamtstromverbrauchs] *	[MW zu Spitzenlastzeiten] **
Nahrungs-, Genussmittel, Tabak	2,0 %	8 MW
Textil und Leder	1,0 %	2 MW
Holzverarbeitung	6,5 %	11 MW
Papier und Druck	8,1 %	26 MW
Chemie und Petrochemie	1,2 %	8 MW
Steine und Erden, Glas, Keramik	15,2 %	11 MW
Eisen- und Stahlerzeugung	6,8 %	21 MW
Nichteisen-Metalle	2,4 %	6 MW
Maschinen- & Fahrzeugbau	1,2 %	19 MW
Öff. & Priv. Dienstleistungen	2,4 %	-

Quelle: * Berger et al. (2013, S.124); ** UCTE-Potenzial-Daten aus Berger et al. (2013, S.129), UCTE-Potenzial-Daten gerundet, entnommen aus Grafik.

1.4.3 Potenzial für Lastverschiebung – Bottom-Up-Analyse

Die Vorgehensweise der Bottom-Up-Analyse bestand darin, Daten vor Ort zu den Demand Response-tauglichen Aggregaten zu erheben (Leistung, Jahresenergie, Betriebsstunden, Fahrweise, Intervalle, Anzahl der Unterbrechungen, Vorlaufzeiten zwischen Benachrichtigung und Unterbrechung, Personaleinsatz) sowie allgemeine Firmendaten zu erhalten, wahrscheinlich v.a. um Hemmnisse zu klären (Strombedarf durchschnittlich und maximal, Eigenstromerzeugung, Tarif, Lastmanagement, Betriebsstunden, Schichtbetriebsweise, vorhandene Nebeneinrichtungen, etc.).

Die Studie beschreibt 5 Papierfabriken, 3 Stahlwerke, 4 Chemiewerke, 2 Zementwerke, 2 Werke im Bereich Steine und Erden, 2 Nichteisenmetall-Werke, 3 holzverarbeitende Werke, 1 Werk der Lebensmittelindustrie sowie aus dem Bereich der öffentlichen und privaten Dienstleistungen (ÖPD) die Abwasserbehandlung, eine Krankenanstalt, ein Kühlhaus und das Facility Management eines Bürogebäudes.

Die Potenziale werden in die Abschaltintervalle 5, 15, 60 und 240 Minuten eingeteilt. Berger et al. (2013) merken an, dass angesichts des Regel- und Ausgleichsenergiemarkts v.a. das 15- und 60-Minuten-Potenzial interessant sein dürften, jedoch sollen 5 und 240 Minuten als Extreme beleuchtet werden. Bei einem Intervall von 240-Minuten bleiben immer noch 160 MW aus den Sektoren Steine und Erden sowie aus Papier und Druck bestehen.

Für das 15- und 60-Minuten-Intervall werden die Potenziale laut Tabelle 1-3 abgeleitet. Langfristig wird eher von einer Reduktion des Lastverschiebungspotenzials ausgegangen: „Neuere Anlagen würden in der Regel weniger Strom konsumieren, wodurch sich die Potenziale eher schmälern würden“ (Berger et al., 2013, S.184).

Tabelle 1-3: Bottom-Up-Berechnung des Demand Response Potenzials.

Branche	Ergebnis der Bottom-Up-Analyse	Ergebnis der Bottom-Up-Analyse
	[15 Minuten] *	[60 Minuten] **
Papier und Druck	68,3 MW	70 MW
Eisen- und Stahlerzeugung	97,9 MW	95 MW
Nichteisen-Metalle	20,1 MW	20 MW
Chemie und Petrochemie	28,8 MW	30 MW
Steine und Erden, Glas	93,1 MW	85 MW
Holzverarbeitung	46,7 MW	50 MW
Nahrungs- und Genussmittel, Tabak	19,6 MW	15 MW
Maschinenbau, Fahrzeugbau	13,1 MW	5 MW
Textil und Leder	7,0 MW	5 MW
ÖPD: Krankenhäuser	115,8 MW	0 MW
ÖPD: Abwasserreinigung	6,4 MW	0 MW
ÖPD: Kühlhäuser	4,9 MW	5 MW
ÖPD: Facility Management	390,0 MW	0 MW
SUMME	843,5 MW (Summe) 843,5 MW (aus Text)	380 MW ** (Summe) 400 MW (aus Text)

Quelle: * 15-Minuten-Daten aus Berger et al. (2013, S.285); ** 60-Minuten-Daten aus Berger et al. (2013, S.189f), 60-Minuten-MW-Daten der Einzelsektoren gerundet, entnommen aus Grafik.

1.4.4 Kosten der Lastverschiebung

Berger et al. (2013) haben zur Berechnung der Kosten der Realisierung der Lastverschiebung die Betriebe befragt, welche Kosten ihnen anfallen. Primär wurden seitens der Betriebe Produktionsausfallkosten, An-/Abfahrkosten und Personalkosten angegeben. Lager- und Brennstoffkosten wurden ebenso erfragt, erhielten aber, so lässt sich der Text interpretieren, weniger Beachtung hinsichtlich der Kosten. Für die Arbeits- bzw. Produktivkosten von Arbeitern wurden Annahmen getroffen.

Am Spotmarkt werden in weniger als 25 Stunden pro Jahr Preise von 200 Euro pro MWh überschritten. Daher können Lastverschiebungspotenziale, die teurer als 200 Euro pro MWh sind, zu selten genutzt werden und werden vernachlässigt. Lastverschiebungspotenziale und verschobene Energiemengen mit Realisierungskosten unter 200 Euro pro MWh liegen in den Zeitintervallen wie folgt vor:

- 5-Minuten-Intervall: 550 MW und 21 GWh/a.
- 15-Minuten-Intervall: 480 MW und 31 GWh/a.
- 60-Minuten-Intervall: 340 MW und 41 GWh/a.
- 240-Minuten-Intervall: 188 MW und 22 GWh/a.

Auch hier gilt für die Studie von Berger et al. (2013), dass die Kosten nur grafisch dargestellt werden, außerdem in einer logarithmierten Skala. Daher werden im Folgenden die vier Grafiken (Abbildung 1-1 bis Abbildung 1-4) wiedergegeben.

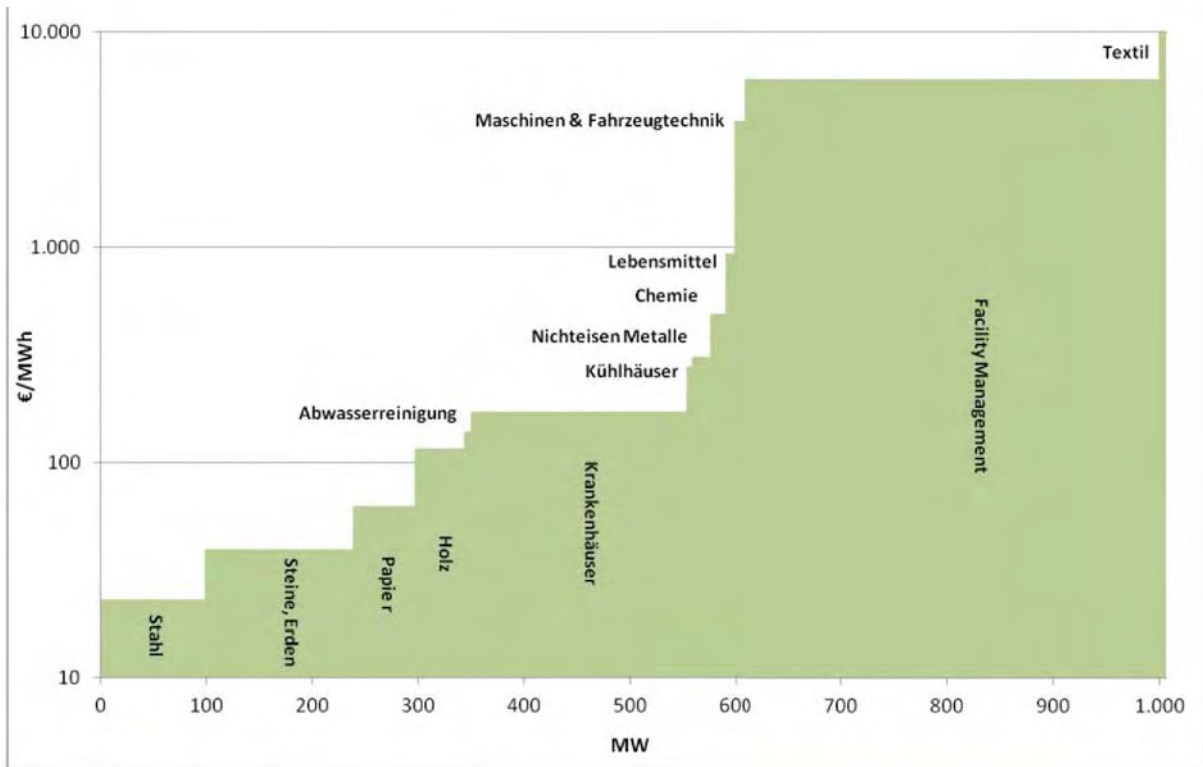


Abbildung 1-1: Cost Curves zum 5-Minuten-Demand-Response-Potenzial nach Sektoren.

Quelle: Berger et al. (2013), S.199.

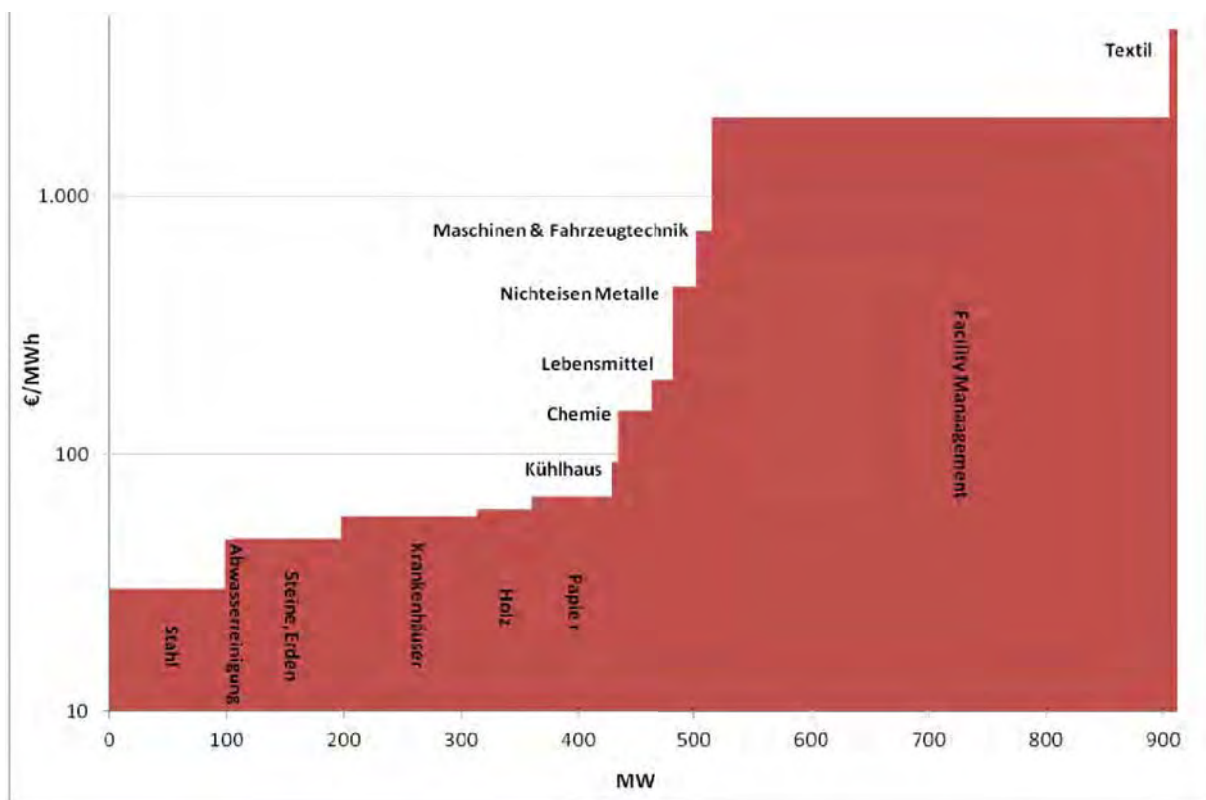


Abbildung 1-2: Cost Curves zum 15-Minuten-Demand-Response-Potenzial nach Sektoren.

Quelle: Berger et al. (2013), S.201.

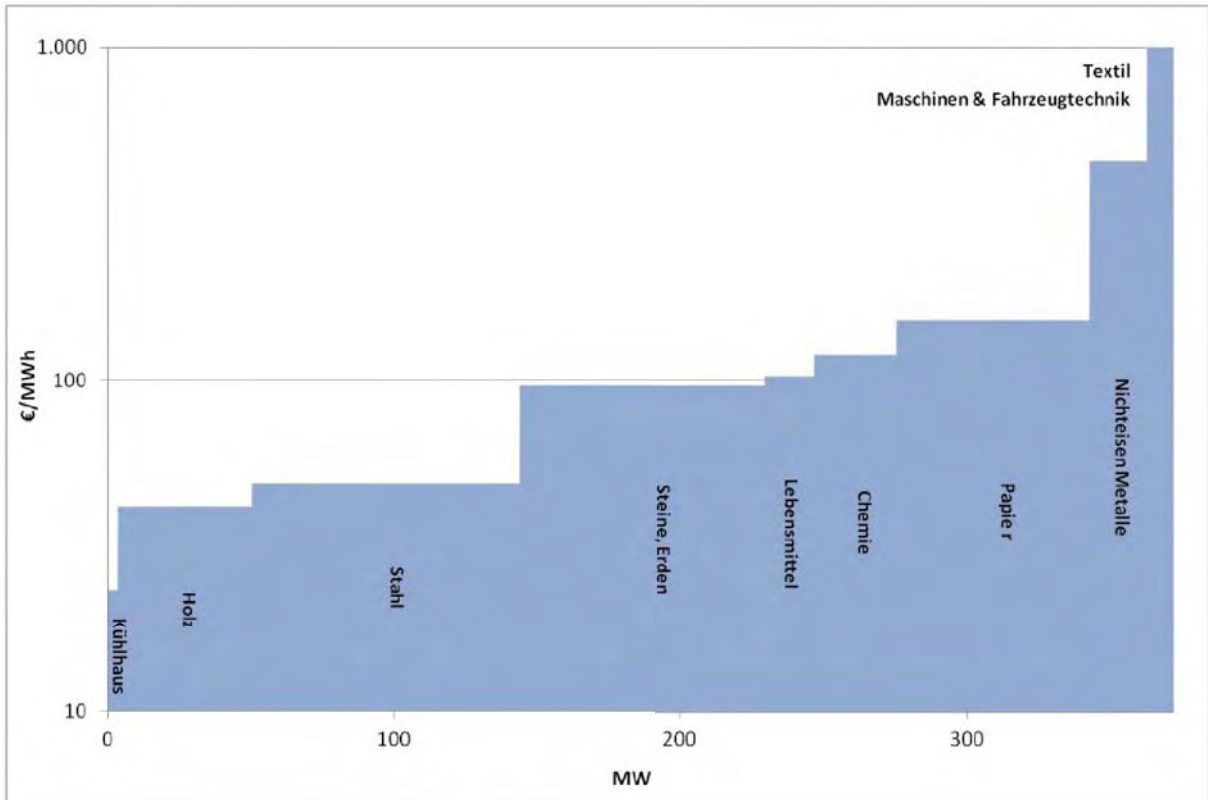


Abbildung 1-3: Cost Curves zum 60-Minuten-Demand-Response-Potenzial nach Sektoren.

Quelle: Berger et al. (2013), S.203.

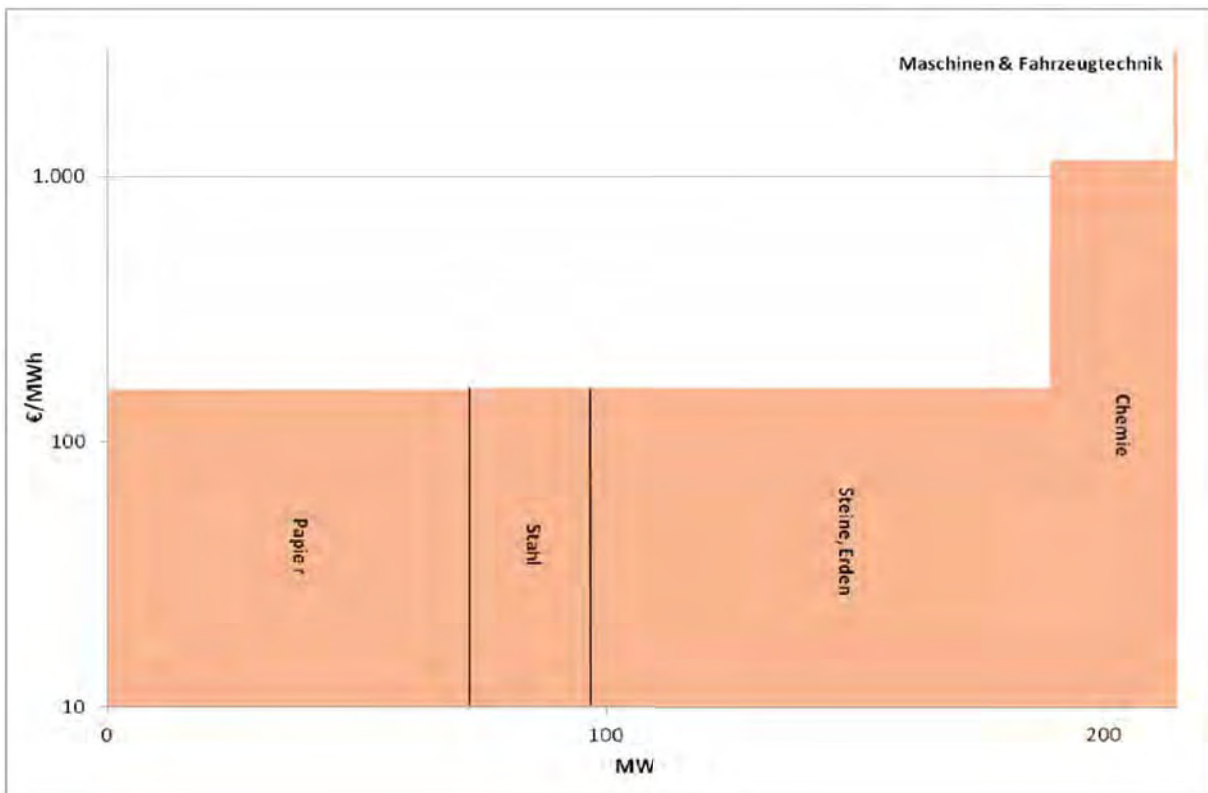


Abbildung 1-4: Cost Curves zum 240-Minuten-Demand-Response-Potenzial nach Sektoren.

Quelle: Berger et al. (2013), S.205.

1.5 Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten

Becker G. et al. (2009): Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten – Strategien zur Verbesserung der Energieeffizienz. Technisches Büro Becker, Fachhochschule Wiener Neustadt – Campus Wieselburg, Carrier Kältetechnik Austria GmbH, oekostrom Vertriebs GmbH, MPREIS Warenvertriebs GmbH.

„Elektrischer Spitzenlastausgleich in Lebensmittelketten – Strategien zur Verbesserung der Energieeffizienz“ wurde 2009 abgeschlossen und befasste sich mit der Entwicklung eines Konzeptes zur Optimierung des Zusammenspiels von Energiespeicherung und Lastmanagement in Lebensmittelketten. Bei Umsetzung des entwickelten Konzeptes zeigt sich, dass der Spitzenlastbedarf um 3-10 % gesenkt werden kann. Es werden in dieser Studie zudem Möglichkeiten aufgezeigt wie eine Spitzenstromverschiebung bei Lebensmittelketten funktionieren kann und wie das quantifizierte Potenzial gehoben werden kann, wobei ein wesentlicher Fokus auf Kühltechnik liegt.

2 Literaturvergleich mit deutschen Studien

Auch in Deutschland wurden technische und theoretische Lastverschiebungspotenziale unterschiedlicher Sektoren in mehreren Studien beschrieben sowie die mit der Realisierung verbundenen Kosten diskutiert bzw. ausgearbeitet. Die im Folgenden dargestellten Studien sind als mit dem Projekt LoadShift vergleichbar zu nennen und sollen betrachtet werden.

2.1 Lastmanagement

Klobasa M. (2007): Dynamische Simulation eines Lastmanagements und Integration von Windenergie in ein Elektrizitätsnetz auf Landesebene unter regelungstechnischen und Kostengesichtspunkten. Dissertation, DISS ETH Nr. 17324.

2.1.1 Ausgangssituation

Klobasa (2007) untersucht in seiner Dissertation Lastverschiebungspotenziale für Deutschland. Dabei werden alle Sektoren behandelt. Genauso wie für Österreich lagen bis dahin auch für Deutschland kaum umfassende Erhebungen des theoretischen bzw. technischen Lastverschiebungspotenzials vor: Klobasa (2007) führt Studien von Gruber und Brand (1995), Hegemann et al. (1992) und Pilhar et al. (1997) an, die Erkenntnisse zu zeitlich verlagerbaren Potenzialen in Deutschland gesammelt haben. Die Möglichkeiten der Regel- und Kommunikationstechnik haben sich jedoch deutlich geändert, und so sei eine neue Betrachtung nötig, so Klobasa (2007) weiter.

2.1.2 Demand Response Potenzial

Insgesamt ermittelt Klobasa (2007) eine maximale Lastverlagerung von ca. 17 GW im Sommer und 9,5 GW im Winter (allerdings ohne Nachtspeicher und Wärmepumpen)

- Industrie: 2,8 GW
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen: 2,9 GW ohne Kälte- und Klimatechnik
- Gewerbe, Handel, Dienstleistungen: 10,3 GW mit Kälte- und Klimatechnik
- Haushalte: 3,7 GW ohne Wärmepumpen und Nachtspeicher
- Haushalte: 20,6 GW mit Wärmepumpen und Nachtspeicher

Auf die einzelnen industriellen Prozesse wird an dieser Stelle nicht eingegangen, diese sind zum Teil in den entsprechenden Kapiteln dargestellt. Klobasa (2007) nimmt an, dass das Potenzial bis 2020 wachsen wird, v.a. durch Kühlung im Haushalt und im Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.

2.1.2.1 Kosten der Lastverschiebung

Auf die individuellen Kosten geht Klobasa (2007) nicht abschließend ein, obwohl diese bei der Bottom-Up-Betrachtung mehrfach diskutiert werden. Auch werden andere im Zusammenhang stehende Kosten (z.B. Rollout des Smart Metering in Italien) erwähnt.

2.2 Demand Response im gewerblichen Sektor

Focken U., Bümmerstede J., Klobasa M. (2011): Kurz- bis Mittelfristig realisierbare Marktpotenziale für die Anwendung von Demand Response im gewerblichen Sektor. Oldenburg: energy & meteo systems GmbH.

2.2.1 Ausgangssituation

Die Realisierung einer Lastverschiebung wurde für den kleinen und mittleren Industriebereich untersucht, im Besonderen für „Kühlhäuser, Gewächshäuser, Wasserwerke, Elektroöfen, Recycling, Altpapieraufbereitung und Zementmühlen“. Damit ist entgegen dem Titel auch ein Zusammenhang mit der Großindustrie gegeben (z.B. werden im Bereich Papier Refiner und Schleifer betrachtet).

2.2.2 Demand Response Potenzial

Die Anlagen hatten eine Gesamtleistung von 1.400 MW, von diesen seien „nach konservativer Schätzung“, so Focken et al. (2011), etwa 470 MW (schwankend zwischen 25 und 40 % der einzelnen Sektorpotenziale) zur Lastabsenkung nutzbar.

2.2.3 Kosten der Lastverschiebung

Focken et al. (2011) haben die Kosten für die Ausrüstung sehr genau betrachtet und man kann ableiten, dass primär Fixkosten in Form von Erstinvestitionen für Ausrüstung etc. anfallen: „Die Investitionen zur ersten Installation des Lastmanagements wurden detailliert abgeschätzt und liegen zwischen 7.000 (Kühlhäuser) und 12.000 Euro (Recycling) pro Anlage je nach Anwendungsbereich.“ Mit fortschreitender Standardisierung scheint eine Kostensenkung auf die Hälfte möglich. Angesichts der damaligen (2009) Preise am Spotmarkt bzw. für Tertiärregelleistung ergeben sich Erlöse von 15.000-30.000 Euro pro MW und Jahr, was die Erstinvestitionen schnell amortisiert hätte. Mit Stand 2011 sei laut Focken et al. (2011) eine „Kombination mit anderen Vermarktungswegen“ erforderlich.

2.3 Lastverschiebungspotenziale in Deutschland

VDE (2012): Demand Side Integration. Lastverschiebungspotenziale in Deutschland. Juni 2012.

2.3.1 Ausgangssituation

Auch die an der Universität Magdeburg durchgeführte VDE-Studie „Demand Side Integration“ untersucht die Lastverschiebungspotenziale in Deutschland sowie die Möglichkeiten zur Spitzenlastreduktion. Kosten werden nicht angeführt.

2.3.2 Demand Response Potenzial

Für den Sektor Haushalte inkl. Elektromobilität identifiziert VDE (2012) ein Lastverschiebungspotenzial von etwa 13 GW im Jahr 2010, 18 GW im Jahr 2020 und bis zu 20 GW im Jahr 2030. Maßgeblich sind v.a. die sommerliche Klimatisierung und im Winter die

Wärmepumpen bzw. in beiden Fällen (verstärkt im Winter) die Warmwassererzeugung. Für den Bereich der Haushalte kommt wie angeführt die Elektromobilität hinzu, mit einem vernachlässigbaren Potenzial auch noch im Jahr 2020, aber einem Potenzial von 17 GW im Jahr 2030.

Für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen gibt VDE (2012) für den Sommer bzw. den Winter 7 bzw. 10 GW für das Jahr 2010 an. Maßgeblich sind v.a. Lastverschiebungen im Bereich Büro, Handel und Gastgewerbe. Leichte Steigerungen bis 2030 werden erwartet, diese fallen aber gering aus.

Markant ist, dass die VDE-Studie für die gesamte deutsche stromintensive Industrie ein Lastverschiebungspotenzial von +0,5 GW bis -4,4 GW angibt, das damit deutlich kleiner ist als das für die deutschen Haushalte.

2.4 Gruber (2014)

Gruber A. (2014): The Merit Order of Demand Response in Industry. Vortrag bei der 9th Conference on Energy Economics and Technology (ENERDAY), April 2014.

2.4.1 Demand Response Potenzial

Das Demand Response Potenzial der stromintensiven Industrie gibt Gruber (2014) wie folgt an:

- Papier: 313 MW
- Chlor-Alkali-Analyse: 593 MW
- Zement: 152 MW
- Aluminium: 267 MW
- Stahl: 718 MW
- „Cross-sectional technologies“ (z.B. Lüftung / Kühlung): 1.400 MW

2.4.2 Kosten der Lastverschiebung

Gruber (2014) fasst für die stromintensive Industrie die Lastverschiebungspotenziale zusammen und berechnet die Kosten. Als Kosten der Lastverschiebung wird unterstellt, dass erstens fixe Kosten gedeckt werden müssen (Investitionen). Zweitens müssen variable Kosten abgegolten werden (u.a. Opportunitätskosten, ggf. Produktionsentgang). Da Strom oftmals selbst eingekauft wird, müssen auch die bereits angefallenen Stromkosten für den Zeitraum (betrachtet wird immer 1 h) gedeckt werden. Abschließend kommt auch noch eine Gewinnmarge hinzu, damit die Lastverschiebung (bei sonstiger Indifferenz) durchgeführt wird.

Gruber (2014) stellt die Merit Order des Demand Response grafisch für eine Stunde dar (Abbildung 2-1). 3.500 MW sind zu sehr geringen Kosten unter 20 Euro pro MW verfügbar.

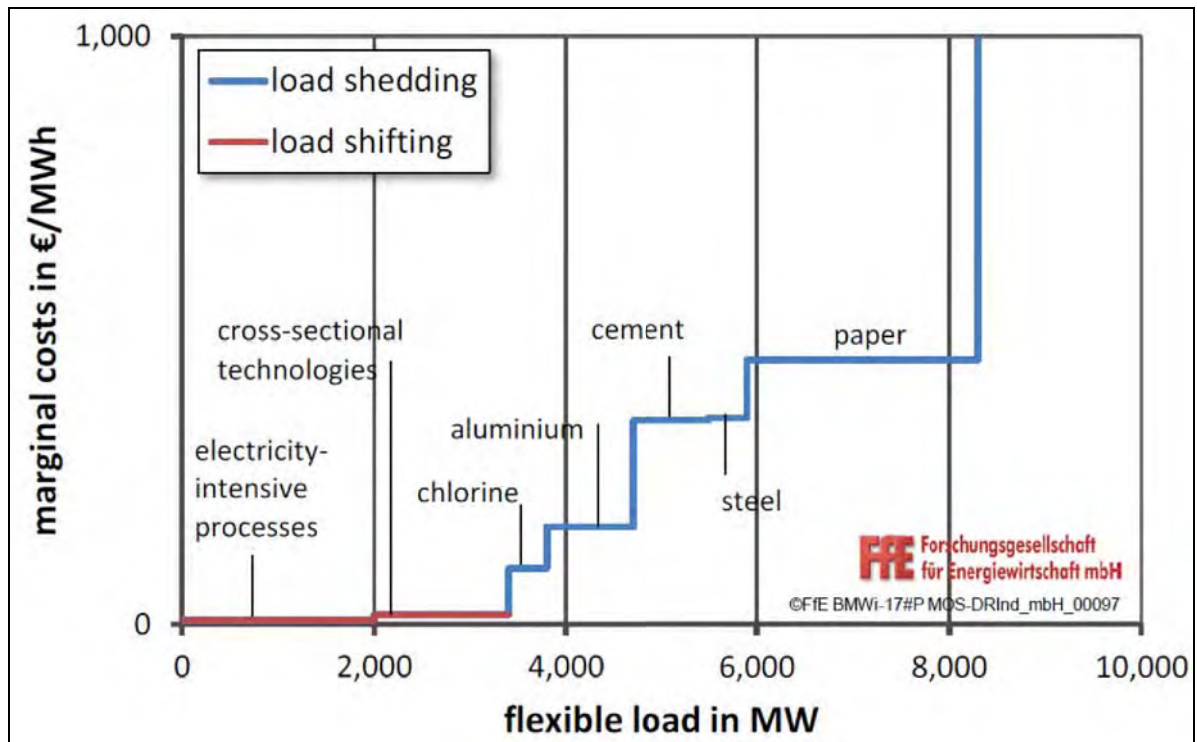


Abbildung 2-1: Lastverschiebungspotenzial in der deutschen stromintensiven Industrie.

Quelle: Gruber (2014).

3 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1-1:	Cost Curves zum 5-Minuten-Demand-Response-Potenzial nach Sektoren.....	11
Abbildung 1-2:	Cost Curves zum 15-Minuten-Demand-Response-Potenzial nach Sektoren.....	11
Abbildung 1-3:	Cost Curves zum 60-Minuten-Demand-Response-Potenzial nach Sektoren.....	12
Abbildung 1-4:	Cost Curves zum 240-Minuten-Demand-Response-Potenzial nach Sektoren.....	12
Abbildung 2-1:	Lastverschiebungspotenzial in der deutschen stromintensiven Industrie.....	17

4 **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1-1:	Lastverschiebungspotenziale in ausgewählten Branchen.....	6
Tabelle 1-2:	Sektorale Top-Down-Potenzialabschätzung auf Basis der Bewertung von „Erfolgskriterien“ sowie eine Berechnung auf Basis von UCTE-Daten und weiteren Annahmen.	9
Tabelle 1-3:	Bottom-Up-Berechnung des Demand Response Potenzials.	10