



## Lastmanagement in Nordrhein-Westfalen: Potenziale, Hemmnisse, Handlungsoptionen



# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	3
Kurzfassung .....	4
Motivation und Einleitung .....	6
Begriffsdefinitionen zum Thema Lastmanagement .....	7
Wirtschaftsstrukturelle Analyse des Landes Nordrhein-Westfalen im Hinblick auf Lastmanagementpotenziale .....	11
Analyse der technischen Lastmanagementpotenziale in NRW .....	22
Nutzung der identifizierten technischen Lastmanagementpotenziale.....	38
Einordnung der nordrhein-westfälischen Lastmanagementpotenziale in die Weiterentwicklung des Energieversorgungssystems .....	44
Analyse der bisherigen Instrumente der Landespolitik zur Unterstützung der Erschließung von Lastmanagementpotenzialen.....	49
Die Energieeffizienzberatung als Instrument zur Unterstützung der Erschließung von Lastmanagementpotenzialen.....	51
Handlungsempfehlungen für die Förderung der Erschließung und Nutzbarmachung der Lastmanagementpotenziale in NRW.....	55
Literaturverzeichnis .....	59
Quellen der Aufbereitung statistischer Daten und Ableitung der Skalierungsfaktoren.....	61

## **Redaktion:**

Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH  
Alfonsstr. 44  
52070 Aachen

## **Projektdurchführung:**

Th. Langrock, St. Brühl, A. Michels (BET)  
A. El-Bahay, J. Litztenburger, J. Schindler (EnergieAgentur.NRW)

## **Datum der Fertigstellung:**

18.08.2016

## Kurzfassung

In einem Stromsystem, das schrittweise immer stärker von einer fluktuierenden, d.h. wetterabhängigen, Erneuerbare Energien-Erzeugung dominiert wird, kommt der Reaktionsfähigkeit des Gesamtsystems eine zunehmende Bedeutung zu. So wird das Thema der Flexibilisierung sowohl auf Erzeugungs- als auch auf Verbrauchsseite wichtiger, um Netzstabilität und Kosteneffizienz zu gewährleisten. Lastmanagement ist hierbei eine von mehreren Flexibilitätsoptionen, damit das System verbrauchsseitig auf die volatile Einspeisung von Sonnen- und Windenergie reagieren kann.

In der vorliegenden Studie wird die Flexibilitätsoption Lastmanagement in ihren unterschiedlichen Anwendungsformen systematisiert, es werden Vermarktungsmöglichkeiten und Hemmnisse herausgearbeitet sowie die Lastmanagementpotenziale in Nordrhein-Westfalen abgeleitet. Lastmanagement wird dafür unterteilt in Lastverzicht, Lastverschiebung und Lasterhöhung (ohne Ausgleich). Der Aspekt der Sektorenkopplung, also die Umwandlung von (Überschuss-) Strom zur Nutzung der Energie im Wärme- oder Mobilitätssektor wird wie alle weiteren Flexibilitätsoptionen in der Studie nicht näher beleuchtet.

Neben den unterschiedlichen Formen des Lastmanagements werden die Potenziale in technische, wirtschaftliche und erschlossene Potenziale differenziert. So werden unter technischen Potenzialen alle Lastmanagementmöglichkeiten gefasst, die mit den bestehenden Konstellationen von Anlagen unter Berücksichtigung der jeweils spezifischen Eigenheiten des Produktionsprozesses im Prinzip durchgeführt werden können. Hierbei wird nicht berücksichtigt, inwieweit die Option zum Zeitpunkt dieser Potenzialabschätzung einsetzbar ist oder ob noch in die Aktivierung investiert werden müsste. Im Gegensatz dazu beschreibt das wirtschaftliche Potenzial, in welchem Umfang Lastmanagement zu einem bestimmten Zeitpunkt unter den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen ökonomisch darstellbar wäre. Als Drittes wird das zu einem Zeitpunkt erschlossene Lastmanagementpotenzial betrachtet. Es umfasst den Teil des technischen Potenzials, der tatsächlich nutzbar ist. Es sind also alle technischen und organisatorischen Voraussetzungen der Nutzung erfüllt.

Mit dieser Studie wird eine Abschätzung der technischen Lastverschiebe- und Lastverzichtspotenziale für Nordrhein-Westfalen vorgenommen. Da das Bundesland aufgrund seiner hohen Stromnachfrage und der hier gebündelten wirtschaftlichen Leistung besonders geeignet scheint, eine verbrauchsseitige Flexibilisierung voranzutreiben und von ihr zu profitieren, werden die technischen Potenziale für die Verbrauchssektoren energie- und nichtenergie-intensive Industrie, Gewerbe/Handel/Dienstleistung sowie Haushalte ermittelt und unterschiedlichen Wertigkeitskategorien zugeordnet. Eine hohe Wertigkeit der identifizierten technischen Lastmanagementpotenziale ist dann vorhanden, wenn sie eine hohe Verfügbarkeit aufweisen, eine hinreichende Abrufdauer gewährleisten und längere Verschiebedauern (für die Nachholung des eigentlichen Prozesses) bieten. Die Wertigkeit nimmt in dem Maße ab, in dem die drei Wertigkeitskriterien – hohe Abrufdauer, hohe Verschiebedauer und hohe Verfügbarkeit – nicht erbracht werden können.

Im Ergebnis zeigt sich, dass NRW aufgrund seiner Bevölkerungsdichte und wirtschaftsstrukturellen Gegebenheiten über sehr hohe Potenziale verfügt und daher auch gute Voraussetzungen bietet, um einen nennenswerten Beitrag zur Bereitstellung von Lastflexibilität leisten zu können. Betrachtet man die technischen Lasterhöhungspotenziale, die mindestens zwei der Wertigkeitskriterien erfüllen, so ergibt sich ein gerundetes Lasterhöhungspotenzial von 8,4 GW in NRW. Den privaten Haushalten sind davon 5,8 GW zuzuordnen. Die Lastreduktionspotenziale, die mindestens zwei der Wertigkeitskriterien erfüllen, summieren sich auf rund 1,3 GW, die sich zum größten Teil der energieintensiven Industrie zurechnen lassen.

Nach der Potenzialermittlung wird die Höhe der technischen Potenziale in NRW ins Verhältnis zum voraussichtlichen bundesweiten Bedarf gesetzt. Dazu wurden unterschiedliche energiewirtschaftliche Studien zum Strommarktdesign ausgewertet und die darin errechneten Aussagen zur zukünftigen Nutzung und Erschließung von Lastmanagementpotenzialen miteinander verglichen.

Die tatsächliche Erschließung der für NRW identifizierten technischen Lastmanagementpotenziale ist unter anderem von der Entwicklung des energiewirtschaftlichen Bedarfs, der Veränderung von Preisen und Preissignalen am Strommarkt, sowie weiteren rechtlichen, technischen und wirtschaftlichen Parametern abhängig. Einen wesentlichen Einflussfaktor stellen die regulatorischen Rahmenbedingungen dar. Aufbauend auf dieser Analyse werden abschließend Handlungsoptionen für Nordrhein-Westfalen abgeleitet, um die Nutzbarmachung der technischen Lastmanagementpotenziale weiter zu fördern.

## Motivation und Einleitung

Nordrhein-Westfalen ist das bevölkerungsreichste Bundesland, ein Zentrum der deutschen Industrie und von großer Bedeutung für die deutsche Energiewirtschaft. In diesem Bundesland werden 28,4% des in Deutschland erzeugten Stroms produziert und 23,3% des in Deutschland verbrauchten Stroms genutzt<sup>1</sup>. Die Energiewende in Deutschland ist deswegen für die Landespolitik von erheblicher Bedeutung. Gleichzeitig kann die Energiewende im Bund nur zum Erfolg werden, wenn sie in NRW gelingt.

In Folge der Energiewende werden mittel- bis langfristig die Erneuerbaren Energien der Leitfaktor des Stromversorgungssystems. Diese Systemtransformation birgt viele Herausforderungen, u.a. sollte sowohl in der Stromerzeugung als auch im Stromverbrauch deutlich mehr Flexibilität bereitgestellt werden als derzeit. Im Zusammenhang mit der Flexibilität des Stromversorgungssystems wird Lastmanagement wie auch die Speicherung oft als wichtiger Baustein der Systemtransformation genannt. Zum Beispiel betont das Weißbuch „Ein Strommarkt für die Energiewende“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie die hohe Bedeutung von Lastmanagement (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015b S. 46-47).

Lastmanagement bezeichnet hierbei in seiner allgemeinsten Form die Steuerung der zeitlichen Struktur des Stromverbrauchs im Hinblick auf energiewirtschaftliche Sachverhalte. Mit Last sind hierbei ganz allgemein Einrichtungen gemeint, die Strom verbrauchen – also zum Beispiel Produktionsanlagen, Lüftungen, Kühlanlagen, Beleuchtungen oder Computer.

In dieser Studie werden Informationen über die Größe der Lastmanagementpotenziale in Nordrhein-Westfalen zusammengeführt. Viele Studien haben sich schon mit der Höhe der Lastmanagementpotenziale beschäftigt. Die vorliegende Studie verfolgt nicht das Ziel, eine weitere Erhebung oder Befragung von Akteuren durchzuführen und den ohnehin schon großen Literaturbestand noch weiter zu ergänzen. Die Leistung dieser Studie besteht vielmehr darin, mehrere vorhandene Studien zu sichten, die Lastmanagementpotenziale nach ihrer Qualität zu kategorisieren und die Erkenntnisse auf die Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen zu übertragen.

Weiterhin werden Handlungsoptionen in den einzelnen Sektoren für die Förderung der Erschließung und Nutzbarmachung der Lastmanagementpotenziale in NRW entwickelt. Der Blick ist hierbei auf solche Anreizinstrumente gerichtet, die vom Land Nordrhein-Westfalen initiiert bzw. umgesetzt werden können.

---

<sup>1</sup> Die Angaben sind der wirtschaftsstrukturellen Analyse im Folgekapitel entnommen.

## Begriffsdefinitionen zum Thema Lastmanagement

Lastmanagement, auch Demand Response genannt, ist vor allem in angelsächsischen Ländern schon lange gelebte Praxis. Seit 2006 berichtet die US-Bundesbehörde für Energieregulierung (FERC, Federal Energy Regulatory Commission) regelmäßig über den Stand der Entwicklung des Lastmanagements in den USA. Viele Studien (z.B. Klobasa (2007) und VDE (2012)) über Lastmanagement nehmen deshalb die Definition von Demand Response der FERC als Ausgangspunkt. Diese Definition lautet:

*Lastmanagement besteht aus „Abweichungen vom üblichen Stromverbrauchsmuster durch die Endkunden in Reaktion auf Änderungen des Strompreises im Zeitverlauf oder Anreizzahlungen, die eingeführt wurden, um einen geringeren Stromverbrauch in Zeiten mit hohem Stromgroßhandelspreis auszulösen oder um einen geringeren Stromverbrauch auszulösen, wenn die Systemstabilität gefährdet ist.“ (Federal Energy Regulatory Commission, 2006 S. 5, Übersetzung durch die Autoren)<sup>2</sup>*

Diese Definition wird für die Zwecke dieser Studie dahingehend erweitert, dass auch Abweichungen vom üblichen Stromverbrauchsmuster zugelassen werden, die zu einem höheren Stromverbrauch zum Beispiel in Zeiten mit geringen oder sogar negativen Stromgroßhandelspreisen führen. Weiterhin kann auch ein höherer Stromverbrauch ein Beitrag zur Abwehr einer Gefährdung der Systemstabilität sein.

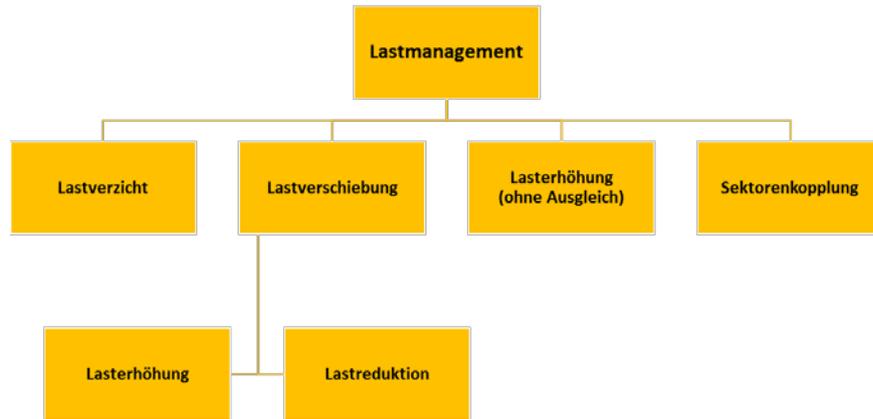
### Differenzierung der Begriffe nach der Charakteristik der Abweichung vom üblichen Verbrauchsmuster

Mit der eingeführten Definition ist der Begriff Lastmanagement ein allgemeiner Überbegriff. In den folgenden Abschnitten werden deswegen weitere Begriffe eingeführt, um unterschiedliche Formen des Lastmanagements zu unterscheiden. Die Autoren dieser Studie haben die Begriffe der Literatur zum Thema Lastmanagement entnommen und für diese Studie definiert. Leider existiert bisher im Bereich Lastmanagement keine einheitliche Begriffsverwendung. Deswegen weisen die Autoren an gegebener Stelle auf abweichende Begriffsverwendungen hin.

In **Abbildung 1** sind auf der ersten Ebene die Begriffe **Lastverzicht**, **Lastverschiebung** und **Lasterrhöhung (ohne Ausgleich)** und **Sektorenkopplung** dargestellt. Nicht in **Abbildung 1** enthalten ist der **Lastabwurf**. Darunter verstehen die Autoren eine (meist) prompte, seitens des Verbrauchers ungewollte und nicht vorbereitete Vollabschaltung der Last durch einen Dritten, typischerweise den Netzbetreiber, die zum Beispiel im Fall einer Störung genutzt wird, um die Systemstabilität aufrechtzuerhalten bzw. wieder herzustellen. Derartige Abschaltungen fallen nicht unter Lastmanagement, weil sie im Allgemeinen nicht vorbereitet und ungewollt sind. Davon zu unterscheiden sind Formen des Lastmanagements, bei denen Verbraucher in die Möglichkeit einer prompten Abschaltung vorher einwilligen, diese durch betriebliche Maßnahmen vorbereiten und somit zur Systemstabilität beitragen.

---

<sup>2</sup> Originaltext: "Changes in electric usage by end-use customers from their normal consumption patterns in response to changes in the price of electricity over time, or to incentive payments designed to induce lower electricity use at times of high wholesale market prices or when system reliability is jeopardized."



**Abbildung 1: Darstellung der in der Studie dargestellten Unterarten von Lastmanagement**

Die **Lastverschiebung** hat zwei Unterarten, die **Lasterrückführung** und die **Lasterrhöhung**<sup>3</sup>. Das charakteristische Merkmal einer Lastverschiebung ist, dass auf eine erste Phase mit einer Abweichung vom üblichen Stromverbrauchsmuster immer eine zweite Phase folgt, die den Effekt der ersten Phase im Hinblick auf den Nutzen der Stromverwendung ausgleicht. Konkret bedeutet dies am Beispiel einer Lasterrhöhung einer Produktionsanlage: In der ersten Phase der Lasterrhöhung wird mehr Strom verbraucht und entsprechend werden mehr Güter bzw. Dienstleistungen produziert. In der zweiten Phase wird dann der Stromverbrauch so lange reduziert, bis so viele Güter weniger produziert sind, wie in der ersten Phase zu viel hergestellt wurden. Im Fall einer Lasterrückführung einer Produktionsanlage erfolgt zuerst eine Absenkung des Stromverbrauchs und in der zweiten Phase wird mehr produziert, um den Produktionsausfall in der ersten Phase auszugleichen. Lastverschiebungen existieren aber auch bei anderen Lasten, zum Beispiel solchen, die Nutzenergie (z.B. Wärme oder Kälte) bereitstellen. Charakteristisch für Lastverschiebungen ist immer, dass die zweite Phase den Effekt der ersten Phase so ausgleicht, dass der Stromverbraucher über den gesamten Zeitverlauf den gleichen Nutzen (d.h. beispielsweise die gleiche Produktionsmenge, ein warmes Haus oder gekühlte Lebensmittel) hat.

Beim **Lastverzicht**<sup>4</sup> gibt es nur eine Phase, in der der Stromverbrauch sinkt. Damit findet im Gegensatz zur Lasterrückführung keine anschließende Erhöhung des Stromverbrauchs statt. Aus diesem Grund ist Lastverzicht in den meisten Fällen mit einer geringeren Produktion oder einer geringeren Qualität von Produkten oder Dienstleistungen verbunden. Ein Beispiel hierfür ist die zeitweise Reduktion der Straßenbeleuchtung.

Bei der **Lasterrhöhung (ohne Ausgleich)** geschieht das Umgekehrte, es wird kurzzeitig mehr Strom verbraucht und damit typischerweise mehr oder in anderer Qualität produziert als mit dem üblichen Verbrauchsmuster. Ein Beispiel ist hier eine Holzfabrik, die mehr Holz zuschneidet als eigentlich geplant und in den Lieferbeziehungen vorgesehen, und diese Überproduktion im Wege eines Sonderverkaufs absetzt.

<sup>3</sup> Im Handbuch Lastmanagement wird stattdessen von Leistungsreduzierung und Leistungserhöhung gesprochen (Deutsche Energie-Agentur (dena), 2012 S. 25).

<sup>4</sup> Der Begriff „Lastverzicht“ wird u.a. in der Studie des Umweltbundesamts (Umweltbundesamt, 2015) und in der Studie von r2b (r2b, 2014) in Abgrenzung zur Lastverschiebung verwendet. Der Begriff wird bisher jedoch nicht durchgängig verwendet, teilweise wird Lastverzicht als Lastabwurf bezeichnet (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2014 S. 48), teilweise wird er auch als Lastreduzierung bezeichnet.

Einen Sonderfall des Lastverzichts und der Lasterhöhung (ohne Ausgleich) bilden die Lasten, bei denen die Generierung von Produkten oder Dienstleistungen statt mit Strom alternativ durch Nutzung eines anderen Energieträgers erfolgt<sup>5</sup>. Ein Beispiel für derartige bivalente Anwendungen sind Glasschmelzen in der Behälterglasindustrie, die bis zu einem gewissen Umfang wahlweise elektrisch oder durch Erdgas beheizt werden können. Lastmanagement kann hier zum Beispiel bedeuten, dass im üblichen Verbrauchsmuster kein Strom verbraucht wird, weil die Beheizung der Glasschmelze mit Erdgas erfolgt. Wenn aber in Folge einer Änderung des Strompreises oder einer Anreizzahlung der Stromverbrauch erhöht werden soll, wird die elektrische Zusatzheizung angeschaltet und der Gasverbrauch entsprechend reduziert. Ein anderes Beispiel sind Antriebe in der chemischen Industrie, die aus Gründen der Besicherung sowohl mit Prozessdampf als auch mit Strom betrieben werden können.

Unter dem Stichwort **Sektorenkopplung** wird ein weiterer Typ der Lasterhöhung in der energiepolitischen Diskussion adressiert. Hier geht es um Anwendungen zur Energiebereitstellung für andere energetisch gefasste Sektoren (Wärme, Verkehr, stoffliche Nutzung)<sup>6</sup> mit dem Ziel, das Gesamtsystem zunehmend zu elektrifizieren und so die Erneuerbaren Energien auch außerhalb des Stromsektors verstärkt zum Einsatz zu bringen. Gleichzeitig werden dadurch fossile Energieträger im Wärme- und Verkehrsbereich eingespart.

Bei monodirektionaler Sektorenkopplung wird die Strommenge ohne Rückspeisung entnommen. Es handelt sich also um eine reine Lasterhöhung. Bei bidirektionaler Sektorenkopplung wird ein Teil der entnommenen Energie je nach Bedarfs- und Marktlage zurück in das Stromnetz eingespeist.

### Klärung des Begriffs Lastmanagementpotenzial

Unter Lastmanagementpotenzial wird in der Literatur allgemein die Fähigkeit verstanden, Lastmanagement durchführen zu können. Für die Zwecke dieser Studie wird in Anlehnung an die Studie des Umweltbundesamtes zwischen verschiedenen Lastmanagementpotenzialen unterschieden (Umweltbundesamt, 2015 S. 97):

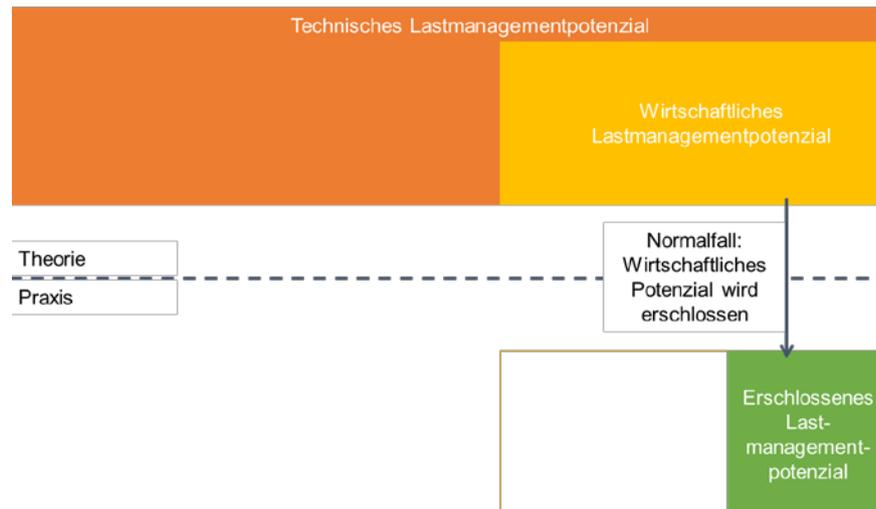
- Das **technische Lastmanagementpotenzial** beschreibt die Gesamtheit aller Möglichkeiten, mit einer bestehenden Anlagenkonstellation aufgrund der Anlagencharakteristik Lastmanagement durchzuführen. Hierbei ist es unerheblich, ob diese Möglichkeiten zum Zeitpunkt der Potenzialangabe tatsächlich technisch abrufbar sind oder ob hierfür zum Beispiel bei der Steuerungstechnik oder der Organisation noch Investitionen getätigt werden müssen. Das technische Lastmanagementpotenzial ist somit eine theoretische Größe. Es ist keine feste Größe, sondern kann sich mit einer Änderung der Anlagenkonstellation vergrößern oder verkleinern. So kann zum Beispiel die Investition in einen größeren Speicher für Zwischenprodukte zu einem größeren Lastmanagementpotenzial führen.
- Das **wirtschaftliche Lastmanagementpotenzial** ist eine Teilmenge des technischen Lastmanagementpotenzials. Es besteht aus dem Teil des technischen Lastmanagementpotenzials, der unter den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu einem bestimmten Zeitpunkt ökonomisch sinnvoll eingesetzt werden kann. Dieser Einsatz kann in einer der verschiedenen später erläuterten Vermarktungsformen geschehen. Wie beim technischen Potenzial ist es unerheblich, ob diese Möglich-

<sup>5</sup> In der energiepolitischen Debatte werden diese Konzepte oft unter dem Begriff „Power-to-X“ diskutiert. Darunter fallen unter anderem Wärme- und Gasanwendungen, bei denen Strom nur in Situationen eingesetzt wird, in denen er für Stromanwendungen nicht gebraucht wird oder die Netze ihn nicht aufnehmen können.

<sup>6</sup> Der Begriff „Sektor“ im Energiesystem ist inhaltlich abzugrenzen von den Wirtschaftssektoren „Haushalte (HH)“, „Gewerbe/Handel/Dienstleistungen (GHD)“, „nicht-energieintensive Industrie (NEIIND)“ und „energieintensive Industrie (EIIND)“. Diese werden zur Binnendifferenzierung in der wirtschaftsstrukturellen Analyse für NRW betrachtet.

keiten zum Zeitpunkt der Potenzialangabe tatsächlich technisch abrufbar sind oder ob hierfür zum Beispiel bei der Steuerungstechnik oder der Organisation noch Investitionen getätigt werden müssen. Es ist demzufolge wie das technische Potenzial eine theoretische Größe.

- Das **erschlossene Lastmanagementpotenzial** ist der Teil des technischen Lastmanagementpotenzials, der zu einem gegebenen Zeitpunkt tatsächlich technisch nutzbar ist. Zu diesem Zeitpunkt sind demzufolge im Unterschied zum technischen Lastmanagementpotenzial alle technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Voraussetzungen geschaffen, das Lastmanagementpotenzial tatsächlich zu nutzen.



**Abbildung 2: Schaubild zur Erklärung der Lastmanagementpotenziale**

In dieser Studie werden zunächst nur die technischen Potenziale in NRW betrachtet.

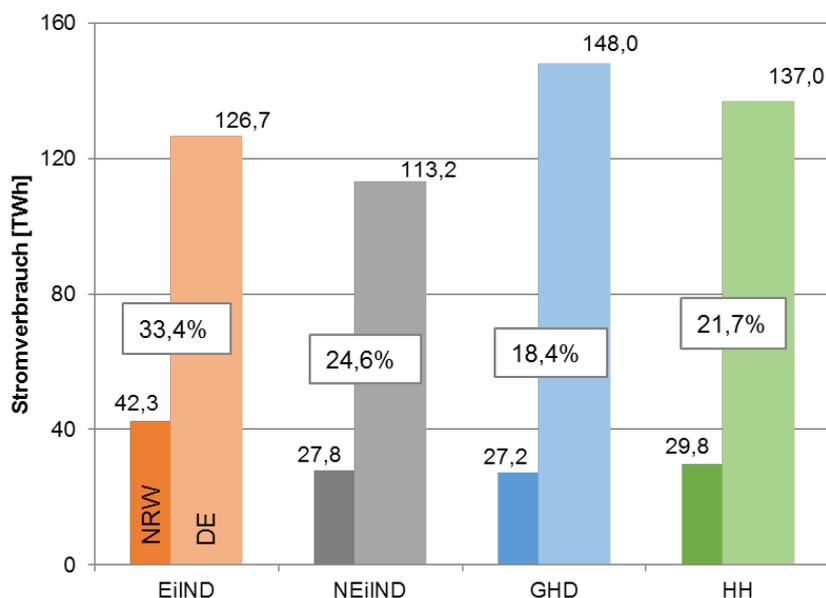
#### Zwischenfazit

- Lastmanagement ist ein Oberbegriff für viele verschiedene Arten der Anpassungen des Stromverbrauchs einer Last in Reaktion auf den Strompreis oder andere energiewirtschaftliche / technische Größen.
- Aufgrund der Vielzahl von Lastmanagementarten bestehen viele Begriffe zur Kategorisierung, die bisher in der Literatur nicht einheitlich verwendet werden. In dieser Studie wird unterschieden zwischen Lastverschiebung, Lastverzicht, Lasterhöhung (ohne Ausgleich) und Sektorenkopplung.
- Bei den Lastmanagementpotenzialen wird in dieser Studie unterschieden zwischen technischen, wirtschaftlichen und erschlossenen Lastmanagementpotenzialen.

## Wirtschaftsstrukturelle Analyse des Landes Nordrhein-Westfalen im Hinblick auf Lastmanagementpotenziale

Der Stromverbrauch in NRW betrug im Jahr 2012 127,1 TWh. Die Verteilung dieser Verbräuche auf die Sektoren Haushalte (HH), Gewerbe/Handel/Dienstleistung (GHD), nicht-energieintensive (NEiIND) und energieintensive Industrie (EiIND) ist in **Abbildung 3** dargestellt.

Die energieintensive Industrie weist mit 42,3 TWh den höchsten Stromverbrauch auf. Der verbleibende Stromverbrauch von 84,8 TWh verteilt sich auf die drei übrigen Sektoren (27,8 TWh bei der nicht-energieintensiven Industrie, 27,2 TWh im Sektor GHD und 29,8 TWh bei den privaten Haushalten). Damit entspricht der Stromverbrauch der energieintensiven Industrie jeweils etwas mehr als dem 1,5-fachen der anderen Sektoren.



**Abbildung 3: Vergleich der Stromverbräuche von NRW und DE nach Sektoren<sup>7</sup>; die Prozentangaben geben den Anteil des Stromverbrauchs eines Sektors in NRW am jeweiligen Stromverbrauch im Bundesgebiet an.**

In **Abbildung 3** sind weiterhin die absoluten Stromverbräuche nach Sektoren für Deutschland dargestellt, einschließlich des jeweiligen Anteils des Sektorstromverbrauchs in NRW am deutschlandweiten Sektorstromverbrauch. Auffällig ist der vergleichsweise hohe Anteil, den NRW im Sektor der energieintensiven Industrie aufweist. Dies ist deutlich mehr als der Anteil Nordrhein-Westfalens an der Bevölkerung (2012: 22,2%), an der Anzahl der Haushalte (2012: 20,5%) und der Wertschöpfung (2012: 21,4%). Die Anteile in den Sektoren Haushalte (21,7%), GHD (18,4%) und nicht-energieintensive Industrie (24,6%) bewegen sich in ähnlicher Höhe wie die genannten Vergleichsgrößen.

<sup>7</sup> Ein erster Arbeitsschritt der wirtschaftsstrukturellen Analyse war die Aufbereitung verschiedener Statistiken zum Energieverbrauch, zur Anzahl der Betriebe und zur regionalen Verteilung auf die Regierungsbezirke. Die verwendeten Quellen sind im Anhang aufgeführt.

**Exkurs: Vorgehensweise bei der wirtschaftsstrukturellen Analyse, Quellen für die angegebenen Zahlen**

Für die wirtschaftsstrukturelle Analyse wurden öffentlich verfügbare Statistiken des Landes Nordrhein-Westfalen und des Bundes aufbereitet, konsolidiert und in die für diese Studie erforderliche Struktur übersetzt. Basisjahr für die nachstehenden Auswertungen ist, sofern nicht anders beschrieben, das Jahr 2012. In der Analyse werden die Sektoren<sup>8</sup> private Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistungen, nicht-energieintensive Industrie und energieintensive Industrie unterschieden.

Statistiken sind typischerweise in Wirtschaftsabschnitte unterteilt, die wiederum in Wirtschaftszweige / Branchen unterteilt werden. Für die Zwecke dieser Studie werden verschiedene Branchen zu Sektoren zusammengefasst. Dies geschieht für die Sektoren „Industrie“, „Gewerbe/Handel/Dienstleistungen“ und „Haushalte“ wie in der amtlichen Energiestatistik der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Für den Sektor GHD bedeutet dies, dass die Land- und Forstwirtschaft, sowie Fischereien in diesem Sektor berichtet werden. Ebenso gehören das Baugewerbe, die Wasser- und Abwasserversorgung und der Bereich der öffentlichen Verwaltung inklusive der entsprechenden Liegenschaften zum Sektor GHD. Die Industrie besteht aus dem Bergbau, dem verarbeitenden Gewerbe und der Energieversorgung<sup>9</sup>.

Die nochmalige Unterteilung der Industrie in energieintensive und nicht-energieintensive Industrie geschieht im Hinblick auf die Lastmanagementpotenziale. Eine Branche wird als energieintensiv eingeordnet, wenn mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs der Branche privilegierter Letztverbrauch im Sinne der besonderen Ausgleichsregelung des EEG ist. Die in Nordrhein-Westfalen starke Grundstoffindustrie, also die Rohstoff gewinnenden und verarbeitenden Branchen wie zum Beispiel der Kohlenbergbau oder die Primäraluminiumgewinnung, verteilt sich auf die energieintensive und die nicht-energieintensive Industrie.

Neben den Stromverbräuchen wurden für die unterschiedenen Sektoren Informationen zur Anzahl von Betrieben und Beschäftigten, zur Wertschöpfung sowie zum Umsatz zusammengestellt. Neben der Zuordnung zu den Sektoren wurden die Daten – soweit verfügbar – auf Ebene der Branchen gemäß Wirtschaftszweig (WZ) 2008<sup>10</sup> klassifiziert. Außerdem erfolgte – soweit möglich – eine Aufbereitung der verfügbaren Daten hinsichtlich der regionalen Verteilung auf Regierungsbezirksebene.

Die Aufbereitung der Statistiken erfolgte durch BET. Hierbei wurden zahlreiche Quellen des statistischen Bundesamtes und des Landesbetriebs Information und Technik des Landes Nordrhein-Westfalen zusammengeführt. Im Literaturverzeichnis sind diese Quellen aufgelistet. Aufgrund der Komplexität der verwandten Quellen konnte die Aufbereitung nur für 2012 stattfinden. Aktuellere Zahlen lagen zum Bearbeitungszeitraum nicht vollständig vor. Da das Jahr 2012 ein normales Jahr im Hinblick auf die Konjunktur war, gehen die Autoren davon aus, dass die Aussagen auch für den Zeitraum danach weitgehend gültig sind.

<sup>8</sup> Im Gegensatz zu den Sektoren im Energiesystem, die im vorherigen Kapitel beschrieben werden, handelt es sich hier um eine wirtschaftsstrukturelle Binnendifferenzierung.

<sup>9</sup> Die Industrie ist somit nicht gleichzusetzen mit dem produzierenden Gewerbe.

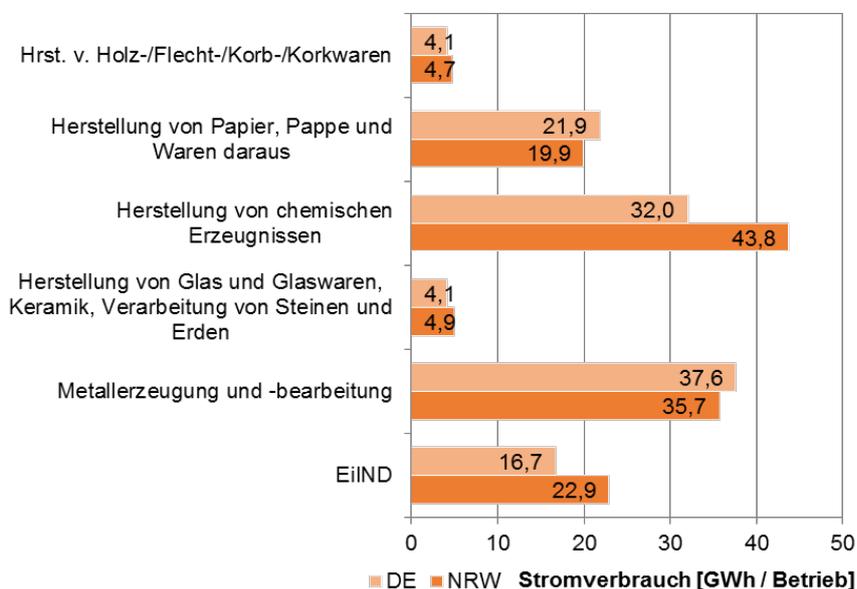
<sup>10</sup> WZ 2008 ist eine Systematik zur Untergliederung der Wirtschaft in Wirtschaftszweige. Sie wird in der öffentlichen Statistik einheitlich verwendet.

### Analyse der energieintensiven Industrie (EiIND)

Entsprechend der Definition dieser Studie gehören zur energieintensiven Industrie die Branchen „Herstellung von Holz-/Flecht-/Korb- und Korkwaren“, „Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus“, „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“, „Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ sowie „Metallerzeugung und -bearbeitung“. Alle diese Branchen bestehen ihrerseits aus zahlreichen Unterbranchen, die teilweise nur wenige Gemeinsamkeiten haben – zum Beispiel gehören sowohl die Herstellung von Zement als auch die Herstellung von Behälterglas zur Branche „Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“.

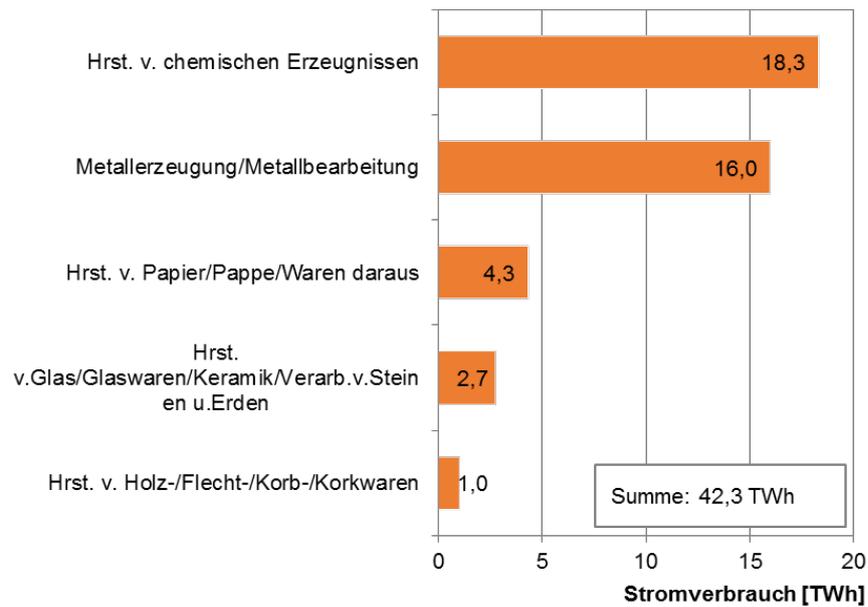
In **Abbildung 4** sind die durchschnittlichen Stromverbräuche pro Betrieb in NRW und der Bundesrepublik für die Branchen der energieintensiven Industrie dargestellt. Aus der Abbildung wird deutlich, dass die Branchen der energieintensiven Industrie in NRW grundsätzlich ähnlich stromintensiv sind wie im übrigen Bundesgebiet. Die Abbildung zeigt, dass die Stromverbräuche pro Betrieb und Jahr relativ hoch sind. Diese hohen Verbräuche sind typischerweise das Resultat einer hohen Anzahl an Betriebsstunden und einer hohen elektrischen Leistungsaufnahme. Deshalb ist die energieintensive Industrie grundsätzlich gut für Lastmanagement geeignet.

Auffällig ist die Besonderheit bei der „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“: Der Stromverbrauch je Betrieb ist in dieser Branche in NRW deutlich höher als im deutschen Durchschnitt. Ein Grund für diese Besonderheit ist die stärkere Präsenz stromintensiver Produktionsprozesse in Nordrhein-Westfalen im Vergleich zum übrigen Bundesgebiet. Dieser Effekt führt dazu, dass in NRW der Stromverbrauch je Betrieb in der energieintensiven Industrie höher liegt als im Bundesdurchschnitt.



**Abbildung 4: Durchschnittlicher Stromverbrauch je Betrieb in NRW und DE im Jahr 2012**

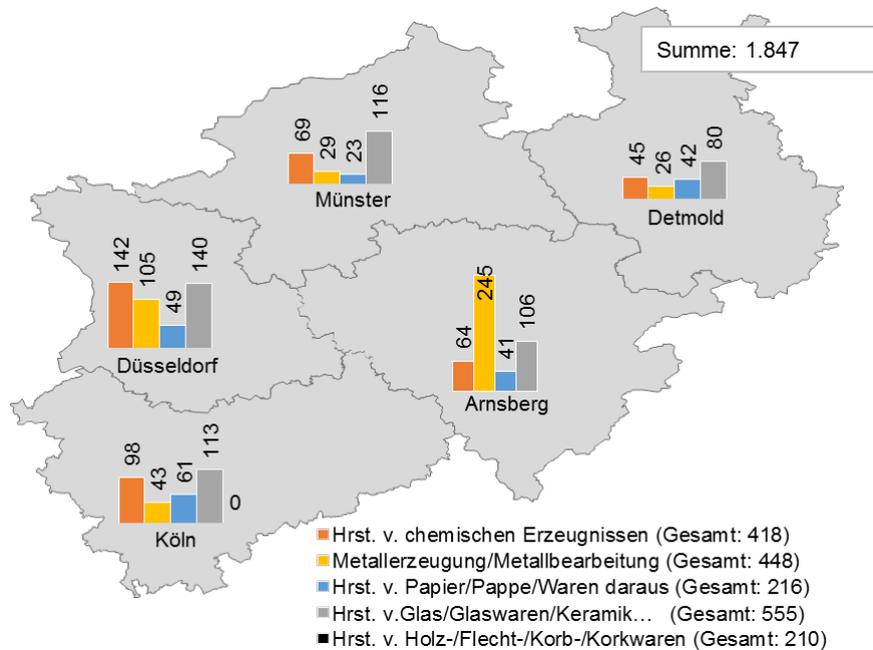
Die Stromverbräuche der einzelnen Wirtschaftszweige der energieintensiven Industrie in NRW sind in **Abbildung 5** dargestellt. Mit Abstand den größten Anteil haben mit 18,3 bzw. 16 TWh die Branche „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“ und die Branche „Metallerzeugung und -bearbeitung“. Auf diese beiden Wirtschaftszweige entfallen für 2012 mehr als 80% des Stromverbrauchs in diesem Sektor. Zu diesen beiden Branchen gehören unter anderem die Aluminiumelektrolysen, die Chlorelektrolysen, die Elektrostahlwerke und die Luftzerlegung.



**Abbildung 5: Stromverbrauch der energieintensiven Industrie in NRW im Jahr 2012**

Der drittgrößte Stromverbraucher in der energieintensiven Industrie ist die Branche „Herstellung von Papier/Pappe/ Waren aus Papier“, gefolgt von der „Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“. Zu dieser Branche gehört auch die „Herstellung von Zement“.

In **Abbildung 6** ist die Anzahl der Betriebe und deren regionale Verteilung dargestellt. Für die Branche „Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)“ sind leider keine regionsspezifischen Daten verfügbar, weshalb dieser Wirtschaftszweig nicht in der Grafik aufgeführt wurde.

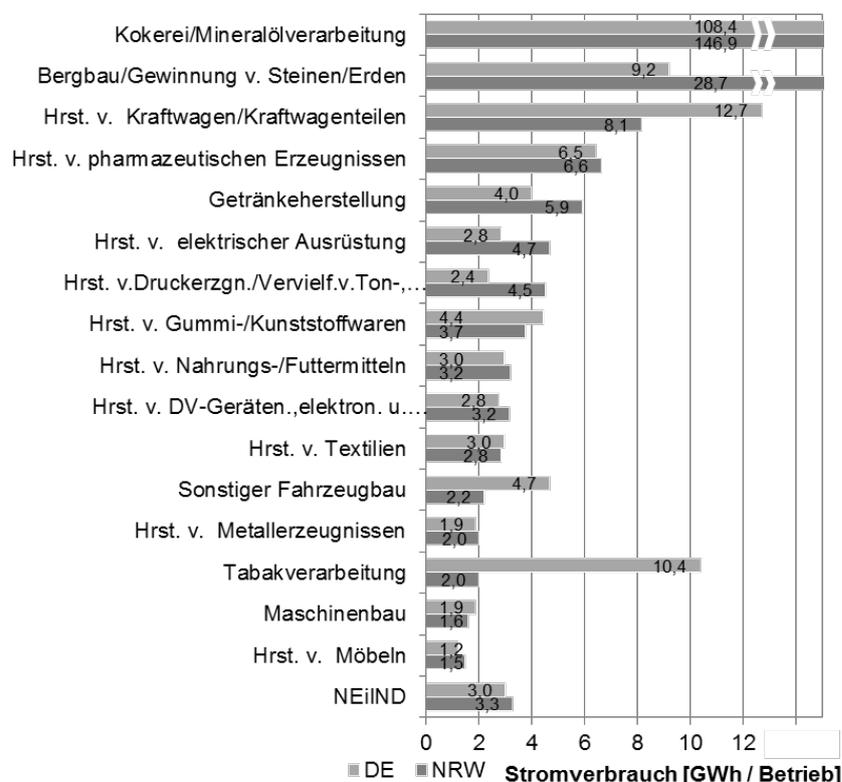


**Abbildung 6: Regionale Verteilung der Anzahl an Betrieben nach Wirtschaftszweigen der energieintensiven Industrie in NRW im Jahr 2012 (ohne Kleinbetriebe)**

**Abbildung 6** zeigt, dass die Regierungsbezirke Köln und Düsseldorf Schwerpunkte der energieintensiven Industrie bilden. Eine Ausnahme bildet die Branche „Metallerzeugung und -bearbeitung“, die zu einem Großteil im Regierungsbezirk Arnsberg vorzufinden ist.

### Analyse der nicht-energieintensiven Industrie (NEIIND)

Zur nicht-energieintensiven Industrie gehören alle Branchen der Industrie, die nicht der energieintensiven Industrie zugeordnet sind. Damit ist die nicht-energieintensive Industrie schon aufgrund der Anzahl der Branchen deutlich unübersichtlicher als die energieintensive Industrie. In **Abbildung 7** sind die durchschnittlichen Stromverbräuche pro Betrieb für die Branchen mit Verbräuchen größer 1 GWh pro Jahr und Betrieb jeweils in NRW und im gesamten Bundesgebiet dargestellt. Nach dieser Abbildung sind in vielen Branchen die durchschnittlichen Stromverbräuche in Nordrhein-Westfalen meistens sehr ähnlich zu den Verbräuchen im übrigen Bundesgebiet. Auffällige Besonderheiten bestehen bei den Branchen „Kokereien / Mineralölwirtschaft“, „Bergbau / Gewinnung von Steinen und Erden“, der „Tabakverarbeitung“ und dem „sonstigen Fahrzeugbau“. Die Abweichung im Bergbau ist zurückzuführen auf die Kohletagebaue in Nordrhein-Westfalen, die besonders viel Strom verbrauchen<sup>11</sup>.



**Abbildung 7: Durchschnittlicher Stromverbrauch je Betrieb in NRW und DE im Jahr 2012. Branchen mit durchschnittlichen Verbräuchen kleiner oder gleich 1 GWh/a („Herstellung von Bekleidung“, „Herstellung von Leder/Lederwaren/Schuhen“, „Herstellung von sonstigen Waren“, „Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstung“) wurden nicht dargestellt.<sup>12</sup>**

Die Stromverbräuche der Wirtschaftszweige der nicht-energieintensiven Industrie sind in **Abbildung 8** dargestellt. Hierbei sind im oberen Teil die Branchen geordnet nach der Höhe des Stromverbrauchs dargestellt, bei denen der

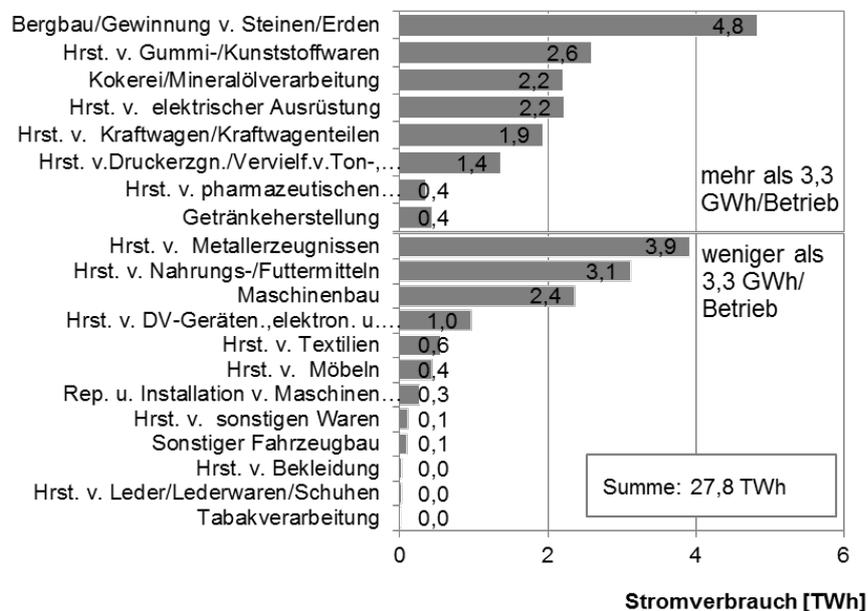
<sup>11</sup> Zu der Branche „Bergbau/ Gewinnung von Steinen und Erden“ gehören neben dem Steinkohleabbau und dem Braunkohleabbau auch der Abbau von Salz, Ton, Quarzsand, Quarzkies, Marmor etc. (Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen, 2015 S. 93)

<sup>12</sup> Die abgekürzten Wirtschaftszweige lauten vollständig: „Bergbau / Gewinnung von Steinen / Erden“; „Herstellung von Kraftwagen / Kraftwagenteilen“; „Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen“; „Herstellung von elektrischer Ausrüstung“; „Herstellung von Druckerzeugnissen / Vervielfältigung von Ton-, Bild-, Datenträgern“; „Herstellung von Gummi- / Kunststoffwaren“; „Herstellung von Nahrungs- / Futtermitteln“; „Herstellung von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“; „Herstellung von Textilien“; „Herstellung von Metallerzeugnissen“; „Herstellung von Möbeln“. Hinweis: Die „Herstellung von Textilien“ beinhaltet zum Beispiel Industrietextilien- und Stoffherstellung. Sie ist nicht gleichzusetzen mit der „Herstellung von Bekleidung“.

durchschnittliche Stromverbrauch pro Betrieb in NRW größer als 3,3 GWh pro Jahr – dem Durchschnitt über alle Branchen in NRW – beträgt. Bei diesen Branchen ist die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins von Lastmanagementpotenzialen aufgrund des durchschnittlichen jährlichen Stromverbrauchs pro Betrieb höher als in den anderen Branchen.

Innerhalb der Gruppe mit einem durchschnittlichem Stromverbrauch von mehr als 3,3 GWh/Betrieb haben die Branchen 22 „Herstellung von Gummi-/ Kunststoffwaren“ und 19 „Kokerei / Mineralölverarbeitung“ des verarbeitenden Gewerbes des Wirtschaftsabschnitts C mit 2,6 bzw. 2,2 TWh den höchsten Stromverbrauch. Allein der Wirtschaftsabschnitt B „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“, der wegen nicht verfügbarer Daten nicht weiter in Branchen unterteilt werden kann, hat mit 4,8 TWh einen noch höheren Stromverbrauch in NRW.

In der Gruppe mit weniger als 3,3 GWh/Betrieb ist den Branchen „Herstellung von Metallerzeugnissen“ und „Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln“ mit 3,9 bzw. 3,1 TWh der größte Verbrauch zuzuordnen.

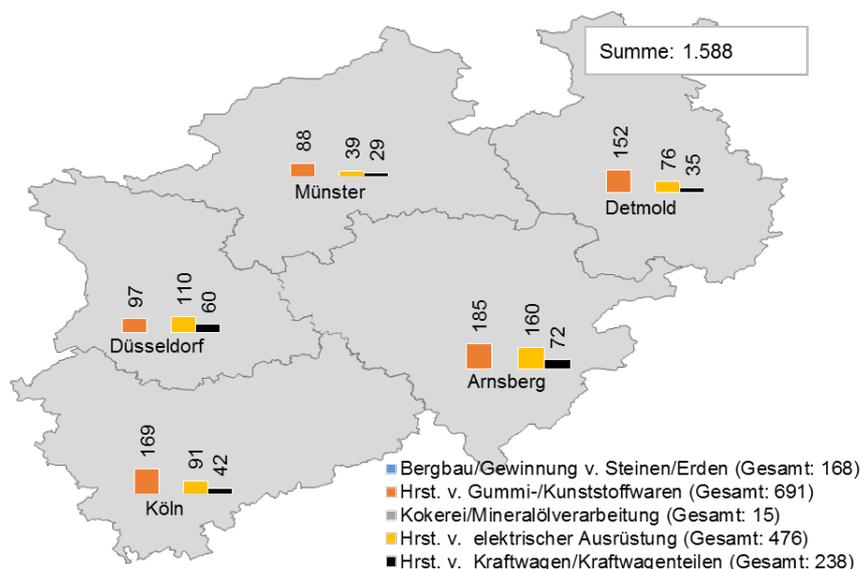


**Abbildung 8: Stromverbrauch der nicht-energieintensiven Industrie in NRW im Jahr 2012<sup>13</sup>**

Für den Sektor der nicht-energieintensiven Industrie wurde für die fünf Wirtschaftszweige mit dem größten Stromverbrauch eine regionsspezifische Betrachtung durchgeführt:

<sup>13</sup> Die abgekürzten Wirtschaftszweige lauten vollständig: „Bergbau / Gewinnung von Steinen / Erden“; „Herstellung von Gummi- / Kunststoffwaren“; „Herstellung von elektrischer Ausrüstung“; „Herstellung von elektrischer Ausrüstung“; „Herstellung von Kraftwagen / Kraftwagenteilen“; „Herstellung von Druckerzeugnissen / Vervielfältigung von Ton-, Bild-, Datenträgern“; „Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen“; „Herstellung von Metallerzeugnissen“; „Herstellung von Nahrungs- / Futtermitteln“; „Herstellung von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen“; „Herstellung von Textilien“; „Herstellung von Möbeln“; „Reparatur und Installation von Maschinen“; „Herstellung von sonstigen Waren“; „Herstellung von Bekleidung“; „Herstellung von Leder / Lederwaren / Schuhen“

- Für „Bergbau / Gewinnung Steine Erden“ konnten nur Daten gefunden werden, die nicht vollständig konsistent mit der Statistik sind. Allerdings liefert der Jahresbericht der Bergbaubehörden Nordrhein-Westfalens einige Informationen<sup>14</sup>, die aber wegen Abgrenzungsproblemen nicht 100% deckungsgleich mit der vorgestellten Statistik sind.
- Für „Kokereien/Mineralölwirtschaft“ gibt es ebenfalls keine regionalen Daten.
- Betriebe des Wirtschaftszweigs „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ befinden sich vornehmlich in Köln, Arnsberg und Detmold und Betriebe des Zweiges „Herstellung von elektrischer Ausrüstung“ sind verstärkt in den Regierungsbezirken Arnsberg und Düsseldorf beheimatet.
- Der Wirtschaftszweig „Herstellung von Kraftwagen/Kraftwagenteilen“ ist recht gleichmäßig über die fünf Regierungsbezirke verteilt.

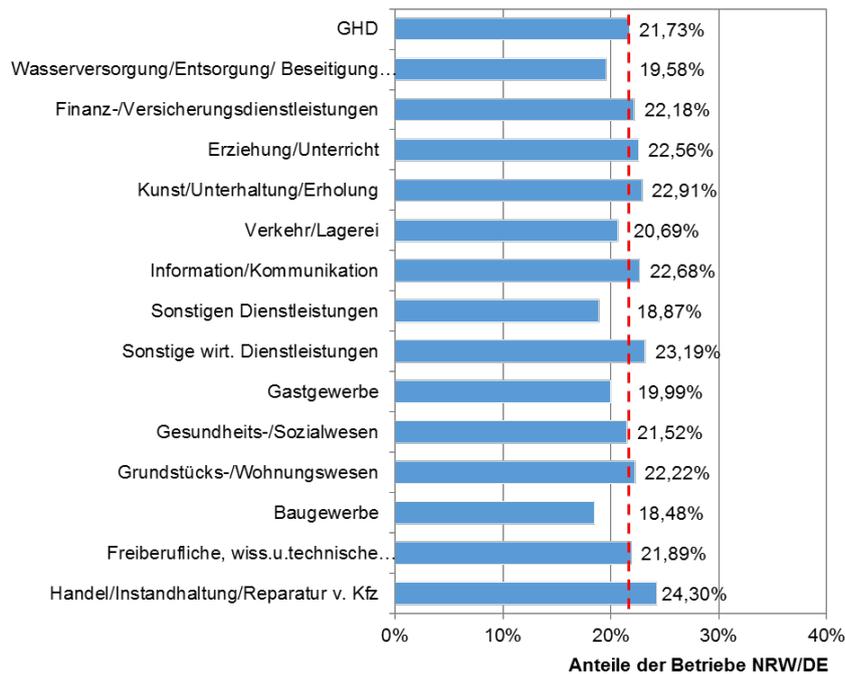


**Abbildung 9: Regionale Verteilung der fünf stromintensivsten Wirtschaftszweige des Sektors der nicht-energieintensiven Industrie nach Betrieben in NRW im Jahr 2012 (ohne Kleinbetriebe). Die regionalen Verteilungen der Branche 19 „Kokerei / Mineralölverarbeitung“ und des Wirtschaftsabschnitts B „Bergbau/Gewinnung von Steinen / Erden“ können aufgrund nicht verfügbarer Daten nicht dargestellt werden.**

#### Analyse des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD)

Für den GHD-Sektor ist eine genauere Aufteilung nach Branchen des Stromverbrauchs in NRW aufgrund der mangelnden Datenverfügbarkeit nur indirekt möglich. Hintergrund dessen ist, dass weder auf der Ebene des Landes noch auf der Ebene des Bundes hierzu statistische Daten systematisch erfasst werden. Um dennoch Informationen über die Aufteilung der Stromverbräuche im Sektor GHD zu generieren, hat das Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) Karlsruhe den Stromverbrauch des GHD-Sektors im Bundesgebiet in mehreren Forschungsvorhaben analysiert (Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), 2015).

<sup>14</sup> Im Jahr 2014 waren im Regierungsbezirk Arnsberg 21, im Bezirk Detmold 5, im Bezirk Düsseldorf 19, im Bezirk Köln 43 und im Bezirk Münster 41 Betriebe des Bergbaus / der Gewinnung von Steinen und Erden ansässig. Die Braunkohletagebaue befinden sich im Regierungsbezirk Köln (Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen, 2015 S. 93).

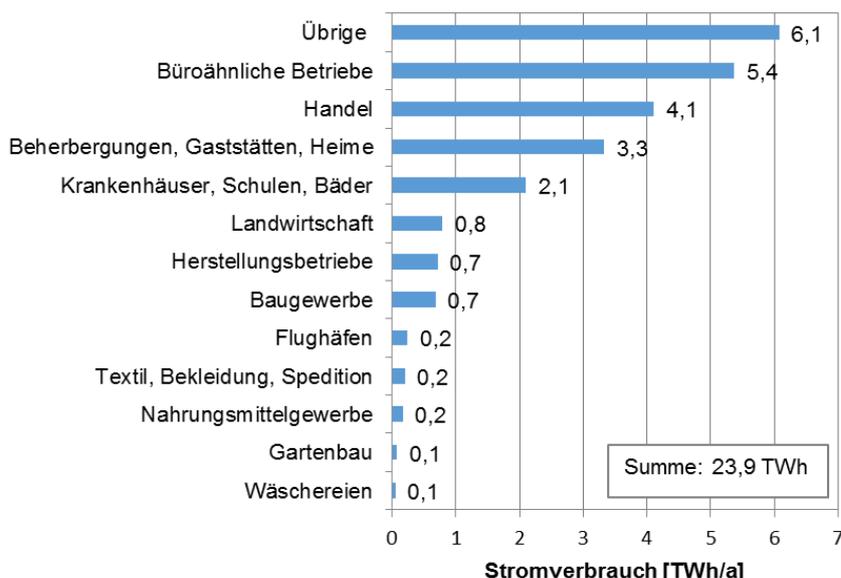


**Abbildung 10: Anteile der Anzahl der Betriebe in NRW an der Anzahl der Betriebe in Deutschland im GHD-Sektor, Angaben für 2012. Die Wirtschaftsabschnitte A „Land- / Forstwirtschaft / Fischerei“, O „Öffentliche Verwaltung / Verteidigung / Sozialversicherung“, T „Private Haushalte mit Hauspersonal; Herstellung v. Waren / Erbringung von Dienstleistungen“ und U „Exterritoriale Organisationen / Körperschaften“ sind aufgrund mangelnder Datenlage nicht aufgeführt.<sup>15</sup>**

Um festzustellen, ob die Daten des ISI auf die Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen übertragen werden können, ist zu prüfen, ob im Vergleich zwischen NRW und dem gesamten Bundesgebiet Hinweise auf besondere Ausprägungen des GHD-Sektors in Nordrhein-Westfalen vorliegen. In **Abbildung 10** sind die Anteile von NRW bezogen auf das Bundesgebiet bei den Betriebsanzahlen im GHD-Sektor nach Branchen dargestellt. Partielle Schwankungen der Betriebsanzahlen um den Mittelwert von 20,7% sind durchaus gegeben. Bei einer Standardabweichung von 1,7%-Punkten und einer maximalen Abweichung von 3,6%-Punkten kann jedoch nicht von einer besonderen Ausprägung einzelner Bereiche gesprochen werden.

Aufgrund der geringen Abweichungen vom Mittelwert erachten es die Autoren als zulässig, die Angaben des ISI für den GHD-Sektor der in Deutschland auf den GHD-Sektor Nordrhein-Westfalens durch einfache Skalierung zu übertragen. Der Skalierungsfaktor ist der Anteil des Stromverbrauchs des GHD-Sektors in Nordrhein-Westfalen am korrespondierenden Stromverbrauch in der Bundesrepublik. (Skalierungsfaktor 0,184, bzw. 18,4%, siehe **Abbildung 3**).

<sup>15</sup> Die abgekürzten Wirtschaftszweige lauten vollständig: "Wasserversorgung / Entsorgung / Beseitigung von Umweltverschmutzungen" und „freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen“



**Abbildung 11: Stromverbräuche der einzelnen Branchen des GHD-Sektors, Angaben für 2012**

Demzufolge sind insbesondere die büroähnlichen Betriebe – dazu gehören u.a. Banken und Versicherungen, öffentliche Betriebe, Organisationen ohne Erwerbszweck wie z.B. Kirchen, Parteien, etc. und sonstige Dienstleistungen wie z.B. Rechtsanwälte, Makler, Abfallbeseitigung, Friseure, etc. – mit 5,4 TWh/a die größten Stromverbraucher, gefolgt vom Handel mit 4,1 TWh/a, Beherbergungen, Gaststätten und Heimen mit 3,3 TWh/a und den Krankenhäusern, Schulen und Bädern mit 2,1 TWh/a. Alle weiteren Kategorien weisen Stromverbräuche von unter 1 TWh/a auf.

Leider entsprechen die Kategorien von ISI nicht den Kategorien der amtlichen Statistik (vgl. **Abbildung 10** und **Abbildung 11**), in der die Anzahl der Betriebe erfasst wird. Dadurch kann der durchschnittliche jährliche Stromverbrauch pro Betrieb nur über den gesamten GHD Sektor ermittelt werden. Er beträgt 37 MWh/a und ist damit deutlich geringer als in der energieintensiven und nicht-energieintensiven Industrie.

Eine Analyse der regionalen Verteilung wurde nicht durchgeführt.

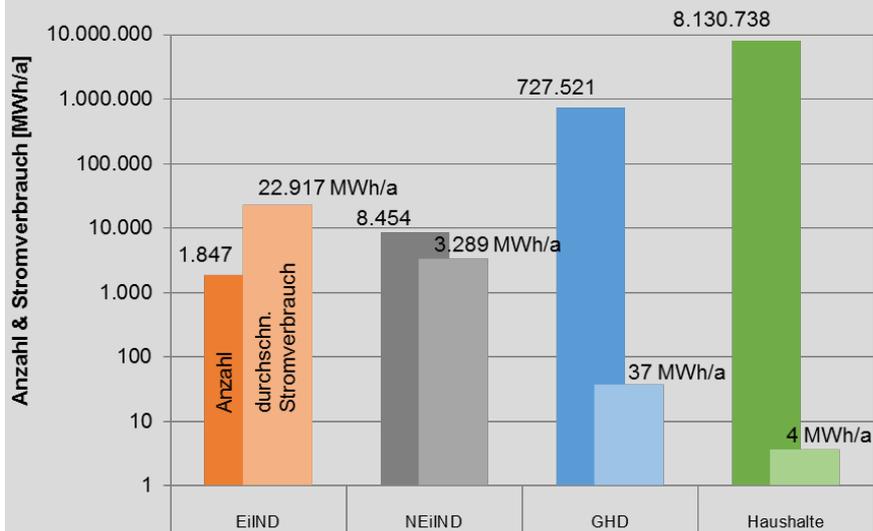
#### **Analyse des Haushaltssektors (HH)**

In NRW waren im Jahr 2012 ca. 8,13 Mio. Haushalte statistisch erfasst. Diese verursachen einen Stromverbrauch von 29,8 TWh/a. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 3,7 MWh/a (genauer 3.662 kWh/a) pro Haushalt. Dieser ist damit deutlich geringer als im GHD-Sektor.

Regionale Unterschiede sind kaum vorhanden. Die Haushalte der Regionen Detmold, Münster und Köln verbrauchen mit 3,83, 3,82 und 3,7 MWh/a leicht überdurchschnittlich und die Regionen Arnsberg und Düsseldorf mit 3,62 und 3,53 MWh/a leicht unterdurchschnittlich.

### Zwischenfazit

- In Nordrhein-Westfalen wird aufgrund der Größe des Bundeslandes und der wirtschaftlichen Struktur in erheblichem Umfang Strom verbraucht. Die Flexibilisierung der Stromnachfrage ist im Rahmen der Energiewende deswegen nicht nur ein Thema auf der Ebene des Bundes, sondern auch auf der Ebene des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen.
- Die Voraussetzungen für Lastmanagement sind in den Sektoren unterschiedlich gut. In der energieintensiven Industrie konzentrieren sich die Stromverbräuche auf vergleichsweise wenige Akteure mit großem Strombedarf. Im Bereich der nicht-energieintensiven Industrie ist die Anzahl der Akteure deutlich höher, der durchschnittliche Stromverbrauch dafür deutlich kleiner. Diese Auseinanderentwicklung von Akteursanzahl und durchschnittlichem Stromverbrauch setzt sich im GHD-Sektor und bei den privaten Haushalten weiter fort (siehe **Abbildung 12**, Hinweis: Die Skala ist logarithmisch).



**Abbildung 12: Anzahl und durchschnittlicher, jährlicher Stromverbrauch der Akteure in den vier Sektoren. (Kleinbetriebe in der Industrie sind nicht berücksichtigt.)<sup>16</sup>**

- Die energieintensive Industrie ist in Nordrhein-Westfalen überproportional stark vertreten. Die hierin enthaltenen Branchen sind potenziell besonders gut für Lastmanagement geeignet.
- In der nicht-energieintensiven Industrie fallen der Bereich „Bergbau, Gewinnung von Steinen und Erden“ und die Branche „Kokereien/ Mineralölverarbeitung“ als besonders stromintensiv auf. Daneben existieren mehrere Branchen, wie zum Beispiel die „Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren“ oder auch die „Herstellung von elektrischen Ausrüstungen“, in denen der aggregierte Stromverbrauch in Nordrhein-Westfalen relativ hoch und der durchschnittliche Stromverbrauch je Betrieb überdurchschnittlich ist. Diese Branchen sind für Lastmanagement ebenfalls potenziell geeignet. Die Branchen „Herstellung von Metallerzeugnissen“ und „Herstellung von Nahrungsmitteln“ haben ebenfalls einen hohen aggregierten Stromverbrauch, der durchschnittliche Stromverbrauch pro Betrieb ist aber eher gering. Hier

<sup>16</sup> In NRW sind in der energieintensiven Industrie 5.565 Kleinbetriebe vorhanden und in der nicht-energieintensiven Industrie 48.359 (Stand 2012).

sind wahrscheinlich nur die größten Betriebe, beziehungsweise solche, die über Kühlprozesse verfügen potenziell gut für Lastmanagement geeignet.

- Im Sektor GHD sind die büroähnlichen Betriebe, der Handel, die Beherbergungen und die Krankenhäuser Branchen mit hohem aggregiertem Stromverbrauch. Hier könnten möglicherweise gute Lastmanagementpotenziale bestehen.
- Für den Sektor der privaten Haushalte liefert die Analyse keine Anhaltspunkte, wo möglicherweise Lastmanagementpotenziale zu finden sind.
- Die energieintensive Industrie ist in den Regierungsbezirken Köln und Düsseldorf, in dem auch Teile des Ruhrgebietes liegen, stärker ausgeprägt als in den restlichen Regierungsbezirken. Bei der nicht-energieintensiven Industrie konnten keine besonderen regionalen Ausprägungen festgestellt werden.

## Analyse der technischen Lastmanagementpotenziale in NRW

Viele Studien haben sich schon mit der Höhe der Lastmanagementpotenziale beschäftigt. Die vorliegende Studie verfolgt nicht das Ziel, eine weitere Erhebung oder Befragung von Akteuren durchzuführen und den ohnehin schon großen Literaturbestand noch weiter zu ergänzen. Die Leistung dieser Studie besteht darin, mehrere bestehende Studien zu sichten, die Lastmanagementpotenziale nach ihrer Qualität zu kategorisieren und die Erkenntnisse auf die Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen zu übertragen.

Die ermittelten technischen Lastmanagementpotenziale stellen die Situation in der Zeitspanne von 2015 - 2020 dar. Dieses technische Potenzial kann sich im weiteren Zeitverlauf ändern. Dies ist im Anschluss an die Ermittlung der technischen Lastmanagementpotenziale dargestellt.

### Vorgehen zur Bestimmung der Lastmanagementpotenziale, Forschungslücken

In einem ersten Schritt haben die Autoren die technischen Angaben über Lastmanagementpotenziale aus drei maßgeblichen Studien in ein Sollraster überführt, kategorisiert und auf die Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen skaliert. Diese Überführung erfolgte jeweils getrennt nach Branchen oder Querschnittstechnologien und Studie für Studie. Erst am Ende der Literaturlauswertung wurden die Daten der einzelnen Studien durch Durchschnittsbildung in den Sektoren und Kategorien zusammengefasst.

#### Exkurs: Ausgewertete Studien

**Studie 1** – Die Studie „Möglichkeiten und Grenzen des Lastausgleichs durch Energiespeicher, verschiebbare Lasten und stromgeführte KWK bei hohem Anteil fluktuierender erneuerbarer Stromerzeugung“ wurde vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für das BMWi erstellt. Sie datiert aus dem Jahr 2014 (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2014).

**Studie 2** – Die Studie „Demand Side Integration - Lastverschiebungspotenziale in Deutschland“ wurde im Jahr 2012 vom Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e.V. veröffentlicht (VDE-Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., 2012). Diese Studie basiert zu großen Teilen auf der Dissertation von Martin Stötzer zum Thema „Demand Side Integration in elektrischen Verteilnetzen: Potenzialanalyse und Bewertung“ aus dem Jahr 2012 (Stötzer, 2012).

**Studie 3** – Die Studie „Potenziale regelbarer Lasten in einem Energieversorgungssystem mit wachsendem Anteil erneuerbarer Energien“ wurde von den Unternehmen BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung und Trianel im Auftrag des Umweltbundesamts erstellt. Die Veröffentlichung erfolgte 2015 durch das Umweltbundesamt. Die Studie deckt vor allem Branchen der energieintensiven Industrie aber auch zwei Branchen der nicht-energieintensiven Industrie ab (Umweltbundesamt, 2015).

Bei der Eintragung in das Sollraster wurden die Lastmanagementpotenziale getrennt erfasst nach den zwei Typen an Lastverschiebungen (Lasterrhöhung und Lastreduktion) und Lastverzicht. Über die erst seit wenigen Jahren intensiv diskutierte Sektorenkopplung enthielten die Studien keine dezidierten Angaben. Insgesamt zeigten sich sehr unterschiedliche Entwicklungsstände der Forschungsarbeiten in den verschiedenen Sektoren und den verschiedenen Lastmanagementtypen:

- Die energieintensive Industrie, der GHD-Sektor und die privaten Haushalte sind relativ gut durch bisherige Forschungsarbeiten abgedeckt. Die vertiefte Analyse der ausgewählten Arbeiten zeigt jedoch auch hier eine hohe Schwankungsbreite der Erkenntnisse der einzelnen Studien. Außerdem decken die Studien immer nur einen unterschiedlich großen Teil der Sektoren ab.
- In der nicht-energieintensiven Industrie bestehen erhebliche Forschungslücken. Hier existieren bisher nur vereinzelte Betrachtungen ausgewählter Branchen oder Querschnittstechnologien, zum Beispiel der Branchen Mineralölwirtschaft oder der Querschnittstechnologie Kühlung.
- Zum Lastverzicht gibt es in den Studien nur sehr wenige Aussagen zu einzelnen Sektoren.
- Zur Lasterhöhung (ohne Ausgleich) und zur Sektorenkopplung hielten die analysierten Studien keine Informationen bereit.

Danach wurden die Lastmanagementpotenziale kategorisiert und auf die Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen skaliert. Um die Qualität der Potenziale und den damit einhergehenden energiewirtschaftlichen Nutzen zu beschreiben, werden die Lastmanagementpotenziale in Abhängigkeit von der Abrufdauer, der Verschiebedauer und der Verfügbarkeit in vier Kategorien eingeteilt. Diese technischen Parameter erscheinen den Autoren im Hinblick auf eine Verwendung der Lastmanagementpotenziale am Spotmarkt als besonders wesentlich.<sup>17</sup> In **Tabelle 1** werden diese vier Kategorien vorgestellt. Die Kategorien sind so erstellt, dass Lastmanagementpotenziale der Kategorie 1 die meisten Einsatzmöglichkeiten bieten, da die drei Kriterien Verfügbarkeit, maximale Abrufdauer und maximale Verschiebedauer erfüllt sind. Mit jeder folgenden Kategorie wird ein Kriterium weniger erfüllt, es sinken damit die Einsatzmöglichkeiten der Lastmanagementpotenziale.

**Tabelle 1: Übersicht über die Kategorisierung der Lastmanagementpotenziale nach Wertigkeiten der Einsetzbarkeit**

Wertigkeitskategorie	Beschreibung
<b>Kategorie 1: sehr weit einsetzbar</b>	I. Verfügbarkeit: deutlich über 3000 h/a II. maximale Abrufdauer: größer 2 h III. maximale Verschiebedauer (bei Lastverschiebungen): größer 6 h
<b>Kategorie 2: weit einsetzbar</b>	Zwei der obigen Kriterien werden erfüllt.
<b>Kategorie 3: eingeschränkt einsetzbar</b>	Eines der obigen Kriterien wird erfüllt.
<b>Kategorie 4: sehr eingeschränkt einsetzbar</b>	Keines der obigen Kriterien wird erfüllt.

Die folgenden vier Beispiele illustrieren, wie die Autoren die Lastmanagementpotenziale kategorisiert haben.

<sup>17</sup> Es bestehen allerdings weitere Parameter, die den energiewirtschaftlichen Nutzen näher beschreiben und die zum Beispiel bei einer Nutzung in den Regelenergiemärkten eine hohe Bedeutung haben, zum Beispiel die Aktivierungszeit und die Vorlaufzeit.

**Erstes Beispiel:** In Studie 3 (UBA) sind Chlorelektrolysen mit einem durchschnittlichen Leistungsbedarf von 3.169 MW (für Deutschland) aufgeführt. Diesen wird eine Abrufleistung zum Zwecke von Lastreduktionen in Höhe von 185 MW in NRW zugeordnet. Der Betrieb dieser Anlagen ist weder schicht- oder tageszeitabhängig, noch jahreszeitenabhängig. Volllaststunden von weit über 6.000 h/a sind in der Branche üblich. Das Kriterium I, eine Verfügbarkeit des Potenzials an über 3.000 h/a ist also erfüllt. Weiterhin kann eine Lastreduktion mindestens 2 Stunden lang abgerufen werden. Damit ist Kriterium II auch erfüllt. Die maximale Lastverschiebedauer ist in Studie 3 nicht vermerkt. Dennoch können die Autoren aufgrund ihrer Kenntnis der Branche die maximale Lastverschiebedauer auf mindestens 10 Stunden schätzen. Damit ist auch Kriterium III erfüllt. Die Chlorelektrolysen sind also in der Kategorie „sehr weit einsetzbar“ einzuordnen. (Umweltbundesamt, 2015 S. 114 ff.)

**Ein zweites Beispiel:** Die Geschirrspülmaschine eines Haushalts läuft jeweils abends 1,5 Stunden. Bei entsprechender Planung kann dieser Prozess auf jeden Zeitpunkt des Tages verschoben werden. Deswegen ist die maximale Verschiebedauer mehr als 6 Stunden und die Verfügbarkeit der Lasterhöhung der gesamte Tag vor der ursprünglich geplanten Durchführung des Spülgangs. Dies gilt für alle Tage des Jahres, womit die Verfügbarkeit deutlich größer als 3.000 Stunden ist. Die in Studie 1 (DLR) angegebenen 1.038 MW Lastmanagementpotenzial von Geschirrspülern wurde deswegen in die Lasterhöhungspotenziale der Kategorie „weit einsetzbar“ eingetragen, da zwei Kriterien erfüllt und nur das Kriterium II. (maximale Abrufdauer von 2 Stunden) nicht erreicht wird. (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2014 S. 50ff.)

**Ein drittes Beispiel:** In Studie 1 (DLR) ist die prozessabhängige Belüftung industrieller Gebäude mit einem Lastreduktionspotenzial mit einer maximalen Abrufdauer von 1 Stunde und einer maximalen Verschiebedauer von 2 Stunden eingetragen. Die Verfügbarkeit ist tageszeitabhängig, aber nicht temperaturabhängig. Die Autoren haben dieses Potenzial mit 147 MW Abrufleistung (bundesweit) als Lastreduktionspotenzial der nicht-energieintensiven Industrie der Kategorie „eingeschränkt einsetzbar“ eingestuft, denn die beiden Kriterien zu Abrufdauer und Verschiebedauer sind nicht erfüllt. Bei der Verfügbarkeit gehen die Autoren aufgrund ihrer Kenntnis derartiger Gebäude davon aus, dass dieses Kriterium erfüllt wird. Dies ist jedoch nicht explizit im Text der Studie 1 (DLR) beschrieben (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2014 S. 50 Tabelle 3-8).

**Ein viertes Beispiel:** Das Lastreduktionspotenzial von Wäschereien, die dem GHD-Sektor zugeordnet werden, wird in Studie 2 (VDE/Stötzer) mit 250 MW (bundesweit) beziffert. In einer Wäscherei wird ausschließlich während der typischen Arbeitszeiten in Herstellungsbetrieben (7:00 – 17:00 Uhr) Strom verbraucht. Innerhalb dieses Zeitfensters sind die Maschinen nur für ca. 4 Stunden ausgelastet. Die Möglichkeit für eine Lastreduktion ist also tageszeitabhängig und an wesentlich weniger als 3.000 h/a vorhanden. Das Kriterium der Verfügbarkeit ist damit nicht erfüllt. Da die maximale Abrufdauer der Lastreduktion nur 1 Stunde beträgt, wird auch das zweite Kriterium nicht erfüllt. Weiterhin wird die maximale Verschiebedauer auf 1 Stunde beziffert und damit auch das Kriterium der maximalen Verschiebedauer nicht erfüllt. Demzufolge ist das Lastreduktionspotenzial von Wäschereien der Kategorie „sehr eingeschränkt verfügbar“ zuzuordnen (Stötzer, 2012 S. 27).

### Exkurs: Was sind die Konsequenzen der verschiedenen Wertigkeiten der Lastmanagementpotenziale in den Kategorien?

Am Beispiel der Geschirrspülmaschine kann eine weitere wesentliche Verbindung zwischen den Lastmanagementpotenzialen der verschiedenen Kategorien illustriert werden: Durch die sequentielle Ausführung von zwei Lasterhöhungen mit zwei Geschirrspülmaschinen in verschiedenen Haushalten kann die Abrufdauer von 1,5 Stunden auf 3 Stunden verdoppelt werden, allerdings bleibt die Abrufleistung dieser verlängerten Lasterhöhung nur die Abrufleistung einer Geschirrspülmaschine. Um diese sequentielle Ausführung herbeizuführen, muss ein Akteur diese Geschirrspüler zu einem Lastmanagementpotenzial bündeln und typischerweise mit einer Fernsteuerung ansteuern. Dieser Akteur wird in der Praxis Aggregator genannt.

Lastmanagementpotenziale, die eines oder mehrere der Kriterien Abrufdauer, Verschiebedauer und Verfügbarkeit nicht erfüllen, können demzufolge als Potenzialbündel das Kriterium erfüllen. Dies geschieht aber mit der Konsequenz, dass die Abrufleistung des Potenzialbündels kleiner ist als die Summe der Abrufleistungen der Lastmanagementpotenziale ohne Bündelung.

Als sehr grober Richtwert zum Verständnis der Wertigkeiten der Lastmanagementpotenziale in den verschiedenen Kategorien kann folgende Überlegung genutzt werden: Um ein fehlendes Kriterium durch Bündelung auszugleichen, muss die Abrufleistung halbiert werden. Bei zwei fehlenden Kriterien wäre eine zweimalige Halbierung notwendig, usw. Die Bündelung von Potenzialen der Kategorie „eingeschränkt einsetzbar“ kann diese in die Kategorie „sehr weit einsetzbar“ überführen, aber unter Inkaufnahme einer zweimaligen Halbierung der Abrufleistung. Entsprechend wäre eine Überführung von der Kategorie „sehr eingeschränkt einsetzbar“ in die Kategorie „sehr weit einsetzbar“ nur durch dreimalige Halbierung möglich. 8 GW Lastmanagementpotenziale der Kategorie „sehr eingeschränkt einsetzbar“ sind nach dieser Überlegung mit 1 GW Potenzial der Kategorie „sehr weit einsetzbar“ vergleichbar.

In der Praxis funktionieren Bündelungen nur unter Berücksichtigung einer Vielzahl von Randbedingungen, zum Beispiel kann das fehlende Kriterium der Verfügbarkeit nur durch Bündelung von Lastmanagementpotenzialen erfüllt werden, die zu unterschiedlichen Zeiten verfügbar sind.

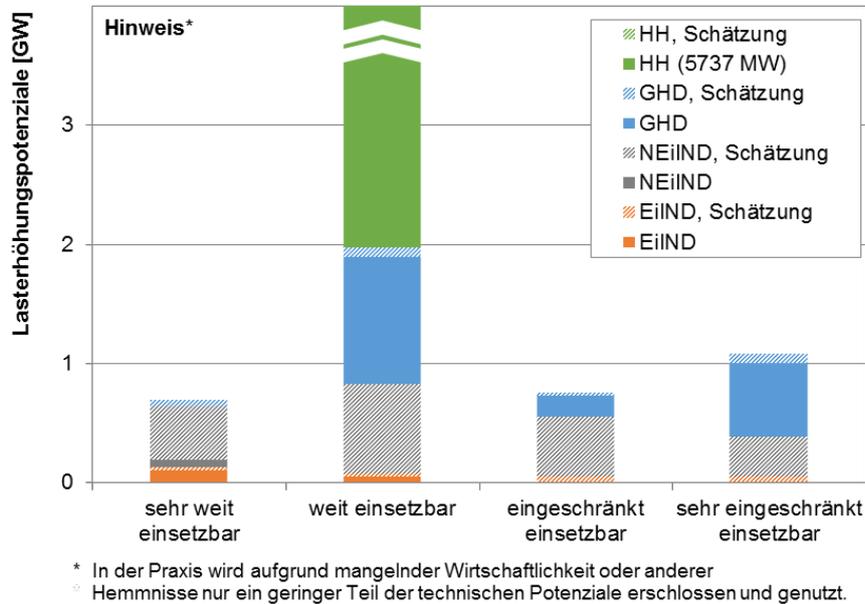
Den ersten Schritt abschließend, haben die Autoren die Angaben aus den Studien, die sich auf die gesamte Bundesrepublik beziehen, auf die Verhältnisse in Nordrhein-Westfalen skaliert. Im ersten Beispiel erfolgt die Skalierung entsprechend dem Verhältnis der Produktionskapazitäten für Chlor in NRW und Deutschland. Im zweiten beschriebenen Beispiel (Geschirrspüler) erfolgte die Skalierung mit dem Faktor 0,217 bzw. 21,7% – dem Verhältnis des Stromverbrauchs der Haushalte in NRW zum Stromverbrauch der Haushalte in Deutschland. Die 1.038 MW Lastmanagementpotenzial in Deutschland wurden somit zu 226 MW Lastmanagementpotenzial in Nordrhein-Westfalen. Im dritten Beispiel (Belüftung) erfolgte die Skalierung mit dem Faktor 0,246 bzw. 24,6% für das Stromverbrauchsverhältnis NRW zu Deutschland in der nicht-energieintensiven Industrie und im vierten Beispiel (Wäschereien) mit dem Skalierungsfaktor 0,184 bzw. 18,4% für den Sektor GHD. Die Faktoren für die Beispiele 2 bis 4 können auch **Abbildung 3** („Vergleich der Stromverbräuche von NRW und DE nach Sektoren“) auf Seite 11 entnommen werden.

Die bis hierhin beschriebenen Arbeiten der Literaturlauswertung wurden Studie für Studie und Branchen für Branche durchgeführt. Dieses abschließend erfolgte die Zusammenfassung der Ergebnisse der verschiedenen Studien.

In einem zweiten Schritt wurden die Angaben aus den Studien ergänzt um Expertenschätzungen der Autoren. Diese Expertenschätzungen ersetzen die Forschungslücken; auch sie beziehen sich auf das Land Nordrhein-Westfalen. Das Ergebnis ist in **Abbildung 13** bis **Abbildung 15** angegeben.

### Technische Lasterhöhungspotenziale<sup>18</sup> in Nordrhein-Westfalen

Gemäß **Abbildung 13** verteilt sich das Lasterhöhungspotenzial auf alle Kategorien, wobei das größte Potenzial in den hochwertigen Kategorien „sehr weit einsetzbar“ und „weit einsetzbar“ zu finden ist.



**Abbildung 13: Technische Lasterhöhungspotenziale in NRW**

Die Potenziale der Kategorie „sehr weit einsetzbar“ sind gering. Der Großteil geht auf Schätzungen im Bereich der nicht-energieintensiven Industrie zurück. Die Potenziale in der Kategorie „weit einsetzbar“ sind stark geprägt von der Warmwasserbereitung und elektrischen Heizsystemen<sup>19</sup> in den Sektoren HH und GHD. Aber auch die typischen Haushaltsstromanwendungen (z.B. Waschmaschine, Geschirrspülmaschine) sind in den HH-Potenzialen in dieser Kategorie enthalten. Bei den Haushaltsstromanwendungen ist typischerweise die Abrufdauer einer Lastverschiebung kleiner als 2 Stunden. Außerdem bilden die geschätzten Potenziale in der nicht-energieintensiven Industrie einen nennenswerten Anteil dieser Kategorie.

<sup>18</sup> Lasterhöhungspotenziale werden gemäß Definition am Anfang dieser Studie vor allem in Zeiten von Überschüssen der Stromerzeugung eingesetzt. Sie können deswegen im Kontext der Energiewende vor allem genutzt werden, um ansonsten überschüssigen Strom aus Erneuerbaren Energien sinnvoll zu verwenden.

<sup>19</sup> Nachtspeicherheizungen sind eine vergleichsweise teure Art der Raumheizung und ihre klimapolitische Bewertung ist nicht eindeutig. Es könnte deswegen sein, dass diese Lastmanagementpotenziale langfristig keinen Bestand haben.

### Technische Lastreduktionspotenziale<sup>20</sup> in Nordrhein-Westfalen

Bei den Lastreduktionspotenzialen sind die meisten Potenziale in der Kategorie „eingeschränkt einsetzbar“ zu finden. Die Potenziale der Sektoren GHD und HH in dieser Kategorie stammen wiederum von den elektrischen Heizungen und der Warmwasserbereitung. Die Kategorie „eingeschränkt einsetzbar“ bedeutet, dass zwei der Kriterien von **Tabelle 1** nicht erfüllt sind. Die Kriterien, die hier regelmäßig nicht erfüllt werden, sind die Verfügbarkeit, zum Beispiel weil die Heizzeit in der Heizperiode nicht lang genug ist und die Abrufdauer, die zwar in der Quelle mit 12 Stunden angegeben wird, jedoch von den Autoren aufgrund ihrer technischen Expertise als unrealistisch eingeschätzt wird und deshalb auf kleiner 2 Stunden korrigiert wurde.

Die Lastreduktionspotenziale der Kategorie „sehr weit einsetzbar“ bestehen weit überwiegend in der energieintensiven Industrie.

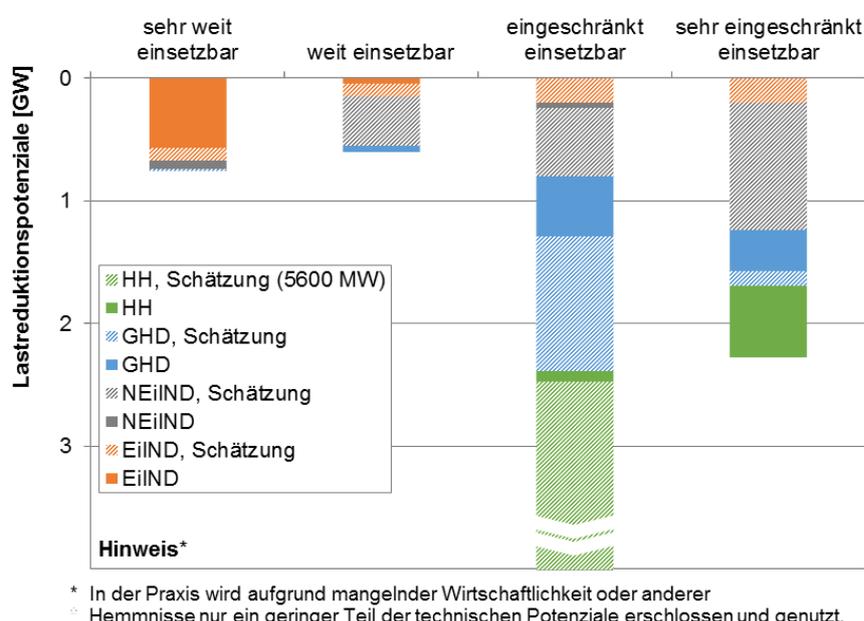


Abbildung 14: Technische Lastreduktionspotenziale in NRW

### Technische Lastverzichtspotenziale und technische Potenziale der Lasterhöhung (ohne Ausgleich) in Nordrhein-Westfalen

Abbildung 15 enthält Schätzungen der technischen Lastverzichtspotenziale für alle Sektoren. Diese sind jeweils unmittelbar abgeleitet vom ermittelten technischen Lastreduktionspotenzial<sup>21</sup>, denn jedes Lastreduktionspotenzial steht, wahrscheinlich mit höheren Kosten, auch als Lastverzichtspotenzial zur Verfügung. Die Schätzungen sind damit sehr wahrscheinlich konservativ.

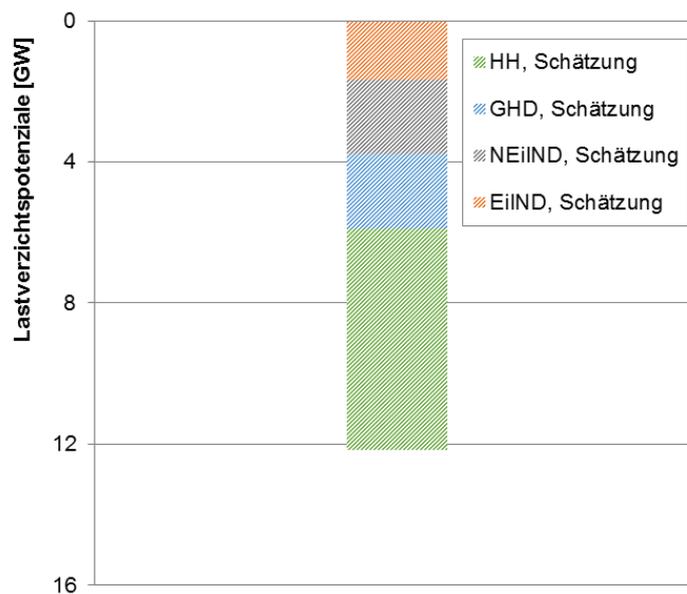
Die geschätzten Potenziale werden nicht in Kategorien eingeteilt. Der Grund hierfür ist zum einen, dass das Kriterium Verschiebedauer hier keinen Sinn ergibt. Zum anderen erachten die Autoren die Relevanz des Themas Lastverzicht auf absehbare Zeit für so gering, dass eine aufwändige Analyse der ohnehin spärlichen Datenlage nicht als zielführend angesehen wird.

<sup>20</sup> Lastreduktionspotenziale werden vor allem in Zeiten knapper Erzeugungskapazitäten eingesetzt. Sie haben deswegen im Kontext der Energiewende eine hohe Bedeutung.

<sup>21</sup> Das heißt, bis auf wenige Ausnahmen, bei denen explizite Angaben zum Lastverzicht vorlagen, ist das geschätzte technische Lastverzichtspotenzial gleich dem technischen Lastreduktionspotenzial. Die Aufsummierung erfolgte ohne Berücksichtigung der Kategorien der Tabelle 1.

Das Lastverzichtspotenzial wird demzufolge für Nordrhein-Westfalen auf ca. 12 GW geschätzt. Fast die Hälfte dieses Potenzials entfällt auf die Haushalte, knapp 4 GW entfallen auf die Sektoren energieintensive und nicht-energieintensive Industrie.

Zur Einordnung dieser Schätzung ist es sinnvoll, sie mit den Ergebnissen einer Studie von r2b zu vergleichen. r2b hat für Gesamtdeutschland 17,3 GW Lastverzichtspotenziale im produzierenden Gewerbe<sup>22</sup> geschätzt (r2b, 2014 S. 51). Skaliert man diesen Wert mit 0,3 bzw. 30% - einem Wert, der zwischen den Anteilen der Stromverbräuche der energieintensiven und der nicht-energieintensiven Industrie Nordrhein-Westfalens am jeweiligen Stromverbrauch in Gesamtdeutschland liegt – ergeben sich für Nordrhein-Westfalen 5,2 GW Lastverzichtspotenziale im produzierendem Gewerbe. Dies passt sehr gut zu dem oben – konservativ - geschätzten Wert der technischen Lastverzichtspotenziale in Höhe von 4 GW für die energieintensive und nicht-energieintensive Industrie.



**Abbildung 15: Lastverzichtspotenziale in NRW**

Zu den Potenzialen der Lasterhöhung (ohne Ausgleich) und der Sektorkopplung liegen in den untersuchten Studien keine Informationen vor. Die Autoren gehen jedoch davon aus, dass diese Potenziale vorerst in Nordrhein-Westfalen noch eher gering, also im Bereich 0 – 500 MW, sind. Da dieses Thema auch erst seit wenigen Jahren intensiver diskutiert wird, ist dies wenig verwunderlich.

### **Verbindung von technischen Lastmanagementpotenzialen und Wirtschaftsstruktur**

Die energieintensive Industrie, bestehend aus den Branchen „Herstellung von Holz-/Flecht-/Korb- und Korkwaren“, „Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus“, „Herstellung von chemischen Erzeugnissen“, „Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden“ und „Metallerzeugung und -bearbeitung“, ist in der wirtschaftsstrukturellen Analyse als potenziell besonders geeignet für Lastmanagement identifiziert worden.

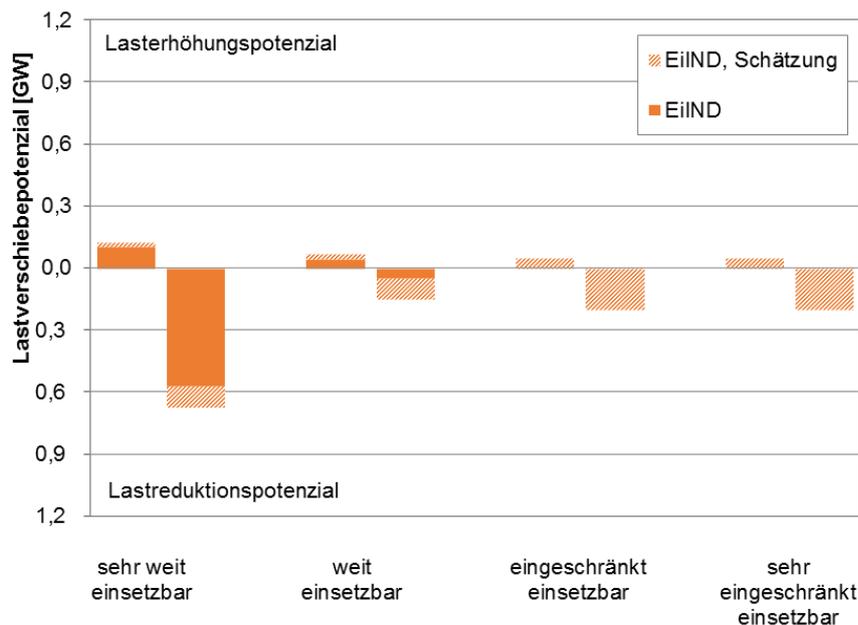
- In **Abbildung 16** sind die technischen Lastverschiebepotenziale der energieintensiven Industrie nochmal zusammenfassend dargestellt. Auffällig ist, dass die Angaben aus der Literaturanalyse sich auf die

<sup>22</sup> Das produzierende Gewerbe umfasst von den hier vorgestellten Sektoren die energieintensive und nicht-energieintensive Industrie und wenige Teile des GHD-Sektors.

Kategorien „sehr weit einsetzbar“ und „weit einsetzbar“ verteilen und überwiegend Lastreduktionspotenziale sind. Die energieintensive Industrie stellt damit sehr hochwertige Lastmanagementpotenziale in einem Bereich zur Verfügung. Deren Wertigkeit ergibt sich aus dem Kontext der Energiewende und dem oben genannten Systemwert in Zeiten knapper Erzeugungskapazitäten. Folgende Charakteristika zeichnen sie aus: Die in der Literatur analysierten Branchen und Prozesse sind überwiegend stromintensive Einzelprozesse wie die Stoffaufbereitung in der Papierindustrie, die Chlorelektrolyse, die Primäraluminiumgewinnung oder die Elektrostahlherstellung. Diese Prozesse sind meist gut ausgelastet und können von den restlichen Produktionsprozessen in einem Betrieb entkoppelt werden. Deswegen sind relativ hohe Abrufdauern und Verschiebedauern erzielbar.

- Aufgrund des optimierten 24/7-Betriebs können die genannten Prozesse ihre Last kaum noch erhöhen, sie dafür aber reduzieren.

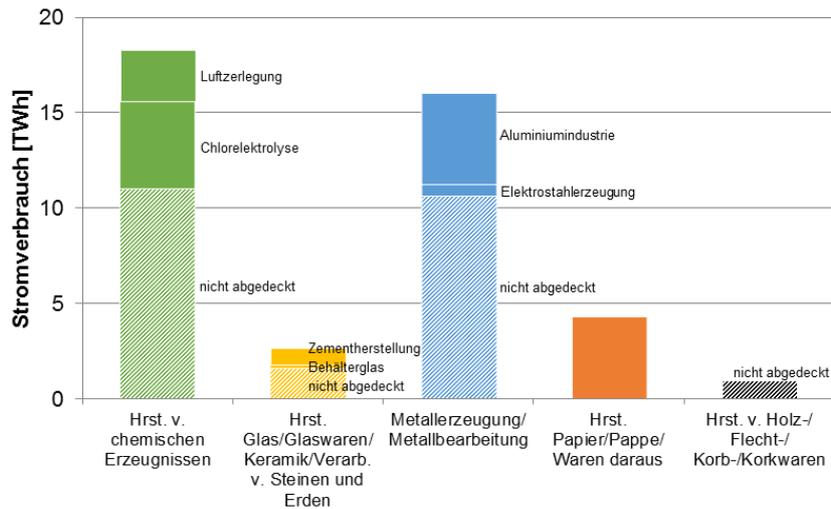
Von den aus der Literatursauswertung ermittelten Potenzialen in Nordrhein-Westfalen bieten die Primäraluminiumgewinnung, die Papier und Pappeherstellung und die Chlorelektrolysen besonders hohe Potenziale. Die Luftzerlegung und die Zementherstellung bieten ebenfalls nennenswerte Potenziale. Die Potenziale der Behälterglasindustrie und der Elektrostahlerzeugung sind in Nordrhein-Westfalen dagegen eher klein.



**Abbildung 16: Lastverschiebepotenziale in der energieintensiven Industrie in NRW**

Eine weitere Auffälligkeit in **Abbildung 16** ist, dass in allen Kategorien nennenswerte geschätzte Potenziale existieren. Die Gründe hierfür können mit Hilfe von **Abbildung 17** erklärt werden:

- Bis auf die Papier- und Pappeherstellung existieren in allen Branchen nennenswerte Stromverbräuche von Lasten, die in den ausgewerteten Studien nicht auf ihre Lastmanagementpotenziale hin untersucht wurden.
- Da der Fokus der Literatursauswertung auf besonders geeigneten Produktionsprozessen lag, gehen die Autoren davon aus, dass die restlichen Lasten weniger gut geeignet für Lastmanagement sind. Die für diese Lasten vorgenommenen Expertenschätzungen führen deswegen zu geringeren Potenzialen, die vorwiegend den Kategorien „eingeschränkt einsetzbar“ und „sehr eingeschränkt einsetzbar“ zugeordnet werden.



**Abbildung 17: Abdeckung der Literaturlauswertung der Lastmanagementpotenziale in der energieintensiven Industrie in NRW**

**Abbildung 18** zeigt die technischen Lastmanagementpotenziale in der nicht-energieintensiven Industrie. Im Gegensatz zur energieintensiven Industrie schätzen die Autoren die Lasterhöhungspotenziale der nicht-energieintensiven Industrie relativ hoch ein, mit einer Häufung in den Kategorien „sehr weit einsetzbar“ und „weit einsetzbar“. Die Lastreduktionspotenziale wiederum häufen sich in der Kategorie „eingeschränkt einsetzbar“ und „sehr eingeschränkt einsetzbar“. Die nicht-energieintensive Industrie kann somit vor allem Potenziale für Zeiten mit regenerativen Erzeugungsspitzen, die über den Strombedarf hinausgehen, zur Verfügung stellen. Die Lastreduktionspotenziale sind wegen der geringen Wertigkeit der Kategorien „eingeschränkt einsetzbar“ und „sehr eingeschränkt einsetzbar“ weniger interessant. Die Hintergründe dieser Schätzungen sind wie folgt:

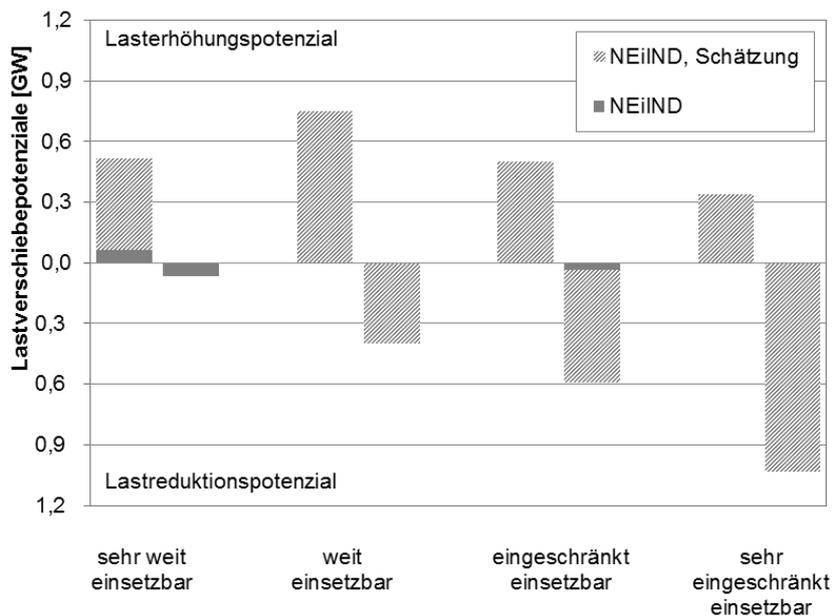
- Betriebe der nicht-energieintensiven Industrie verfügen häufig über zahlreiche Lasten, die mit nur relativ geringen Betriebsstunden eingesetzt werden. Diese Lasten sind – trotz Einschränkungen im Betriebsablauf – gut für Lasterhöhungen einsetzbar.
- Die Potenziale der Braunkohletagebaue werden als Potenziale der Kategorie „sehr weit einsetzbar“ (Lasterhöhung) bzw. „weit einsetzbar“ (Lastreduktion) eingeschätzt<sup>23</sup>. Zudem gehen die Autoren davon aus, dass auch die anderen Betriebe in der Branche „Gewinnung von Steinen und Erden“ Potenziale der Kategorien „sehr weit einsetzbar“ und „weit einsetzbar“ bieten.

Die Angaben bestehen fast vollständig aus Schätzungen, denn:

- Nur Studie 1 (DLR) enthält quantifizierte Angaben zu den Potenzialen der Kühlung in der Nahrungsmittelindustrie und zu Potenzialen der Lüftung von industriellen Gebäuden. Die nicht-geschätzten Angaben bauen auf diesen Daten auf (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), 2014).

<sup>23</sup> Bei allen Überlegungen zu den Flexibilitätsoptionen der Nachfrageseite ist deren Einordnung in den gesamt-energiewirtschaftlichen Zusammenhang notwendig. Dies gilt insbesondere für die Zukunft der Braunkohleverstromung und den damit zusammenhängenden Tagebauen. Über die technischen Herausforderungen der Witterung und Gebirgsmechanik hinaus verringert sich mit einer zunehmenden Durchdringung des Gesamtsystems mit Erneuerbaren Energien der Bedarf an der Braunkohleverstromung und damit an deren Abbau. Daher sollten die Potenziale, die in diesem Bereich gesehen werden, auf der Zeitschiene der Systemtransformation entsprechend eingeordnet und nicht überbewertet werden.

- Die Studie des UBA wiederum enthält die Aussage, dass die Raffinerien keine Lastmanagementpotenziale bieten. Zum Braunkohletagebau enthält die Studie des UBA die Aussage, dass hier nennenswerte Lastmanagementpotenziale bestehen, die aber hochgradig situationsabhängig (Witterung, Gebirgsmechanik) sind und nicht quantifiziert werden konnten (Umweltbundesamt, 2015 S. 154ff)<sup>24</sup>.



**Abbildung 18: Lastverschiebepotenziale in der nicht-energieintensiven Industrie in NRW**

### Entwicklungsdynamik der technischen Lastmanagementpotenziale

Die zusammengestellten technischen Lastmanagementpotenziale stellen eine Momentaufnahme für den Zeitraum 2015 - 2020 dar. Selbstverständlich unterliegen diese Potenziale einer Entwicklungsdynamik, die im Wesentlichen von folgenden Einflussfaktoren verursacht wird:

- Konjunkturelle Entwicklungen
- Technologische Entwicklungen
- Regulatorische Entwicklungen

Die Autoren haben für die Zwecke dieser Studie keine Untersuchung der kommenden konjunkturellen und technologischen Entwicklungen in den einzelnen Branchen vorgenommen und bewerten diese deswegen nicht<sup>25</sup>.

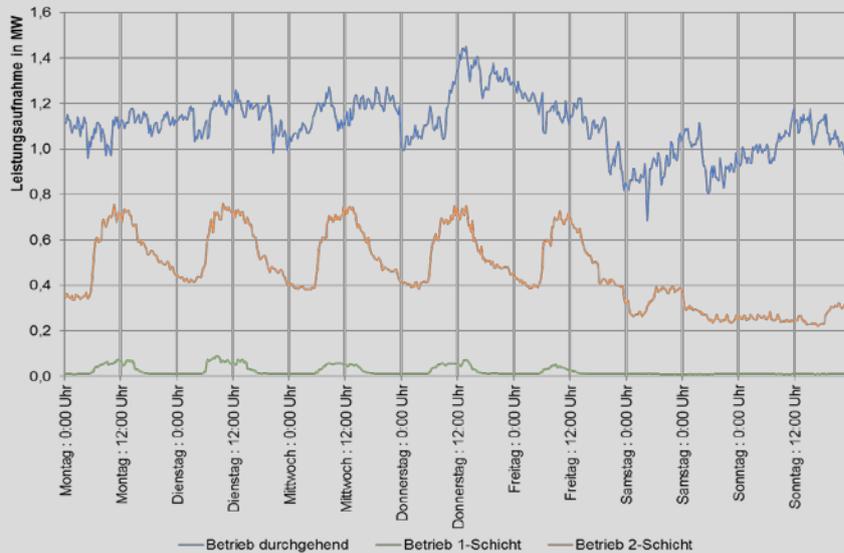
In Bezug auf die Sektorenkopplung möchten die Autoren hervorheben, dass hier derzeit an verschiedenen Stellen regulatorische Änderungen diskutiert werden<sup>26</sup>, die jeweils zu einem deutlichen Wachstum des technischen Lastmanagementpotenzials der Sektorenkopplung führen können.

<sup>24</sup> Siehe Fußnote 23.

<sup>25</sup> Die Autoren verweisen jedoch ausdrücklich darauf, dass Lastmanagementpotenziale der Nachtspeicheröfen und des Braunkohleabbaus im Zeitverlauf als Folge der Klimapolitik absehbar deutlich zurückgehen werden.

<sup>26</sup> Zum Beispiel die Einführung einer dynamischen EEG-Umlage, Änderungen der Stromsteuer oder Änderungen der Netzentgeltssystematik.

### Exkurs: Nutzung von Flexibilitäten in der Produktionsplanung von Betrieben der nicht-energieintensiven Industrie



**Abbildung 19: Darstellung der Lastgänge von drei Produktionsbetrieben während einer Woche**<sup>27</sup>

Die Abbildung zeigt die Lastverläufe einer Woche in drei Produktionsbetrieben.

- Ein erster Betrieb (blau) produziert rund um die Uhr an allen Wochentagen. Bei diesem Betrieb schwankt der Stromverbrauch meist nur unerheblich. Lediglich am Donnerstag ist der Stromverbrauch erhöht und am Samstag reduziert.
- Der zweite Betrieb (orange) produziert im Zwei-Schicht-Rhythmus an 5 Wochentagen. Auffällig ist hier, dass der Stromverbrauch immer um 6 Uhr morgens stark ansteigt und ab 12 Uhr bis 23 Uhr wieder absinkt. Offensichtlich werden die stromverbrauchenden Produktionsschritte in der ersten Schicht durchgeführt und dann in der zweiten Schicht weniger stromverbrauchende Produktionsschritte vollzogen. Auch nachts und am Wochenende wird signifikant Strom verbraucht.
- Im dritten Betrieb (grün) steigt der Stromverbrauch ebenfalls gegen 6 Uhr stark an und sinkt dann ab ca. 14 Uhr. Von ca. 14 bis 6 Uhr wird kaum Strom verbraucht.

Die Beispiele illustrieren die Situation in vielen Produktionsbetrieben der nicht-energieintensiven Produktion: Die Produktionsabläufe und damit die Stromverbräuche sind in ihrer zeitlichen Struktur deutlich ausgeprägt, aber weitgehend festgelegt. Die Festlegung der Produktionsabläufe geschieht typischerweise unter Beachtung zahlreicher Einflussfaktoren, wie zum Beispiel der Personalverfügbarkeit, der Verfügbarkeit von Vorprodukten oder der Logistik. Der Strompreis und sein zeitlicher Verlauf ist bisher ein kaum berücksichtigter Einflussfaktor.

Die Beispiele zeigen jedoch Gestaltungsmöglichkeiten in der Produktionsplanung auf, mit denen auf den Strompreis reagiert werden kann. So könnte zum Beispiel der dritte Betrieb seine Produktion im Sommer erst um 8 Uhr starten und damit mehr Strom in den preisgünstigen Zeiten zwischen 12 Uhr und 16 Uhr verbrauchen. Der zweite Betrieb könnte überlegen, ob er die stromintensiven Produktionsschritte in den Nachmittag verlagert. Ähnliche Flexibilitäten bestehen in vielen Produktionsbetrieben der nicht-energieintensiven Industrie.

<sup>27</sup> Quelle: BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH

### Kosten von Lastmanagementpotenzialen

Von den näher ausgewerteten Studien enthält nur die Studie des Umweltbundesamtes differenzierte Angaben über die Kosten von Lastmanagementpotenzialen. Dort wird unterschieden zwischen einmaligen Fixkosten, laufenden Fixkosten, Bereitstellungskosten und variablen Kosten:

- Die einmaligen Fixkosten sind aufzuwenden, um gegebene technische Lastmanagementpotenziale zu erschließen. Die Kosten fallen sowohl für organisatorische Umstellungen als auch für Investitionen in Schalt- und Steuerungstechnik an. In einer Investitionsrechnung müsste die Verschiedenartigkeit der Nutzungsdauern der aufgewendeten Investitionen berücksichtigt werden.
- Nach der Erschließung müssen die laufenden Fixkosten aufgewendet werden, um das einmal erschlossene Potenzial auch einsatzbereit zu halten. Diese laufenden Fixkosten fallen pro Jahr an.
- Daneben unterscheidet die Studie des UBA Bereitstellungskosten, die für die tageweise Bereitstellung der Lastmanagementpotenziale aufzuwenden sind.
- Die variablen Kosten fallen beim tatsächlichen Einsatz eines Lastmanagementpotenzials an und sind abhängig von der Strommenge, die Gegenstand des Lastmanagements ist.

**Tabelle 2: Übersicht über die Kostenangaben zu Lastmanagementpotenzialen in der UBA-Studie für ausgewählte Prozesse der energieintensiven Industrie**

	einmalige Fixkosten	laufende Fixkosten	Bereit- stellungs- kosten <sup>28</sup>	variable Kosten
	[€/MW]	[€/MW/a]	[€/MW/d]	[€/MWh]
<b>Chlor- elektrolyse</b>	50 - 769	<< 625	0 - 2.304	<< 316
<b>Elektro- stahlwerke</b>	167 – 1.071	<< 5.500	k. A.	<< 179
<b>Aluminium- elektrolyse/ Luftzerlegung</b>	370 - 20.833	<< 6.250	0	<< 350
<b>Glas- und Zement- industrie</b>	<< 12.500	<< 22.989 <sup>29</sup>	0 – 167	>> 6
<b>Papier- industrie</b>	<< 5.333	k. A.	0 – 175	<< 2.000

Die Kostenangaben in der UBA-Studie unterscheiden nicht zwischen Lastverzichtspotenzialen und Lastverschiebepotenzialen, allerdings wird angegeben, dass die hohen variablen Kosten zu Lastverzichtspotenzialen gehören (Umweltbundesamt, 2015 S. 25) und die Lastverschiebepotenziale überwiegend bis zu 500 €/MWh kosten. An anderer Stelle wird bei den Chlorelektrolysen angegeben, dass auch Lastverzichtspotenziale mit weniger als 316 €/MWh ver-

<sup>28</sup> In der UBA-Studie sind die Bereitstellungskosten differenziert nach Lastreduktionen und Lasterhöhungen angegeben. Typischerweise fallen deutlich höhere Bereitstellungskosten für Lasterhöhungen an, während sie für Lastreduktionen oft verschwindend gering sind.

<sup>29</sup> Zur Einordnung des sehr hohen Wertes der Glas- und Zementindustrie sei auf die Angabe in der UBA-Studie verwiesen, dass es sich möglicherweise um einen Ausreißer handelt.

gleichsweise geringe variable Kosten haben können (Umweltbundesamt, 2015 S. 118).

Interessant ist der Vergleich der Kostenangaben zum Lastverzicht in der UBA-Studie mit den Angaben von r2b (r2b, 2014 S. 51). Dort wird von 17 GW Lastverzichtspotenzialen berichtet. Davon haben 6,7 GW variable Kosten zwischen 300 €/MWh und 1.000 €/MWh – zu diesen gehören auch Branchen der energieintensiven Industrie. Weitere 4,3 GW der Lastverzichtspotenziale haben variable Kosten zwischen 1.000 €/MWh und 3.000 €/MWh. Der Rest der berichteten Lastverzichtspotenziale hat variable Kosten bis über 20.000 €/MWh.

Über Kosten von Lastmanagementpotenzialen in den Sektoren HH und GHD liegen den Autoren in den näher ausgewerteten Studien keine Angaben vor<sup>30</sup>.

Um die angegebenen Kosten des Lastmanagements einzuordnen, vergleichen die Autoren diese mit den Kosten von Spitzenlastgasturbinen, einer anderen kostengünstigen Flexibilitätsoption. Spitzenlastgasturbinen können sehr flexibel und schnell mehr oder weniger Strom produzieren und sie haben eine hohe Verfügbarkeit. Wenn eine Spitzenlastgasturbine ausschließlich Flexibilität anbietet, ist diese Flexibilität deswegen in der Wertigkeit mit Lastmanagementpotenzialen der Kategorie „sehr weit einsetzbar“ zu vergleichen. Selbstverständlich kann eine Spitzenlastgasturbine auch zur regulären Stromerzeugung eingesetzt werden.

Spitzenlastgasturbinen haben Investitionskosten in Höhe von ca. 500.000 €/MW. Bei einer technischen Lebensdauer von 20 Jahren und 5% Zinssatz entspricht dies einer Annuität von 41.100 €/MW/a. Die laufenden Fixkosten können bei selten eingesetzten Spitzenlastgasturbinen mit 2% der Investitionskosten angesetzt werden und betragen demnach 1.000 €/MWa. Die Einsatzkosten einer Spitzenlastgasturbine belaufen sich abhängig vom Gaspreis inklusive Netzentgelten auf 80 – 120 €/MWh.

Offensichtlich ist die Spitzenlastgasturbine bei den einmaligen Fixkosten deutlich teurer als die zitierten Kostenangaben für Lastmanagementpotenziale in der energieintensiven Industrie. Sie ist dafür aber mit 25 Jahren technischer Lebensdauer auch langlebiger als viele erschlossene Lastmanagementpotenziale. Bei den variablen Kosten ist der Vergleich zu differenzieren:

- Die variablen Kosten der Lastverschiebung sind mit 0 – 500 €/MWh ähnlich hoch oder höher als die variablen Kosten der Spitzenlastgasturbine.
- Die variablen Kosten des Lastverzichts sind mit mindestens 316 €/MWh und Spitzen von bis zu mehreren 1.000 €/MWh deutlich teurer als die Spitzenlastgasturbinen.

In der Gesamtabwägung von einmaligen und laufenden Fixkosten sowie von variablen Kosten können die folgenden Aussagen abgeleitet werden:

- Zumindest in der energieintensiven Industrie existieren Lastverschiebepotenziale mit ähnlicher Wertigkeit, die im Vergleich zu Spitzenlastgasturbinen kostengünstig Flexibilität anbieten können.
- Lastverzichtspotenziale in der Industrie haben überwiegend sehr hohe bis extrem hohe variable Kosten und sind deswegen nur bei sehr kurzen Einsatzdauern (Größenordnung: weniger als 30 Stunden<sup>31</sup>) pro Jahr kostengünstiger als Spitzenlastgasturbinen. Ein kleiner Teil der Lastverzichtspotenziale hat jedoch eher geringe variable Kosten und ist somit kostengünstig im Vergleich zu Spitzenlastgasturbinen.

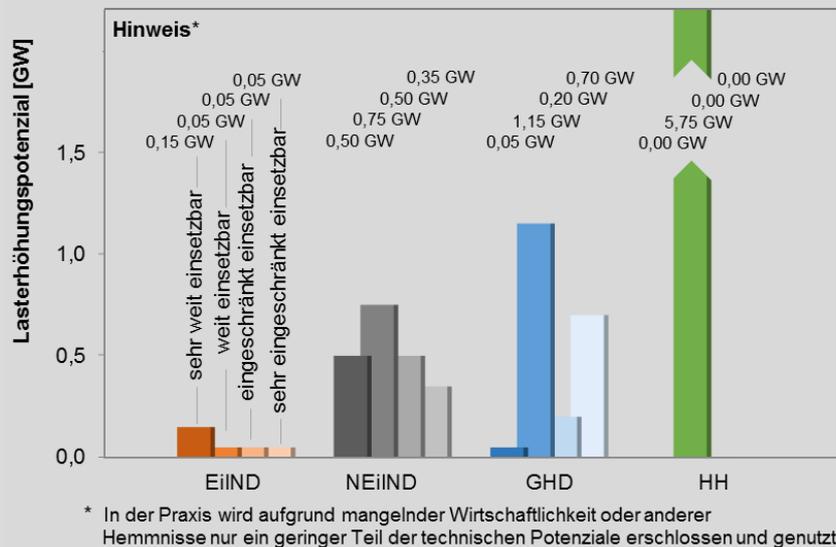
<sup>30</sup> Im Kapitel „Einordnung der nordrhein-westfälischen Lastmanagementpotenziale in die Weiterentwicklung des Energieversorgungssystems“ werden jedoch Annahmen anderer Studien für die Erschließungskosten im HH- und GHD-Sektor genannt. Diese reichen von 30.000-3.000.000 €/MW. Siehe dazu auch Seite 45.

<sup>31</sup> In dem Kapitel „Einordnung der nordrhein-westfälischen Lastmanagementpotenziale in die Weiterentwicklung des Energieversorgungssystems“ werden ähnliche Größenordnungen für die Nutzung der Lastverzichtspotenziale genannt. Siehe dazu Seite 46.

Über Kosten von Lastmanagementpotenzialen in den Sektoren HH und GHD liegen den Autoren in den näher ausgewerteten Studien keine Angaben vor<sup>32</sup>. Die Autoren weisen darauf hin, dass bei Kostenvergleichen in diesen Sektoren die überwiegend geringere Wertigkeit der Potenziale berücksichtigt werden muss. Zum Beispiel wäre ein Vergleich mit einer Spitzenlastgasturbine, deren Flexibilität eine sehr hohe Wertigkeit hat, nicht angemessen.

### Zwischenfazit

- Die Auswertung der Lastmanagementpotenziale mittels einer Literaturanalyse zeigt einen sehr unterschiedlichen Stand der Forschung über die Höhe der Potenziale. Relativ gut erforscht sind die Lastverschiebepotenziale der energieintensiven Industrie. Die größten Forschungslücken bestehen in der nicht-energieintensiven Industrie.
- Der Ansatz dieser Studie ist es, die Gesamtheit der Potenziale in den unterschiedlichen Sektoren zu bestimmen. Bei Forschungslücken haben die Autoren das Potenzial geschätzt. Die Genauigkeit der Angaben ist deswegen eingeschränkt.
- Die angegebenen technischen Potenziale beziehen sich auf den Zeitraum 2015 - 2020. Die Entwicklungsdynamik von technischen Lastmanagementpotenzialen ist abhängig von verschiedenen Einflussfaktoren. Besonders beim Braunkohleabbau (Teil der nicht-energieintensiven Industrie (NEiIND)) und bei den Nachtspeicherheizungen (Löwenanteil der Potenziale der Haushalte (HH)) sind mittel- bis langfristig deutliche Reduktionen der Potenziale schon jetzt absehbar.



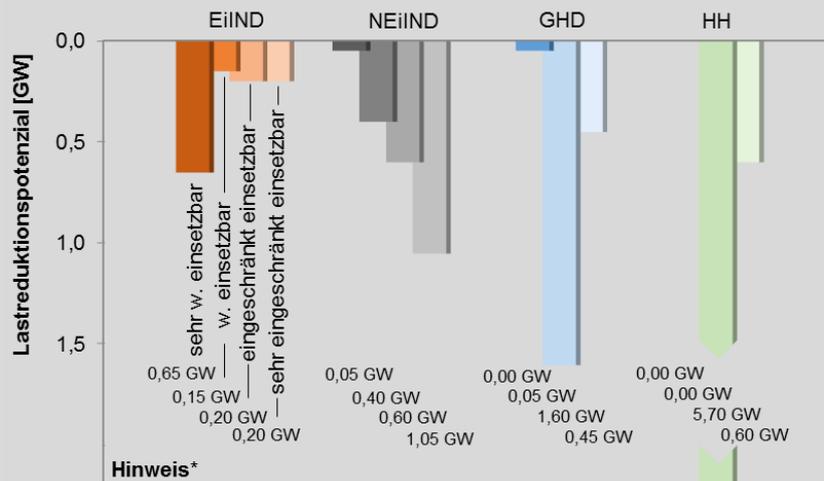
**Abbildung 20: Darstellung der technischen Lasterhöhungspotenziale nach Sektoren und Wertigkeitskategorien**

- Insgesamt betragen die technischen Lasterhöhungspotenziale in den Wertigkeitskategorien „sehr weit einsetzbar“ und „weit einsetzbar“ summiert 8,4 GW. Davon stammen 5,8 GW aus dem Bereich der privaten Haushalte. In den Wertigkeitskategorien „eingeschränkt einsetzbar“ und „sehr eingeschränkt nutzbar“ betragen die technischen

<sup>32</sup> Im Kapitel „Einordnung der nordrhein-westfälischen Lastmanagementpotenziale in die Weiterentwicklung des Energieversorgungssystems“ werden jedoch Annahmen anderer Studien für die Erschließungskosten im HH- und GHD-Sektor genannt. Diese reichen von 30.000 - 3.000.000 €/MW. Siehe Seite 45.

Lasterhöhungspotenziale 1,9 GW.

- Die technischen Lastreduktionspotenziale in den Wertigkeitskategorien „sehr weit einsetzbar“ und „weit einsetzbar“ betragen summiert 1,3 GW, davon entfällt der größte Teil auf die energieintensive Industrie. In den Wertigkeitskategorien „eingeschränkt einsetzbar“ und „sehr eingeschränkt einsetzbar“ betragen die technischen Lastreduktionspotenziale 10,4 GW.



\* In der Praxis wird aufgrund mangelnder Wirtschaftlichkeit oder anderer Hemmnisse nur ein geringer Teil der technischen Potenziale erschlossen und genutzt.

**Abbildung 21: Darstellung der technischen Lastreduktionspotenziale nach Sektoren und Wertigkeitskategorien**

- In der energieintensiven Industrie bestehen nennenswerte Lastreduktionspotenziale, die sehr weit einsetzbar sind (0,7 GW), und kleinere Lastreduktionspotenziale in den unteren Wertigkeitskategorien. Die Lasterhöhungspotenziale sind dagegen eher klein. Die bekannten Lastmanagementpotenziale stammen von den Prozessen Aluminiumelektrolyse, Papier- und Pappeherstellung, Chlorelektrolyse, Luftzerlegung und – in NRW in kleinem Umfang – der Elektrostahlerzeugung. Neben diesen bestehen aufgrund der Komplexität der Branchen noch zahlreiche weitere Prozesse, die bisher nicht auf ihre Lastmanagementpotenziale hin untersucht wurden.
- In der nicht-energieintensiven Industrie schätzen die Autoren, dass in den Qualitätskategorien „sehr weit einsetzbar“ und „weit einsetzbar“ vor allem nennenswerte Lasterhöhungspotenziale bestehen (1,3 GW). Die Lastreduktionspotenziale bestehen nach der Schätzung der Autoren vor allem in den Qualitätskategorien „eingeschränkt einsetzbar“ und „sehr eingeschränkt einsetzbar“ (1,7 GW).
- Im Bereich GHD lassen sich auf Basis vorhandener Studien nennenswerte Lastverschiebepotenziale der Qualitätskategorien „weit einsetzbar“ und „eingeschränkt einsetzbar“ ermitteln, die maßgeblich zurückgeführt werden können auf die Warmwasserbereitung und die elektrischen Speicherheizungen.
- Die Lastverschiebepotenziale in den privaten Haushalten sind im Vergleich zu den anderen Sektoren am größten. Dies ist zu etwas über

80% auf die Nachtspeicherheizungen<sup>33</sup> und die Warmwasserbereitung zurückzuführen<sup>34</sup>. Daneben bestehen Lastverschiebepotenziale bei den Umwälzpumpen und den klassischen Haushaltsanwendungen.

- Neben den Lastverschiebepotenzialen bestehen über alle Sektoren mit geschätzten 12,1 GW erhebliche Lastverzichtspotenziale.
- Aggregatoren können eine sehr wichtige Rolle bei der Erschließung von Lastmanagementpotenzialen und vor allem in der gebündelten Vermarktung übernehmen. Insbesondere Lastmanagementpotenziale der Wertigkeitskategorien „eingeschränkt einsetzbar“ und „sehr eingeschränkt einsetzbar“ benötigen Aggregatoren, die diese Lastmanagementpotenziale bündeln und dann energiewirtschaftlich sinnvoll vermarkten.
- Gebündelte Lastmanagementpotenziale können eine höhere Wertigkeit haben als die ungebündelten Lastmanagementpotenziale. Allerdings ist die Abrufleistung der gebündelten Lastmanagementpotenziale regelmäßig wesentlich kleiner als die Summe der Abrufleistungen der ungebündelten Lastmanagementpotenziale.
- Über die Kosten der Lastmanagementpotenziale ist wenig bekannt. Lastverzichtspotenziale haben regelmäßig sehr hohe variable Kosten über 500 €/MWh bis zu mehr als 20.000 €/MWh. Die variablen Kosten von Lastverschiebepotenzialen liegen im Bereich von 0 - 500 €/MWh und damit deutlich niedriger. Im Vergleich zu den Fixkosten einer Spitzenlastgasturbine sind die aufzuwendenden Fixkosten in der energieintensiven Industrie teilweise relativ gering.

---

<sup>33</sup> Bei der Beurteilung, wie weit die Technologien einsetzbar sind und zu welchem Zeitpunkt sie zum Einsatz kommen sollen, ist ein Blick auf die systemischen Herausforderungen notwendig. So müssen sich die Optionen zum Lastmanagement den Anforderungen des zukünftigen Energiemarktdesigns anpassen. Gerade bei der Frage nach der Zukunft der Nachtspeicherheizungen sollte eine kritische Betrachtung erfolgen.

<sup>34</sup> Die Autoren verweisen auf das Kapitel „Nutzung der identifizierten technischen Lastmanagementpotenziale“, in dem ausgeführt wird, dass diese Potenziale zurzeit wegen der fehlenden stundengenauen Bilanzierung nicht genutzt werden können. Daneben können sich bei der Nutzung dieser Potenziale auch Probleme der Systemstabilität ergeben, da die Nachtspeicherheizungen weit überwiegend auf der Niederspannungsebene angeschlossen sind und diese bei zu starker Gleichzeitigkeit der Ladezyklen schnell überlastet ist.

## Nutzung der identifizierten technischen Lastmanagementpotenziale

In diesem Kapitel wird analysiert, in welchem Umfang die bestehenden technischen Lastmanagementpotenziale bisher genutzt werden. Am Anfang dieser Untersuchung werden die verschiedenen Möglichkeiten der Nutzung aufgezeigt und dann je nach Sektor untersucht, welche Potenziale genutzt werden oder nicht.

Die Möglichkeiten der Nutzung von Lastmanagementpotenzialen sind unter anderem in der Studie des Umweltbundesamts umfangreich beschrieben. (Umweltbundesamt, 2015 S. 66ff). Diese Studie definiert Vermarktungsmöglichkeiten aus der Perspektive des Verantwortlichen einer Last, der das Lastmanagement auf unterschiedliche Weise nutzen kann, um Zusatzerlöse zu generieren bzw. die eigenen Strombezugskosten zu reduzieren. Konkret existieren nach der oben genannten Studie folgende Vermarktungsoptionen:

- **Der Regelleistungsmarkt:** Das Lastmanagement wird eingesetzt, um im Rahmen der Regelleistungsmärkte für Minutenreserve, Sekundärregelung und Primärregelung Erlöse zu erzielen. Damit trägt das Lastmanagement zur Frequenzhaltung durch die Übertragungsnetzbetreiber und so zum sicheren Betrieb des Stromversorgungssystems bei.
- **Die Systemdienstleistungen im Rahmen der Verordnung für Abschaltbare Lasten (AbLaV)**<sup>35</sup>: Übertragungsnetzbetreiber beschaffen sich die technische Möglichkeit, Lastreduktionen anzufordern, um Gefährdungen oder Störungen der Systemstabilität und Systemzuverlässigkeit<sup>36</sup> abzuwenden. Die AbLaV schafft den regulatorischen Rahmen für diese Beschaffung. Die Verordnung ist derzeit bis zum 30.09.2016 gültig.
- **Der Spotmarkt:** Die Vermarktung von Lastmanagementpotenzialen am Spotmarkt geschieht weitgehend in der Regie des Verantwortlichen einer Last, eventuell gemeinsam mit dem Lieferanten oder einem Dritten. Konkret wird mit dem Lastmanagement auf hohe oder tiefe Preise am Day-Ahead-Spotmarkt oder am Intraday-Spotmarkt reagiert. Besonders hohe Preise an diesen Märkten bedeuten eine Knappheit, die entweder bedingt ist durch eine geringe Stromerzeugung, z. B. wegen geringer Stromproduktion der Erneuerbare Energien-Anlagen und gleichzeitig einer hohen Nachfrage nach Strom. Umgekehrt sind sehr geringe – zum Teil negative Strompreise – ein Ausdruck von viel Stromerzeugung bei zu wenig Stromverbrauch. Wenn Lastmanagement am Spotmarkt vermarktet wird, leistet es somit unter anderem einen wichtigen Beitrag zur Integration der Erneuerbaren Energien in den Strommarkt.
- **Die Netzspitzenreduktion, individuelles Netzentgelt (atypische und intensive Netznutzung):** Bei diesen Nutzungsmöglichkeiten wird das Lastmanagement eingesetzt, um die Höhe der zu zahlenden Netzentgelte zu reduzieren. Hierbei ist die Netzspitzenreduktion von allen Lasten anwendbar, bei denen die Netzentgelte regulär abgerechnet werden. Bei den individuellen Netzentgelten handelt es sich demgegenüber um besondere Netzentgelte nach § 19 StromNEV, die nur anwendbar sind, wenn besondere Zugangskriterien erfüllt werden. Mit

<sup>35</sup> Verordnung zu abschaltbaren Lasten vom 28. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2998), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 16. Juni 2016 (BGBl. I S. 1359) geändert worden ist.

<sup>36</sup> Die Bewirtschaftung von Netzengpässen in den Übertragungsnetzen gehört zu den Maßnahmen, mit denen die Systemstabilität sichergestellt wird.

dieser Form von Lastmanagement werden netzwirtschaftliche Elemente des Energieversorgungssystems optimiert.

- **Der Bilanzkreisausgleich:** Wenn Lastmanagement zum Ausgleich des eigenen Bilanzkreises genutzt wird, dann handelt es sich um einen Beitrag zum zuverlässigen und damit sicheren Betrieb des Energieversorgungssystems, den die Lastverantwortlichen erbringen.

Diese Vermarktungsoptionen decken die derzeitigen Möglichkeiten der Nutzung von Lastmanagementpotenzialen weitgehend ab. In der Literatur werden zum Teil jedoch andere Begrifflichkeiten benutzt. Im „Handbuch Lastmanagement“ der DENA (Deutsche Energie-Agentur (dena), 2012 S. 22ff) wird zum Beispiel zwischen betrieblichem Spitzenlastmanagement, das der oben genannten Netzspitzenreduktion entspricht, und dem überbetrieblichem Lastmanagement unterschieden. Das überbetriebliche Lastmanagement umfasst die Teilnahme am Regelleistungsmarkt, den Bilanzkreisausgleich und den Stromhandel am Spotmarkt.

Eine zurzeit diskutierte Nutzungsform, die zukünftig relevant werden kann, ist die Bereitstellung lokaler Systemdienstleistungen zur Sicherstellung der Systemstabilität im Rahmen des EEG-Erzeugungsmanagements innerhalb von Verteilnetzen. Auch auf der Ebene der Übertragungsnetzbetreiber wird über weitere Instrumente im Zusammenhang mit der Systemstabilität, zum Beispiel Zuschaltungen betreffend, diskutiert. Da derartige Interaktionen zwischen Netzbetreibern und Lasten bisher nicht übliche Praxis sind, werden sie in dieser Studie aber nicht näher betrachtet.

#### **Exkurs: Netzentgeltsystematik**

**Reguläre Netzentgelte:** Im Normalfall bestehen die zu zahlenden Netzentgelte für leistungsgemessene Kunden aus einer Arbeitspreiskomponente und einer Leistungspreiskomponente. Die Arbeitspreiskomponente ist typischerweise kleiner als die Leistungspreiskomponente; sie ist das Produkt aus einem Arbeitspreis und der aus dem Netz entnommenen Arbeit. Die Leistungspreiskomponente ist im Jahrespreissystem das Produkt aus einem Leistungspreis und dem Maximum der Viertelstundendurchschnittswerte der entnommenen Arbeit. Um die regulären Netzentgeltzahlungen niedrig zu halten, optimieren Kunden ihren Verbrauch so, dass der Durchschnitts- und Maximalwert möglichst eng beieinander liegen. Sie ziehen also ihre Lastkurven glatt.

**Individuelles Netzentgelt wegen atypischer Netznutzung:** Eine atypische Netznutzung kann nach § 19 Abs. 2 Satz 1 StromNEV beantragt werden. Ein erfolgreicher Antrag führt zu einer erheblichen Absenkung insbesondere der Leistungspreiskomponente, wenn der Strombezug außerhalb vom Netzbetreiber vordefinierter Hochlastzeitfenster stattfindet. Die Hochlastzeitfenster gelten in einem Netzgebiet jeweils für ein Jahr und für alle Antragsteller nach § 19 Abs. 2 Satz 1 StromNEV gleichermaßen.

**Individuelles Netzentgelt wegen intensiver Netznutzung:** Eine intensive Netznutzung kann nach § 19 Abs. 2 Satz 2 StromNEV beantragt werden. Hier führt ein erfolgreicher Antrag zu einer erheblichen Absenkung der Netzentgeltzahlungen, wenn Strom sehr gleichmäßig über mehr als 7.000 Stunden im Jahr aus dem Netz entnommen wird. Auch hier optimieren sich die Abnehmer in Richtung möglichst stetiger Lastkurven.

**Tabelle 3: Übersicht über die derzeitige Nutzung von Vermarktungsmöglichkeiten**

Derzeitige Nutzung	
Regelleistungsmarkt	Aktive Teilnahme an der Minutenreserve und Sekundärregelleistung <sup>37</sup> Sektoren: energieintensive und nicht-energieintensive Industrie
VO Abschaltbare Lasten	Aktive Teilnahme ausgewählter Branchen <sup>38</sup> Sektoren: energieintensive Industrie (z.B. Primäraluminiumherstellung, Chlorelektrolysen)
Spotmarkt	Wenig Aktivität <sup>39</sup> Sektoren: -
Netzspitzenreduktion, atypische Netznutzung	Sehr aktive Optimierung der Netzentgelte durch Lastmanagement <sup>40</sup> Sektoren: Industrie, GHD
Bilanzkreisausgleich	Wenig Aktivität <sup>41</sup> Sektoren: -

**Tabelle 3** fasst den Status Quo der Nutzung von Lastmanagement in qualitativer Form zusammen. Folgende Schlussfolgerungen lassen sich aus der Tabelle ziehen:

- Die energieintensive Industrie vermarktet aktiv und in nennenswerter Größenordnung Lastmanagement im Rahmen der Regelleistungsmärkte und im Rahmen der Verordnung über abschaltbare Lasten.
- Eine sehr aktive Nutzung von Vermarktungsmöglichkeiten in mehreren Sektoren findet bisher nur bei der Optimierung der Netzentgelte statt. Der Hintergrund hierfür sind hohe Erträge und die relativ langfristige Planbarkeit des nötigen Lastmanagements, da die Einflussfaktoren der

<sup>37</sup> Die Teilnahme an den Märkten für Minutenreserve (2.353 MW positive MRL; 2.101 MW negative MRL, Stand 18.2.2016) und Sekundärregelleistung (1.979 MW positive SRL, 2.054 MW negative SRL, Stand 18.2.2016) ist insbesondere im Bereich Lastmanagement nicht transparent, da Lastmanagementpotenziale über Aggregatoren an diesen Märkten teilnehmen. Die Autoren schätzen eine Teilnahme von wenigen 100 MW Lastreduktions- bzw. Lastverzichtspotenzialen an den Märkten für positive Regelleistung. An den Märkten für negative Regelleistung nehmen zunehmend Elektrokessel, also Potenziale der Sektorenkopplung, teil.

<sup>38</sup> Gemäß Bericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag sind für die Ausschreibungen 1.444 MW präqualifiziert (Bundesregierung, 2015).

<sup>39</sup> Über die Teilnahme von Lastmanagementpotenzialen am Spotmarkt (Day-Ahead / Intraday) gibt es keine öffentlich verfügbaren Informationen. Die Autoren stützen ihre Einschätzung auf die Beratungserfahrung von BET im Bereich Stromvertrieb und Energiebeschaffung. Hier wird regelmäßig festgestellt, dass die derzeit historisch sehr geringe Volatilität der Strompreise nicht ausreichend ist, um Lastmanagementpotenziale wirtschaftlich zu erschließen und zu nutzen.

<sup>40</sup> Der Evaluierungsbericht der Bundesnetzagentur berichtet von 2.002 Vereinbarungen über atypische Netznutzung nach § 19 Abs. 2 Satz 1 StromNEV (atypische Netznutzung) aus den Bereichen Konsumgüter, Lebensmittel, Tierzucht und soziale Einrichtungen wie Krankenhäusern und Pflegeheimen. Dazu kommen 300 Vereinbarungen nach § 19 Abs. 2 Satz 2 StromNEV (stromintensive Netznutzung) aus überwiegend der energieintensiven Industrie (Bundesnetzagentur, 2015). Sowie unzählige Betriebe aus den Sektoren GHD und Industrie, die Lastmanagement zur Spitzenlastreduktion durchführen.

<sup>41</sup> Siehe dazu den Hinweis zu den Spotmärkten. Zukünftig könnte sich durch eine stärkere Sanktionierung von Bilanzkreisuntreue eine intensivere Nutzung von Lastmanagement ergeben.

Netzentgeltstruktur im Voraus bekannt sind und sich typischerweise nur jährlich ändern.

- Der Spotmarkt wird bisher nur sehr wenig für die Vermarktung von Lastmanagementpotenzialen genutzt. Er ist jedoch der zentrale Marktplatz, auf dem der größte Teil des Stromes gehandelt wird.
- Lastmanagementpotenziale in den Haushalten werden bisher in keiner Vermarktungsform vermarktet<sup>42</sup>.

Obwohl **Tabelle 3** nur qualitative Aussagen enthält, ist die Schlussfolgerung zulässig, dass bisher große Teile des technischen Lastmanagementpotenzials nicht erschlossen sind. Dies gilt insbesondere für die Potenziale der Haushalte aber auch für den Sektor GHD und die nicht-energieintensive Industrie. Die Gründe hierfür sind in zahlreichen Veröffentlichungen zum Thema Lastmanagement und auch im Grünbuch „Strommarktdesign“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie dargelegt worden (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015a S. 21ff).

Anstatt diese Hemmnisse isoliert zu betrachten, untersuchen die Autoren die Lastmanagementpotenziale in **Tabelle 4** nach Sektoren differenziert auf ihre jeweiligen Herausforderungen und ihren Entwicklungsstand.

**Tabelle 4: Übersicht über Gründe für die Nicht-Erschließung von technischen Lastmanagementpotenzialen**

Sektor	Hemmnisse
Energieintensive Industrie	<p><b>Herausforderung:</b> Erschließung der großen und gut geeigneten Lastmanagementpotenziale bei gleichzeitiger Minimierung der Auswirkungen auf die hochkomplexen Industrieprozesse</p> <p><b>Entwicklungsstand:</b> Lastmanagementpotenziale in einigen Sub-Branchen werden in Vermarktungsoptionen mit hohem Erlöspotenzial (Regelenergie, abschaltbare Lasten) genutzt. In vielen anderen Sub-Branchen sind Lastmanagementpotenziale aber noch überhaupt nicht analysiert.</p> <p><b>Hemmnisse:</b> Netzentgeltstruktur (insbesondere § 19 Abs. 2 StromNEV) ist hinderlich für Vermarktung am Spotmarkt.<sup>43</sup></p>

<sup>42</sup> Die Nutzung des § 14a EnWG durch steuerbare Verbrauchseinrichtungen wie Wärmepumpen oder Elektroautos wurde aufgrund der faktisch kaum stattfindenden Steuerung nicht als Vermarktung von Lastmanagementpotenzialen aufgenommen, auch wenn die eingeräumte Netzentgelt-ermäßigung eine erhebliche Erlösquelle bzw. eine Option zur Stromkostensenkung ist.

<sup>43</sup> Anders als in der Vermarktung auf dem Spotmarkt sind in Leitfäden der BNetzA zum Regelenergiemarkt und in der Verordnung für Abschaltbare Lasten klare Regelungen enthalten, so dass die Netzentgeltstruktur kein oder nur ein kleineres Hemmnis für eine Vermarktung von Lastmanagementpotenzialen darstellt.

Sektor	Hemmnisse
Nicht-energieintensive Industrie	<p><b>Herausforderung:</b> Erschließung der mittelgroßen und häufig mit vielen Einschränkungen versehenen Lastmanagementpotenziale bei hoher Komplexität des Sektors</p> <p><b>Entwicklungsstand:</b> Erste Forschungsprojekte und Pilotprojekte beschäftigen sich mit Lastmanagement in Fabriken.<sup>44</sup></p> <p><b>Hemmnisse:</b> Optimierung der Netzentgeltzahlungen ist aktuell meist ökonomischer als Vermarktung am Spotmarkt.</p>
GHD	<p><b>Herausforderung:</b> Kostengünstige Erschließung kleiner Lastmanagementpotenziale mit wahrscheinlich etwas höherer technischer Komplexität als im Sektor Haushalte</p> <p><b>Entwicklungsstand:</b> Kaum Pilotversuche bei Standardlastprofil (SLP) GHD-Kunden, Pilotprojekte im größeren Gewerbe</p> <p><b>Hemmnisse:</b> Für den größten Teil kein Massenmarkt möglich, weil das SLP-Verfahren Nutzungsmöglichkeiten unterbindet. Regulatorische Voraussetzungen bei der Bilanzierung / Abrechnung fehlen.<sup>45</sup></p>
Haushalte	<p><b>Herausforderung:</b> Kostengünstige Erschließung vieler, (sehr) kleiner Lastmanagementpotenziale</p> <p><b>Entwicklungsstand:</b> Pilotversuche mit Virtuellen Kraftwerken und Einzeltechnologien (smarte Haushaltsgeräte, Steuerung von Nachtspeicherheizungen<sup>46</sup> / Wärmepumpen). Erste Ansätze zur Standardisierung der Steuerung der Lastmanagementpotenziale</p> <p><b>Hemmnisse:</b> (Noch) kein Massenmarkt möglich, weil passende regulatorische Voraussetzungen bei der Bilanzierung / Abrechnung fehlen<sup>47</sup>.</p>

Der Entwicklungsstand der Lastmanagementpotenziale ist demzufolge in den einzelnen Sektoren sehr verschieden, wobei die Gründe hierfür die sehr unterschiedlichen Herausforderungen innerhalb der Sektoren und die jeweils beschriebenen Hemmnisse sind.

Zentrale Hemmnisse für eine Vermarktung am Spotmarkt sind die Netzentgeltstruktur und die fehlende individuelle zeitvariable Bilanzierung und Abrechnung in den Sektoren Haushalte und GHD. Die Bundesregierung hat im Weißbuch angekündigt, die Netzentgeltstruktur zu überprüfen und die Netzentgelte nach § 19 StromNEV für Lastflexibilität zu öffnen (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2015b S. 70ff). Mit der

<sup>44</sup> Siehe zum Beispiel das Projekt „Happy Power Hour“ der Bergischen Universität Wuppertal oder das Projekt „POLAR: Produktionsanlagen mit intelligentem Last- und Energiemanagement“ der RWTH Aachen.

<sup>45</sup> Siehe Fußnote 47 zu den Haushalten.

<sup>46</sup> Gerade im Bereich der Nutzung und Nutzbarmachung von bestehender Infrastruktur wie Nachtspeicherheizungen ist kritisch zu prüfen, ob diese Technologie unter veränderten Rahmenbedingungen in einem System, das auf volatile Erneuerbare Energien ausgerichtet ist, weiterhin zur Verfügung stehen werden. Auch die Klimaverträglichkeit und die ökonomische Vertretbarkeit sollten für den Einsatz als systemdienliche Flexibilitätsoption eine Rolle spielen.

<sup>47</sup> Bisher werden alle Letztverbraucher mit weniger als 100 MWh/a Stromverbrauch nach sogenannten Standardlastprofilen (SLP) bilanziert. Das Gesetz über die Digitalisierung der Energiewende sieht den Einbau intelligenter Messsysteme bei verschiedenen Gruppen von Verbrauchern mit Verbräuchen unter 100 MWh/a als Möglichkeit bzw. mit langen Übergangsfristen verpflichtend vor. Bei Letztverbrauchern mit solchen intelligenten Messsystemen werden die Möglichkeiten der Bilanzierung mit Hilfe einer sogenannten Zählerstandsgangmessung deutlich verbessert. Diese Zählerstandsgangmessung wird die Abrechnung stündlich variierender Strompreise möglich machen.

fortschreitenden Digitalisierung der Energiewirtschaft, unter anderem flankiert durch das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende, ist zu erwarten, dass die Voraussetzungen für die zeitvariable Bilanzierung und Abrechnung in den Sektoren Haushalte und GHD verbessert werden.

Neben diesen Punkten ist ein zentraler Hemmschuh für die Erschließung der Lastmanagementpotenziale mit dem Blick auf eine Vermarktung am Spotmarkt die aktuell geringe Volatilität der Strompreise<sup>48</sup>. Aufgrund dieser geringen Preisschwankungen sind die Erlösmöglichkeiten für Lastmanagement am Spotmarkt derzeit sehr begrenzt.

#### Zwischenfazit

- Lastmanagementpotenziale können in verschiedener Art bzw. auf verschiedenen Segmenten des Strommarktes vermarktet werden. Zurzeit nutzt die größte Zahl der Akteure Lastmanagement zur Optimierung der Netzentgeltzahlungen. Eine kleine Zahl von Akteuren (insbesondere der energieintensiven Industrie) nutzt die Möglichkeiten der Abschaltverordnung (AbLaV) und der Regelenergiemärkte.
- Die Entwicklungsstände und Herausforderungen in den einzelnen Sektoren sind sehr unterschiedlich. Am weitesten fortgeschritten sind Teile der energieintensiven Industrie, die bisher schon aktiv kurzfristiges Lastmanagement im Rahmen der AbLaV und der Regelenergiemärkte durchführen. Bei den privaten Haushalten und weiten Teilen des GHD-Sektors bestehen zurzeit unüberwindbare Hemmnisse für Lastmanagement durch die fehlende Möglichkeit einer stundengenauen Bilanzierung und damit dem fehlenden Nutzen für den Endverbraucher.
- Die derzeit historisch geringe Volatilität der Strompreise am Spotmarkt ist ein wesentliches Hemmnis für die Vermarktung von Lastmanagement am Spotmarkt.
- Die Bundesregierung plant in nächster Zeit mehrere Maßnahmen, um bisher bestehende, wesentliche Hemmnisse für die Nutzung von Lastmanagementpotenzialen am Spotmarkt abzubauen. Dies betrifft insbesondere Änderungen bei den Netzentgelten und Änderungen bei den Möglichkeiten der Bilanzierung und Abrechnung von SLP-Kunden in den Sektoren GHD und Haushalte.

---

<sup>48</sup> Etwas differenzierter ist die Volatilität am Day-Ahead Strommarkt sehr gering, während sie am Intraday-Markt vereinzelt, in kurzen Zeiträumen von mehreren Stunden, relativ hoch sein kann.

## Einordnung der nordrhein-westfälischen Lastmanagementpotenziale in die Weiterentwicklung des Energieversorgungssystems

Für die Einordnung der künftig genutzten Lastmanagementpotenziale haben die Autoren diejenigen Studien näher analysiert, die im Rahmen der Erstellung des Weißbuches des BMWi „Ein Strommarkt für die Energiewende“ ausgearbeitet wurden<sup>49</sup>. Zusätzlich wurde eine Metastudie (Elsner, et al., 2015) zur langfristigen Perspektive und Bedeutung des Lastmanagements analysiert.

Da es sich bei den betrachteten Veröffentlichungen maßgeblich um Studien zum zukünftigen Marktdesign und dessen Funktionsfähigkeit mit Gewährleistung der Versorgungs- und Systemsicherheit handelt, wird insbesondere der Bedarf und Beitrag von flexiblen Erzeugungsanlagen und Flexibilitätsoptionen untersucht. Im Sinne der versorgungssichernden Funktion des künftigen Strommarktdesigns sind Situationen mit Leistungsengpässen deutlich kritischer als Situationen mit Leistungsüberschüssen. Eine Möglichkeit, den Leistungsengpässen entgegenzuwirken, besteht in der Reduktion des Verbrauchs, der über Lastreduktion bzw. Lastverzicht erfolgen kann. Lastmanagement ist hierbei eine Flexibilitätsoption unter vielen, die mit anderen Optionen in Konkurrenz steht. In Bezug auf die Nutzung der Lastmanagementpotenziale wird daher bei den betrachteten Veröffentlichungen vor allem auf Lastreduktionen abgestellt, weniger auf Lasterhöhungen. Letztere helfen vielmehr der ökologisch sinnvollen Nutzung von ansonsten überschüssigem Strom, sofern der regenerativ erzeugte Strom beispielsweise zu den Industriestätten transportiert werden kann.

Die meisten dieser Studien enthalten qualitative Aussagen. Sie betonen zwar die besondere Bedeutung des Lastmanagements, insbesondere in einem Energy-Only-Market (EOM), und geben auch Ratschläge, welche bestehenden Hemmnisse zur stärkeren Nutzbarmachung von Lastmanagementpotenzialen abgebaut werden sollen. Das Lastmanagement an sich wird allerdings wenig hinsichtlich seiner unterschiedlichen Arten und Qualitäten (bspw. hinsichtlich Abrufgeschwindigkeit, Verschiebedauer, max. Zeitdauer zwischen zwei Aufrufen, etc.) differenziert, auch werden die erforderlichen erschlossenen Lastmanagementpotenziale im Zeitablauf kaum analysiert.

Lediglich die Studien (Frontier Economics, 2014) und (r2b, 2014) quantifizieren die künftigen genutzten Lastmanagementpotenziale mit Hilfe von Modellierungen des Strommarktes bis 2030/2035. Die Ergebnisse der beiden Studien werden nachfolgend dargestellt.

Die Studie (r2b, 2014) kommt zu dem Ergebnis, dass unabhängig von den analysierten Szenarien die Versorgungssicherheit bis zum Jahr 2030 sowohl mit als auch ohne Nutzung von Lastreduktionsmaßnahmen gegeben ist<sup>50</sup>. In den Szenarien, die die Nutzung von Lastreduktion erlauben, kommt es tatsächlich zu einem vergleichsweise geringen Einsatz, gemessen an den wirtschaftlichen bzw. technischen Potenzialen. In 2020 werden 500 - 700 MW der Lastreduktionspotenziale bei Kosten bis zu 100 €/MWh genutzt. Der Umfang der tatsächlich genutzten Lastreduktionspotenziale steigt bis 2030 auf 3.500 - 4.200 MW an. Die variablen Kosten für diese Kapazitäten steigen bis auf 500 €/MWh an. Betrachtet

<sup>49</sup> (Connect Energy Economics, Consentec, Fraunhofer ISI, r2b, 2015); (Frontier Economics, Consentec, 2014); (r2b, 2014), (Connect Energy Economics, 2014), (Frontier Economics, 2014), (Consentec, r2b, 2015)

<sup>50</sup> „Nur bei der ‚hypothetischen‘ Sensitivitätsanalyse ohne Berücksichtigung von verfügbaren Lastmanagementpotenzialen (sowohl in Deutschland als auch im europäischen Ausland) kommt es erstmalig im Jahr 2030 zu unfreiwilligen Rationierungen von Verbrauchern (bei einem unterstellten ‚price cap‘ von 15.000 € je MWh). Das Ausmaß dieser unfreiwilligen Rationierungen im Jahr 2030 beschränkt sich auf zwei Stunden, in denen Verbraucher mit einer Leistung von lediglich rund 500 MW abgeschaltet werden.“ (r2b, 2014 S. 69)

werden in der Studie die Lastreduktionspotenziale, die im produzierenden Gewerbe (also gemäß der hier angewandten Terminologie des Sektors der energieintensiven und nicht-energieintensiven Industrie) bereitgestellt werden können. Unter Lastreduktionspotenzialen werden hier sowohl die Lastverschiebepotenziale mit späterer Nachholung der Produktion, als auch die Lastverzichtpotenziale, d.h. ohne eine spätere Nachholung der Produktion verstanden. Hierfür werden zunächst konservative Abschätzungen der erschließbaren Potenziale für unterschiedliche Stützjahre vorgenommen. Insgesamt wurde ein technisches Potenzial im produzierenden Gewerbe von 17 GW abgeschätzt, wobei in 2014 lediglich 20% hiervon wirtschaftlich erschließbar sind. Bis 2020 wächst der wirtschaftlich erschließbare Anteil auf 5,4 GW und steigt bis 2030 auf 10,7 GW, sofern sich Preisspitzen am Strommarkt bis zu 10.000 €/MWh zeigen. Die wirtschaftlich erschließbaren Potenziale liegen damit deutlich über den tatsächlich genutzten Lastreduktionspotenzialen, zumindest bzgl. der erschlossenen Leistung. In Bezug auf die tatsächlich abgerufenen Megawattstunden Lastreduktion und damit die Auslastung der genutzten Lastreduktionspotenziale gibt die Studie keinen Aufschluss.

In dem Bericht von Frontier Economics (Frontier Economics, 2014) werden die Lastmanagementpotenziale im Vergleich zur r2b-Studie differenzierter betrachtet. Zum einen werden die Potenziale der Sektoren Industrie, GHD und Haushalte getrennt. Weiterhin erfolgt eine Differenzierung in Lasterhöhung und -reduktion, wobei auch hier die besondere Bedeutung der (kurzfristigen) Lastreduktion zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit betont wird und im Fokus der Analyse steht. Die Lastreduktion wird ferner unterteilt in den Lastverzicht, der vornehmlich im industriellen Sektor vorgenommen wird und die Lastreduktion mit Verbrauchsnachholung, die im Sektor GHD und bei den Haushalten stattfindet.

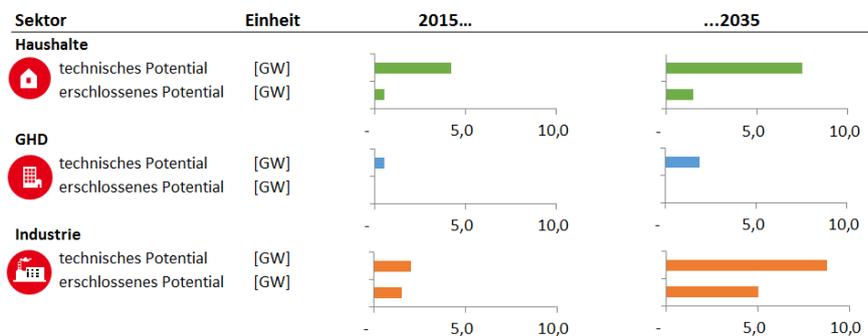
Die Annahmen der Studie von Frontier Economics zu den Kosten und den technischen Potenzialen des Lastmanagements sind sehr differenziert:

- Für den Sektor der privaten Haushalte werden ausschließlich Lastverschiebepotenziale mit Investitionskosten zwischen 30.000 - 3.000.000 €/MW angenommen. Für die Nutzung ist die Installation eines Smart Meters und einer Steuerungsbox erforderlich. Die große Spreizung der Investitionskosten ist durch die jeweils betrachtete Technologie zum Lastmanagement begründet. Während batteriebetriebene Fahrzeuge vergleichsweise günstig erschlossen werden können, liegen die einmaligen Aufwendungen zur Erschließung von beispielsweise Umwälzpumpen deutlich höher. Weitere Abrufkosten (fixe und variable Betriebskosten) werden bei der Nutzung dieser Potenziale von Frontier Economics nicht angesetzt. Das technische Lastmanagementpotenzial (mit Fokus auf die Lastreduktion) wird für 2015 auf 4,2 GW abgeschätzt, wobei bereits 0,5 GW hiervon erschlossen wurden. Bis 2035 unterstellt die Studie eine Ausweitung des technischen Lastreduktionspotenzials auf 7,5 GW.
- Im GHD-Sektor werden ebenfalls nur Lastverschiebepotenziale mit Investitionskosten von 50.000 - 1.400.000 €/MW unterstellt. Auch hier ergibt sich die Spreizung durch die jeweils betrachtete Technologie bzw. Prozess und seiner (Leistungs-) Größe. Auch im GHD-Sektor werden keine weiteren Abrufkosten für die Modellierung angenommen. Für die Modellierung der zu erschließenden Lastreduktionspotenziale geht die Studie von einem technischen Potenzial von 0,5 GW in 2015 aus, das bis 2035 auf 1,9 GW ansteigt.
- Im Sektor der Industrie werden Lastverzichtsmaßnahmen mit Investitionskosten von 10.000 €/MW angenommen. Zusätzlich werden jährliche Fixkosten von 1.000 €/MW für alle Anwendungen und prozessspezifische variable Betriebskosten zwischen 500 - 8.000 €/MWh angenommen. Die variablen Betriebskosten variieren zudem über die betrachteten vier Szenarien. Das technische Potenzial wird in 2015 mit

2,0 GW angenommen und wächst bis 2035 je nach Szenario auf 3,7 - 8,8 GW.

In der Studie von Frontier Economics werden vier unterschiedliche Szenarien analysiert, die sich hinsichtlich der verfügbaren Lastmanagementpotenziale und der maximal zulässigen Preise am Strommarkt und in der Konsequenz der Nutzbarmachung der technischen Potenziale unterscheiden. Hinsichtlich der Potenzialerschließung und der Abrufmengen unterscheiden sich die Modell-ergebnisse in den Szenarien allerdings wenig.

- Im Haushaltsbereich erfolgt eine Ausweitung der erschlossenen Lastverschiebepotenziale von 0,5 GW in 2015 auf 1,5 GW in 2035. Die in 2015 bereits genutzten Lastmanagementpotenziale konzentrieren sich auf Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen. Danach werden vor allem die kostengünstigen Potenziale mit Kosten ab 30.000 €/MW erschlossen<sup>51</sup>. Die Abrufmengen steigen von 7 TWh (2015) auf 12 TWh (2035) - es findet in vielen hundert Stunden des Jahres Lastmanagement statt. Die Erklärung hierfür sind die geringen variablen Kosten der erschlossenen Potenziale.
- Das Lastverschiebepotenzial im Sektor GHD hat nach den Analysen keine Bedeutung. Es wird nicht erschlossen.
- Im Sektor der Industrie wird das Lastverzichtspotenzial von 1,5 GW in 2015 auf 5 GW in 2035 ausgeweitet. Die Abrufmengen steigen in den verschiedenen Szenarien von 0 MWh im Jahr 2015 auf 24 - 30 GWh in 2035 – das erschlossene Potenzial wird also nur in wenigen Stunden pro Jahr genutzt.



**Abbildung 22: Entwicklung der Lastreduktionspotenziale nach Sektoren gemäß der Analyse von Frontier Economics, 2014, grafische Umsetzung durch BET**

Die Studien von r2b und Frontier Economics haben als gemeinsames Ergebnis, dass der Umfang der zukünftig genutzten Lastverzichtspotenziale (im industriellen Sektor) vorerst gering ist und erst mit der Perspektive 2030 ansteigt. Während r2b von etwa 4 GW bis 2030 ausgeht, ermittelte Frontier Economics ein erschlossenes Potenzial von 5 GW in 2035. Die Studie von Frontier Economics sieht als zusätzliches Ergebnis die Nutzung von kostengünstigen Lastverschiebepotenzialen deutlich vor 2035. Auch in diesem Bereich sind die erschlossenen Abrufleistungen mit 1,5 GW in 2015 und 5 GW in 2035 im gesamten Bundesgebiet im Vergleich zu den identifizierten technischen Lastmanagementpotenzialen gering. Das heißt, dass nur sehr preisgünstige Lastverschiebepotenziale erschlossen werden.

<sup>51</sup> Da im GHD-Sektor keine Lastmanagementpotenziale erschlossen werden und für diese Erschließungskosten ab 50.000 €/MW angenommen werden, kann indirekt gefolgert werden, dass nur Lastmanagementpotenziale bis 50.000 €/MW Erschließungskosten im Haushaltsbereich nutzbar gemacht werden.

Trotz der noch mittelfristig vergleichsweise geringen Erschließung von Lastmanagementpotenzialen weisen beide oben ausgewerteten Studien ab 2030 eine zunehmende Nutzbarmachung der Potenziale aus.

Um die Entwicklung der erschlossenen Lastmanagementpotenziale langfristig einschätzen zu können, wurde zusätzlich die Studie „Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050: Technologien – Szenarien – Systemzusammenhänge“<sup>52</sup> näher betrachtet. Im Rahmen dieser Studie wurden verschiedenste Energieszenarien für die Stromversorgung aus Erneuerbaren Energien für 2050 gebildet. Ausgehend von den Erzeugungszeitreihen wurden Residuallastkurven für Deutschland abgeleitet. Auf deren Basis wurde analysiert, welche Flexibilitätsoptionen<sup>53</sup> sinnvoll herangezogen werden müssten, um Stromerzeugung und Stromnachfrage stets auszugleichen. Ziel war es dabei, das Gesamtsystem im Sinne einer Minimierung der durchschnittlichen Stromgestehungskosten ökonomisch zu optimieren. Neben den Modellrechnungen wurden die einzelnen Flexibilitätsoptionen auch einer interdisziplinären Bewertung (Technologieparameter, gesellschaftliche Akzeptanz, Materialverfügbarkeit und rechtliche Hindernisse zur Umsetzung) durch Experten unterzogen.

Unter den hinterlegten Kostenannahmen kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass im Sektor der Industrie bis 2050 ein Potenzial von etwa 1 GW (mit 6 GWh Abrufmenge) wirtschaftlich sinnvoll erschlossen werden kann. Im GHD-Sektor wird trotz vorhandener Potenziale Lastmanagement nahezu gar nicht erschlossen. Im Sektor der privaten Haushalte werden Potenziale im Umfang von 2 - 8 GW wirtschaftlich erschlossen mit Abrufmengen von 10 - 25 GWh. Das genutzte Lastmanagementpotenzial im Haushaltsbereich ist im Sektorenvergleich auch daher so hoch, da hier die günstigsten Kosten und höchsten Potenziale unterstellt wurden, da zum Lastflexibilisierungspotenzial der Haushalte auch die batteriebetriebenen Elektrofahrzeuge sowie die PV-Batteriespeicher gezählt wurden. Die Ergebnisse der Studie sind vergleichsweise robust, d.h. nahezu unabhängig vom jeweils betrachteten Szenario bzw. der jeweils betrachteten Variante.

Bei der Bewertung der hier zitierten Studienergebnisse zum künftigen Strommarktdesign muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Studien die folgenden Aspekte unberücksichtigt lassen und deswegen den Umfang der Nutzung von Lastmanagement zu gering darstellen. Zum einen sind die Beiträge von Lasterhöhungspotenzialen wie auch von Sektorkopplungstechnologien (allen voran Power-to-X Anwendungen) in den Studien nicht dargestellt. Zum anderen bestehen weitere Vermarktungsmöglichkeiten (z.B. Regelleistungsmärkte), die die Erschließung von Lastmanagementpotenzialen in Industrie, GHD und den privaten Haushalten rechtfertigen können, die ebenfalls in den Studien nicht berücksichtigt wurden.

Die angegebenen erschlossenen Potenziale beziehen sich auf deutschlandweite Analysen, wobei NRW mit seinen wirtschaftsstrukturellen Gegebenheiten und seiner Bevölkerungsdichte ausgezeichnet geeignet scheint, die ermittelten erschlossenen Lastverschiebepotenziale zu bedienen.

---

<sup>52</sup> (Elsner, et al., 2015)

<sup>53</sup> Unter Flexibilitätsoptionen werden sämtliche Technologien zum Ausgleich der fluktuierenden Einspeisung aus Erneuerbaren Energien verstanden. In der Studie werden kurz- und langfristige Speicher (Druckluftspeicher, Wasserstoffspeicher, Methanspeicher, Pumpspeicher, Batteriespeicher), regelbare konventionelle Kraftwerke mit und ohne CCS und Lastmanagementmaßnahmen in den Bereichen Haushalt (einschließlich E-Mobilität und PV-Batteriespeicher), GHD und Industrie unterschieden.

**Zwischenfazit**

- Gemäß den analysierten Studien erfolgt in mittlerer Frist bis 2025 vor allem eine Erschließung von kostengünstigen Lastverschiebepotenzialen. Die Studien gehen hier von erschlossenen Lastverschiebepotenzialen im niedrigen GW-Bereich für das gesamte Bundesgebiet aus.
- Bis 2030/35 werden weitere Lastverzichtspotenziale erschlossen, die aber nur im Umfang weniger Stunden pro Jahr eingesetzt werden. Auch hier gehen die Studien von erschlossenen Lastverzichtspotenzialen im niedrigen GW-Bereich für das gesamte Bundesgebiet aus.
- Die Studien betrachten die Vermarktung der Lastmanagementpotenziale am Spotmarkt (Day-Ahead). Daneben bestehende Vermarktungsformen (z.B. am Regenergiemarkt) können die Erschließung und Nutzung weiterer Lastmanagementpotenziale anreizen, so dass die tatsächliche Hebung der Lastmanagementpotenziale in diesen Studien zu niedrig ausgewiesen ist.
- Die ermittelten technische Lastmanagementpotenziale in Nordrhein-Westfalen (12,1 GW Lastverzichtspotenziale und 1,3 GW Lastreduktionspotenziale in den Wertigkeitskategorien „sehr weit einsetzbar“ und „weit einsetzbar“, und 10,3 GW in den Wertigkeitskategorien „eingeschränkt einsetzbar“ und „sehr eingeschränkt einsetzbar“) übersteigen die in den Studien prognostizierten erschlossenen Lastmanagementpotenziale sowohl kurz als auch langfristig (5 GW erschlossene Lastverzichtspotenziale und 1,5 GW erschlossene Lastverschiebepotenziale in 2035). Ein wesentlicher Grund hierfür ist, dass Lastmanagement im Wettbewerb mit anderen Flexibilitätsoptionen steht, die teilweise günstigere Kosten bei besserer Einsetzbarkeit bieten.
- In den Vermarktungsformen Spotmarkt und Regenergiemarkt stehen Lastmanagementpotenziale in Nordrhein-Westfalen in einem Wettbewerb mit Lastmanagementpotenzialen außerhalb Nordrhein-Westfalens und mit anderen Flexibilitätsoptionen. Wie der Vergleich zwischen Potenzialen in Nordrhein-Westfalen und dem errechnetem Einsatz in den analysierten Studien zeigt, wird dieser Wettbewerb intensiv. Eine Konsequenz ist, dass nur (sehr) kostengünstige Lastmanagement-Anwendungen gute Chancen in diesem Wettbewerb haben werden und die teuren Potenziale sich nicht am Markt behaupten werden können, das heißt voraussichtlich ungenutzt bleiben werden.

## **Analyse der bisherigen Instrumente der Landespolitik zur Unterstützung der Erschließung von Lastmanagementpotenzialen**

Gemäß den Ergebnissen der wirtschaftsstrukturellen Analyse des Landes weist NRW sehr gute Voraussetzungen auf, um Lastflexibilitäten in den unterschiedlichen Sektoren und Branchen bereitzustellen und hier einen wichtigen Beitrag für die weitere Umsetzung der Energiewende in Deutschland beizusteuern. Die Landesregierung ist bestrebt, die Erschließung dieser Lastmanagementpotenziale zu fördern. Einige Förderprojekte sind bereits durch die Landesregierung auf den Weg gebracht worden.

Abstrahiert man von dem konkreten Instrumentarium zur Förderung und Unterstützung der Erschließung von Lastmanagementpotenzialen innerhalb Nordrhein-Westfalens, stellt sich zunächst die Frage nach der grundsätzlichen Finanzierung dieser Fördermaßnahmen. Für das Land bestehen drei Möglichkeiten:

1. Die (Teil-)Finanzierung über eigene Haushaltsmittel des Landes bzw. der Kommunen
2. Die (Teil-)Finanzierung über Mittelbereitstellungen des Bundes
3. Die (Teil-)Finanzierung über Mittelbereitstellungen der EU

Das Land NRW hat aktuell mit den Förderprogrammen EFRE NRW 2014-2020 und progres.nrw von den Möglichkeiten 1. und 3. Gebrauch gemacht. Auf Bundesebene sind beispielsweise mit den Fördermaßnahmen „Kopernikus-Projekte für die Energiewende“, „Umwelt- und gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems“ oder dem Themenschwerpunkt „Klimaschutz und Energieeffizienz“ im Rahmen der Förderinitiative „KMU-innovativ“ verschiedene Programme auf den Weg gebracht worden, in deren Rahmen die Nutzbarmachung von Lastmanagementpotenzialen vorangetrieben werden kann. Die bestehenden Förderprogramme zur Aktivierung und Erschließung der Lastmanagementpotenziale in NRW werden nachstehend kurz ausgeführt.

Das Operationelle Programm EFRE (Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“) NRW 2014-2020 bietet durch Leitmarkt- und Klimaschutzwettbewerbe für Industrie- und Dienstleistungsunternehmen, Aggregatoren zur Förderung der Nutzbarmachung der Lastmanagementpotenziale sowie wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen verschiedene Möglichkeiten, die Förderung in Anspruch zu nehmen. Für den Erhalt einer Förderung muss eine Bewerbung mit einer entsprechenden Projektskizze erfolgen, die von einem unabhängigen Gutachtergremium nach einem transparenten Auswahlprozess geprüft wird.

Im Rahmen der Leitmarkt Wettbewerbe eignen sich insbesondere die Wettbewerbsaufrufe „EnergieUmweltwirtschaft.NRW“, „Produktion.NRW“ und „IKT.NRW“ mit ihren breiten Themenspektren, um unter anderem die identifizierten Forschungslücken zur verstärkten Nutzung der Lastmanagementpotenziale in den Sektoren Industrie, GHD und Haushalte auszuräumen und die Umsetzung von Lastmanagementprojekten in NRW zu fördern<sup>54</sup>.

Im Rahmen der Klimaschutz Wettbewerbe werden innovative Projektideen zur Minderung von Treibhausgas-Emissionen durch Energieeffizienz und Erneuer-

---

<sup>54</sup> Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Studie waren die ersten Calls für die Wettbewerbe jeweils abgeschlossen. Bei den Leitmarkt Wettbewerben „Produktion.NRW“ und „IKT.NRW“ lief der zweite Call.

erbare Energien gefördert. Mit den Wettbewerbsaufrufen „EnergieeffizienzRegion.NRW“, „EnergieeffizienzUnternehmen.NRW“ und „VirtuelleKraftwerke.NRW“ werden auch hier konkrete Möglichkeiten der Nutzbarmachung von Lastmanagementpotenzialen in NRW gefördert.

progres.nrw<sup>55</sup> verfolgt mit der Förderung von Techniken zur Nutzung nachhaltiger Energiequellen und einer rationellen Energieverwendung das Ziel, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren und damit einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Neben Informations- und Beratungsangeboten umfassen die konkreten Förderinstrumente Förderzuschüsse für die Errichtung und Nutzung von innovativen und neuentwickelten Energietechniken, die Markteinführung von Technologien zur Energieeinsparung bzw. Erhöhung der Energieeffizienz oder das Angebot von zinsverbilligten Krediten für die Finanzierung von KWK-Anlagen. Als Adressaten für dieses Programm gelten Kommunen, kleine und mittlere Unternehmen, die Wissenschaft sowie BürgerInnen und VerbraucherInnen.

Vor dem Hintergrund der nach den ausgewerteten Systemstudien zum Energiemarktdesign in Deutschland zukünftig erschlossenen Lastmanagementpotenziale (zu erschließende Leistungen und abgerufene Mengen in den einzelnen Sektoren) scheinen die bestehenden Förderansätze den bestehenden Handlungsbedarf richtig zu adressieren. Über Forschungsprojekte sind insbesondere die bestehenden Hürden zur Erschließung der Lastmanagementpotenziale, die sich in Bezug auf die Standardisierungs- und Automatisierungsmöglichkeiten für Aggregatoren, die Kundenansprache und -anreizung, sowie die Einführung lastvariabler Stromtarife insbesondere bei kleineren Verbrauchern im Haushalts- sowie Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungsbereich ergeben, aufzuzeigen und Lösungsmöglichkeiten für beispielsweise neue Produktmodelle oder neue Rollen für Energielieferanten abzuleiten.

#### Zwischenfazit

- Mit den beiden Förderprogrammen EFRE NRW 2014-2020 und progres.nrw sind bereits umfassende Möglichkeiten zur Förderung der Nutzbarmachung der Lastmanagementpotenziale in NRW implementiert.
- Aufgrund thematisch unterschiedlich ausgerichteter Wettbewerbsaufrufe, die verschiedene Aspekte zur Unterstützung der Erschließung der Lastmanagementpotenziale in den einzelnen Sektoren adressieren (Produktionsprozess, Informations- und Kommunikationstechnik, Anreizmechanismen, Virtuelle Kraftwerke u.v.m.), wird die Erarbeitung von Lösungsansätzen zur breiten Erschließung der Lastmanagementpotenziale in NRW aktiv gefördert.
- Adressiert werden im Rahmen der Förderprogramme Unternehmen, wissenschaftliche Einrichtungen, Kommunen, BürgerInnen und VerbraucherInnen.

<sup>55</sup> Für weitere Informationen siehe: <http://www.energieagentur.nrw/progres.nrw>

## Die Energieeffizienzberatung als Instrument zur Unterstützung der Erschließung von Lastmanagementpotenzialen

Neben den zuvor dargestellten Förderprogrammen des Landes Nordrhein-Westfalen zur verstärkten Nutzbarmachung der regionalen Lastmanagementpotenziale sind weitere Informations- und Beratungsansätze denkbar. Da Energieeffizienzmaßnahmen und die Erschließung von Lastmanagementpotenzialen in ähnlichem Maße Kenntnisse der unternehmensspezifischen Anlagentechnik, der Prozessketten und der Produktionsabläufe erfordern, bieten sich Energieeffizienzberatungen an, um Unternehmen für das Thema Lastmanagement zu sensibilisieren. Auch die Energieeffizienzberatung setzt auf den unternehmensindividuellen Gegebenheiten auf und versucht Einspar- oder Effizienzmaßnahmen abzuleiten, die helfen sollen, Kosten einzusparen oder zusätzliche Wertbeiträge zu generieren.

Zunächst werden bestehende Förderprogramme und Einzelmaßnahmen für Energieeffizienz beschrieben, die sich besonders gut für die Potenzialerschließung von Lastmanagement eignen. Im Anschluss wird ausgeführt, wie die Förderung von Lastmanagement sinnvoll an die bestehende Energieeffizienzförderung gekoppelt werden kann.

Ein Weg für die Verknüpfung von Energieeffizienz- und Lastmanagementberatung können bspw. die Sofortmaßnahmen des Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz (kurz NAPE) darstellen. Um die bis 2020 gesteckten Energieeinsparziele der Bundesregierung, wie die Senkung des Stromverbrauchs um 10%, bzw. die Reduktion des Primärenergieverbrauchs um 20%, zu erreichen, wurde der NAPE verabschiedet. Er vereint verschiedene Sofortmaßnahmen, die unterschiedliche Akteure (Unternehmen, private Verbraucher und Kommunen) und Sektoren (Strom, Wärme, Verkehr) betreffen.

So adressiert der NAPE u.a. die Energieauditpflicht für Nicht-KMU (siehe § 8 EDL-G)<sup>56</sup>. Demnach ist bis Ende 2015 und anschließend alle vier Jahre ein Energieaudit durchzuführen. Hierfür erfasst ein externer Gutachter den Energieverbrauch des Unternehmens und leitet anschließend Einsparpotenziale bzw. Energieeffizienzverbesserungen ab. Von der Pflicht zur Durchführung eines Energieaudits bis Ende 2015 waren Großunternehmen freigestellt, sofern sie ein Energie- oder Umweltmanagementsystem eingerichtet haben. Da Großunternehmen vom sogenannten Spitzenausgleich von Energie- und Stromsteuer profitieren können, bestand für die Unternehmen bereits ein Anreiz zur Einführung eines zertifizierten Energiemanagementsystems nach DIN EN ISO 50001 oder nach EMAS-Registrierung<sup>57</sup>, das als Voraussetzung für die Steuerrückerstattung gilt.

Eine weitere Sofortmaßnahme des NAPE ist die Initiierung und Durchführung von 500 Energieeffizienz-Netzwerken bis 2020, in denen ein Austausch von Ideen und Erfahrungen zur Steigerung der Energieeffizienz stattfinden soll. Begleitet werden die Netzwerke von einer qualifizierten Energieberatung. Jedes Unternehmen des Netzwerks soll dabei eigene Einsparziele festlegen und diese durch Maßnahmen untermauern.

Auch über die Initiative „Energiewende und Klimaschutz“ werden KMU bei der Steigerung der Energieeffizienz bzw. der Energieeinsparung durch die Vermittlung von Ansprechpartnern vor Ort und Informationsangeboten unterstützt. Partner dieser Mittelstandsinitiative sind neben dem Bundesministerium für Wirt-

---

<sup>56</sup> Ausgenommen von der Energieauditpflicht sind Großunternehmen, die überwiegend hoheitliche bzw. nicht-wirtschaftliche Tätigkeiten wahrnehmen. Auch Groß-Unternehmen ohne nachweislichen Energieverbrauch oder Energiekosten können von der Durchführungspflicht entbunden werden.

<sup>57</sup> EMAS steht für das „Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung“. Nähere Informationen sind abrufbar unter: <http://www.emas-register.de>

schaft und Energie (BMWi) und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), der Deutsche Industrie- und Handelskammertag (DIHK) sowie der Zentralverband des deutschen Handwerks (ZDH). Letztere haben eine Servicestelle eingerichtet, um Unternehmen Ansprechpartner, Informationen und Beratungen vor Ort anzubieten. Mit dem „Klimaprofit Center NRW“ bietet die EnergieAgentur.NRW im Auftrag der Landesregierung eine Anlaufstelle mit einer ähnlichen Zielsetzung an. Unternehmen können telefonisch oder über eine Internetseite passende Ansprechpartner und Unternehmensnetzwerke rund um das Thema Klimaschutz finden. Dabei sind u.a. Industrie- und Handelskammer, Handwerkskammer und lokale Wirtschaftsförderer. Zusätzlich fasst das „Klimaprofit Center NRW“ unabhängige Informationsseiten und Tools für Unternehmen zusammen.

Für die Umsetzung von Vorhaben zur Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz in gewerblichen Unternehmen können darüber hinaus zinsverbilligte Darlehen der NRW.BANK in Anspruch genommen werden<sup>58</sup>. Da vielfach die Hürde zur Umsetzung von Energieeinsparungs- bzw. Energieeffizienzmaßnahmen in dem Zugang zu den erforderlichen finanziellen Mitteln liegt, werden hierdurch den Unternehmen attraktive Finanzierungsmöglichkeiten der Maßnahmen geboten. Gefördert werden Ersatzinvestitionen, die einen energie- und ressourceneffizienteren Einsatz in produktionsintegrierten Verfahren ermöglichen. Die Darlehen können einen Höchstbetrag von 5 Mio. € haben.

KMU können das Programm „Energieberatung Mittelstand“ nutzen. Die Beratung umfasst die Ermittlung und begleitende Umsetzung konkreter, wirtschaftlich sinnvoller Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz in Unternehmen. Dabei können Einsparpotenziale im und am Gebäude, den technischen Anlagen und dem Nutzerverhalten identifiziert werden. Die Beratung wird durch einen vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) zugelassenen Energieberater durchgeführt. Das Förderprogramm soll bis Ende 2019 fortgeführt werden. Seit dem 01.01.2015 administriert das BAFA das Förderprogramm.

Im Rahmen der ausgeführten Beratungsangebote und -möglichkeiten bietet sich aufgrund der gegebenen Nähe von Energieeinspar- und Effizienzmaßnahmen zur Steigerung der Nachfrageflexibilität eine Verknüpfung der Themen an. So können im Rahmen der Unternehmensbegehungen, -austausche und Beratungsangebote Firmen auf ihre Potenziale aufmerksam gemacht werden und die Vermarktungsmöglichkeiten, Dienstleister sowie Erlös- oder Kostensenkungspotenziale aufgezeigt werden.

Die Auflage, die Förderung von Energieeffizienzberatungen und/oder resultierende Privilegierungen nur dann zu gewähren, wenn auch aktiv das Lastmanagementpotenzial im Unternehmen oder beim privaten Endverbraucher gehoben wird, sollte es aufgrund energiewirtschaftlicher Bedarfe und betriebspezifisch unterschiedlicher Kosten-Nutzen-Verhältnisse nicht geben.

Die Steigerung der Energieeffizienz im Sinne der Energieeinsparung muss dabei nicht zwangsläufig eine Verringerung der (technischen) Lastmanagementpotenziale zur Folge haben. Das Ziel von Energieeffizienzmaßnahmen ist es, eine Verringerung des jährlichen Energieverbrauchs bei zumeist gleich bleibendem Bedarf an Nutzenergie herbeizuführen. Hierfür bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten. Entweder kommt es beispielsweise durch den Ersatz einer bestehenden Maschine oder Anlage durch eine effizientere zu einer geringeren (elektrischen) Leistungsaufnahme oder aber zu einer Reduktion der Laufzeit bei gleichbleibender elektrischer Leistung. Während die erste Maßnahme zu einer Verringerung des Lastverschiebepotenzials hinsichtlich der abrufbaren Leistung im Unternehmen führt und damit das maximale Lastverschiebepotenzial reduziert, bleibt bei der zweiten Maßnahme die Abrufleistung identisch bei gleichzeitiger Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlage. (Peraus, et. al., 2013) haben in

---

<sup>58</sup> Weitere Informationen zum Effizienz kredit der NRW.Bank sind abrufbar unter: <https://www.nrwbank.de/>

diesem Zusammenhang für die Querschnittstechnologien Beleuchtung, Druckluft, Fördertechnik, Kälte, Lüftung und Pumpen untersucht, inwieweit sich Energieeffizienzmaßnahmen auf die maximale Leistungsaufnahme dieser Anlagen auswirken. Dafür haben sie in einem ersten Schritt jene Maßnahmen identifiziert, die die höchste Umsetzungswahrscheinlichkeit (gewichtet nach Umsetzungs-komplexität, Energieeinsparpotenzial und Kosten) aufweisen. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 5** dargestellt. Ca. 40% des gesamten Stromverbrauchs der energie- und nicht-energieintensiven Industrie resultiert aus der Nutzung von Querschnittstechnologien.

**Tabelle 5: Veränderung der maximalen Leistungsaufnahmen bei Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen bei Querschnittstechnologien nach (Peraus, et al., 2013)**

Ungeregelte Anlagen (Querschnittstechnologien)			
Maßnahme	P <sub>max</sub>	Maßnahme	P <sub>max</sub>
<b>Beleuchtung</b>		<b>Druckluftanlagen</b>	
Einsatz elektronischer Vorschaltgerä- te (EVG)	–	Austausch alter Kopplungen	0
Einsatz hocheffizienter Leucht- mittel	–	Drehzahlregelung von Kompressoren	0
Einsatz neuer Leuchten	–	Anpassung der Druckluftreinheit	0
Präsenzmelder	0	Regelmäßige Wartung inkl. Filterwechsel	–
Tageslichtabhängige Steuerung mit Dimmfunktion	0	Reduktion von Leckagen	0
<b>Fördertechnik</b>		<b>Kälteanlagen</b>	
Drehzahlregelung von Antrieben	0	Einsatz von Absorptions- kältemaschinen	–
Flachriemenantrieb statt Keilriemenantrieb	–	Nachspannen von Keilriemen	–
Abschaltung von Antrieben im Leerlaufbetrieb	0	Drehzahlregelung der Verdichter	0
Einsatz hocheffizienter Antriebe	–	Abtasteuerung	0
Einsatz von Gleitbelägen und Rollenunterstützung	–	Reinigung von Wärmetauscher- flächen	0
<b>Lüftungsanlagen</b>		<b>Pumpenanlagen</b>	
Anpassung des Volumenstroms an den Bedarf	–	Regelmäßige Wartung von Pum- pen	–
Nachspannen von Keilriemen	–	Einsatz von Direktantrieben	–
Regelmäßige Schmierung von Getrieben	–	Drehzahlregelung der Pumpe	0
Drehzahlregelung von Ventilatoren	0	Einsatz von Flachriemenantrieben statt Keilriemenantrieben	–
Einsatz hocheffizienter Antriebe	–	Optimale Einstellung von Riemengeschwindigkeiten	–

**0: Keine Änderung der maximalen Leistungsaufnahme**

**–: Reduzierung der maximalen Leistungsaufnahme**

In diesem Sinne reduzieren Energieeffizienzmaßnahmen bei Querschnittstechnologien zwar vielfach die maximal mögliche elektrische Leistungsaufnahme einer Maschine oder Anlage, was sich negativ auf die maximale Abrufleistung und damit die Flexibilisierungspotenziale auswirkt. Gleichzeitig können durch die Maßnahmen aber die Verfügbarkeit, die minimale Leistungsaufnahme und die Abrufdauer im Sinne der Erhöhung der technischen Lastmanagementpotenziale verbessert werden, was zu Lasten der Effizienz geschieht. In wenigen Fällen ist darüber hinaus aber auch eine Ausweitung der Lastverschiebepotenziale mög-

lich, indem bislang nicht abschaltbare Anlagen oder Maschinen durch den Einbau einer Regelung in Grenzen flexibilisiert werden.

Die Ecofys-Studie „Flex-Efficiency“ (2016) zeigt die Wechselwirkungen aus betriebswirtschaftlich anzustrebender höherer (Prozess-) Effizienz und volkswirtschaftlich zunehmend benötigter Lastflexibilität auf. Ein zentraler Aspekt der Studie ist, wie durch eine Weiterentwicklung der marktlichen Rahmenbedingungen es ermöglicht werden kann, dass die Preissignale und damit der volkswirtschaftliche Systemwert von Flexibilität möglichst in das Investitionskalkül eines Unternehmers zur Durchführung von Energieeffizienzmaßnahmen Berücksichtigung finden. Da auch die Autoren der Ecofys-Studie im Bereich der Querschnittstechnologien einen bedeutenden Teil des technischen Lastverschiebepotenzials verortet sehen, werden insbesondere die Wechselwirkungen aus Energieeffizienzmaßnahmen und ihre Wirkung auf die Flexibilitätspotenziale erörtert. Eine Differenzierung der Wertigkeitskategorien, wie sie in dieser Studie dargestellt werden, wird nicht vorgenommen und sollte in einem nächsten Schritt erfolgen. So sollen Unternehmen, die Werthaltigkeit der betriebseigenen Prozesse und Anlagen verstehen und entsprechend sensibilisierter bei der Planung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen im Sinne des Erhalts oder der Erhöhung des Flexibilitätspotenzials vorgehen.

#### **Zwischenfazit**

- Aufgrund der erforderlichen Begehung von Unternehmen zur Identifikation von Energieeinspar- oder Energieeffizienzmaßnahmen eignen sich diese Beratungsangebote zur Sensibilisierung, Information und groben Identifikation der bestehenden Lastmanagementpotenziale.
- Einige der Sofortmaßnahmen (insbesondere Beratungsangebote) des NAPE sind gut geeignet, um die Themen Energieeffizienz und Lastmanagement zu verbinden.
- Energieeffizienzmaßnahmen wirken tendenziell reduzierend auf das technische Lastmanagementpotenzial von Unternehmen oder Haushalten, sie können in bestimmten Konstellationen aber auch erhöhend wirken.

## **Handlungsempfehlungen für die Förderung der Erschließung und Nutzbarmachung der Lastmanagementpotenziale in NRW**

Der bisherigen sektorspezifischen Analyse folgend, sollen auch die abschließenden Handlungsempfehlungen konkret an den Sektoren festgemacht werden. Die abgeleiteten Empfehlungen adressieren dabei sowohl die Politik als auch Unternehmen und Dienstleister.

### **Handlungsempfehlungen für den Sektor energieintensive Industrie**

Der Sektor zeichnet sich heute bereits durch eine vergleichsweise hohe Aktivität in Bezug auf die Nutzung der Lastmanagementpotenziale aus. Der von der Bundesregierung geplante Abbau der regulatorischen Hürden und Barrieren (individuelle Netzentgelte und mittelfristig Netzentgeltsystematik, Präqualifikationsanforderungen und Ausschreibungszeiträume am Regelenergiemarkt) wird die Erschließung und Nutzung des technisch eher einfach erschließbaren Teils der Lastmanagementpotenziale in diesem Sektor weiter erhöhen.

Gleichwohl zeichnen sich viele der technischen Potenziale in diesem Sektor durch eine hohe verfahrenstechnische Komplexität aus, die bisher noch nicht ausreichend untersucht und verstanden ist. Es bestehen deswegen weitere Untersuchungsbedarfe für die Erschließung der Potenziale in einzelnen Wirtschaftszweigen. Zu nennen sind hier insbesondere die Chlorelektrolysen, die Metallerzeugung und -bearbeitung sowie die Herstellung von Glas/Glaswaren/Keramik und die Verarbeitung von Steinen und Erden. Diese Forschungsbedarfe könnten durch F&E-Projekte in den einzelnen Branchen adressiert werden.

Als weiteren Schwerpunkt für die anwendungsbezogene Forschung ist die Analyse der Entwicklung der technischen Lastmanagementpotenziale anzuführen, die sich künftig aufgrund von sich ändernden und/oder neu hinzukommenden Verfahrensschritten und Prozessen (bspw. bei chemischen Prozessen zur Herstellung von Grundstoffen mit Hilfe elektrischer Energie) ergeben. Auch Aktivitäten im Bereich der Forschung und Entwicklung von Technologien zur kostengünstigen Bereitstellung von elektrischer Hochtemperaturwärme können zu einer signifikanten Erhöhung der Lastmanagementpotenziale im Bereich der energieintensiven Industrie beitragen.

### **Handlungsempfehlungen für den Sektor nicht-energieintensive Industrie**

In diesem Sektor bestehen erhebliche Unsicherheiten, ob die bestehenden technischen Potenziale aufgrund ihrer Heterogenität eine wirtschaftliche Erschließung zulassen. Daher sollten für diesen Sektor weitere Analysen vorgenommen werden.

Zum einen besteht Bedarf nach anwendungsorientierter Forschung mit Fokus auf die wenigen Anwendungen, die im größeren Umfang bei mehreren Unternehmen und ggf. Wirtschaftszweigen vorliegen und sich für eine Potenzialerschließung wahrscheinlich eignen. In Unternehmen der Wirtschaftszweige „Bergbau / Gewinnung Steine Erden“, „Herstellung von Metallerzeugnissen“ oder „Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln“ werden solche Potenziale vermutet, die es weiter zu entwickeln gilt. Diese Potenziale könnten mit F&E Projekten näher an eine Marktreife und wirtschaftliche Nutzbarkeit herangeführt werden.

Zum anderen besteht Bedarf für grundlagenorientierte Forschung bezüglich der standardisierten Erschließung der Lastverschiebepotenziale von Querschnittstechnologien: Inwieweit besteht innerhalb dieses Sektors die Möglichkeit, die technischen Potenziale unternehmens- und wirtschaftszweig-übergreifend kostengünstig über einen hohen Grad der Standardisierung zu erschließen?

Geben es die unterschiedlichen Produktionsabläufe, Anlagen und Maschinen her?

Bei der Adressierung dieses Forschungsbedarfs besteht die besondere Herausforderung darin, F&E Projekte so aufzusetzen, dass Unternehmen daran teilnehmen, obwohl es auf Basis des derzeitigen Wissens für die Unternehmen nicht belastbar abschätzbar ist, ob eine wirtschaftliche Nutzbarkeit wirklich zu erreichen ist.

### **Handlungsempfehlungen für den Sektor Gewerbe/Handel/Dienstleistungen**

Dieser Sektor ist gekennzeichnet durch eine hohe Akteursanzahl mit einem vergleichsweise geringen Stromverbrauch pro Betrieb. Zudem wird eine große Zahl der Unternehmen nach Standardlastprofilen bilanziert und abgerechnet.

Die technischen Potenziale lassen sich nur über einen hohen Standardisierungsgrad heben, denn nur dann sind die Erschließungskosten gering. Außerdem bedarf es Aggregatoren, die die Potenziale bündeln. Im Fokus der zu erschließenden Potenziale sollten die Querschnittstechnologien Kühlen, Warmwasserbereitstellung und Heizen, und eventuell zukünftig die E-Mobilität stehen.

In dieser Hinsicht könnten zwei Akteursgruppen besonders prädestiniert sein:

- Die Unternehmen, die das (technische) Gebäudemanagement bereits aktiv als Dienstleistung für andere Unternehmen und deren Liegenschaften übernehmen. Das bestehende technische Anlagen-Know-How und die Nähe zum Kunden bzw. zu den Gewerbeunternehmen bilden bei diesen Unternehmen eine gute Voraussetzung, um die Erschließung und Vermarktung dieser Potenziale vorzunehmen. Auch das Land Nordrhein-Westfalen könnte in dieser Hinsicht mit seinen Gesellschaften, die die Gebäude der öffentlichen Infrastruktur bewirtschaften, seine Potenziale prüfen.
- Die Stadtwerke mit ihrer ausgesprochenen Kundennähe.

Um zudem sicherzustellen, dass die bestehenden kleinteiligen, aber gleich garteten Lastmanagementpotenziale möglichst kostengünstig erschlossen werden können, ist zu prüfen, inwieweit der Smart Meter Roll-out die Erschließung der Potenziale unterstützen kann. Der Roll-out sollte als Möglichkeit angesehen werden, Zugang zu Unternehmen zu erhalten, die Nutzung von zeitvariablen Stromtarifen zu fördern und damit die Erhöhung der Nachfrageflexibilität anzureizen. Aktuell bestehen bzgl. des Roll-outs von Smart Metern allerdings noch verschiedene Vorbehalte, die sowohl die Kosten-Nutzen-Relation als auch die Datensicherheit adressieren. Im Zuge des Smart Meter Roll-outs werden diese Fragen geklärt werden müssen, um Akzeptanz und Investitionsbereitschaft herzustellen.

Aufgrund der bestehenden unterschiedlichen Rollenverteilung zwischen Messstellenbetreiber bzw. Netzbetreiber, der für den Austausch der Zähler zuständig ist, dem Aggregator und Vermarkter von dezentralen Lasten sowie dem Energie-lieferanten ist die Erschließung der Potenziale mit hohem administrativen Aufwand verbunden, was der Erschließung dieser Potenziale grundsätzlich entgegensteht. Für das Land Nordrhein-Westfalen lassen sich daher zwei grundlegende Handlungsempfehlungen ableiten:

- Zum einen könnten flankierend zu dem über den im Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende vorgeschriebenen Roll-out von Smart Metern Maßnahmen gefördert werden, die den energie- und betriebswirtschaftlich sinnvollen Einsatz von Smart Metern ermöglichen. Hier sei beispielsweise die Erhöhung des Verbreitungsgrades von steuerbaren Endgeräten – sowohl für Industrieanlagen als auch für Haushaltsanwendungen – genannt, sowie das Hinwirken darauf, dass durch die Steuerbarkeit der Endgeräte Erlösoptionen auf Verbrauchsseite entstehen.

- Zum anderen sollte darauf hingewirkt werden, dass die aktuell unterschiedlichen Akteursrollen vom Einbau von Smart Meter, der Stromlieferung, der Kundengewinnung zur Flexibilitätsbereitstellung und die Flexibilitätssteuerung übereinander gebracht werden, so dass keine mehrfache Kundenansprache zur Nutzbarmachung der Lastflexibilitätspotenziale erforderlich ist.

### **Handlungsempfehlungen für den Sektor Haushalte**

Dieser Sektor ist im Vergleich zum Sektor GHD durch eine nochmals deutlich höhere Akteursanzahl und kleinere Stromverbräuche pro Akteur gekennzeichnet. Zudem werden die Akteure nach wie vor über Standardlastprofile bilanziert und abgerechnet, wodurch Lastmanagement fast nicht genutzt wird.

Der Fokus in der Erschließung der Lastmanagementpotenziale sollte zunächst auf Anwendungen mit „größerem“ Lastverschiebepotenzial gelegt werden. Die Aufbereitung von Warmwasser, die Wärmebereitstellung, die E-Mobilität sowie die zunehmende Errichtung von Eigenerzeugungsanlagen inklusive Energiespeicher bieten langfristig ein hohes technisches Lastmanagementpotenzial. Das Potenzial der Nachtspeicherheizungen ist demgegenüber mittel- bis langfristig rückläufig.

Das Lastmanagementpotenzial der sog. „weißen Ware“ sollte mit Blick auf die Schaffung weiterer Anreizinstrumente zur Erschließung von Lastverschiebepotenzialen im Haushaltsbereich zunächst zurückgestellt werden, auch aufgrund bestehender Akzeptanzprobleme und Nutzungseinbußen bei Verbrauchern, die mit der Erschließung einhergehen können. Damit Lastmanagement in privaten Haushalten zum Einsatz kommen kann, ist ein hoher Verbreitungsgrad von steuerbaren Endgeräten, die Verfügbarkeit von lastflexiblen Tarifen und Wettbewerb zwischen den Aggregatoren dieser Potenziale notwendig.

Zu den im Prinzip leicht erschließbaren Lastmanagementpotenzialen im Haushaltssektor zählen vor allem Nachtspeicherheizungen und Wärmepumpen. Inwieweit diese Potenziale aber wirklich aktiv hinsichtlich ihres Flexibilitätswertes (Vermarktungs- und Verschiebemöglichkeiten) energiewirtschaftlich genutzt werden, ist offen<sup>59</sup>. Die bisher vielfach zur Auswahl stehenden zeitvariablen Tarife für diese Technologien haben insbesondere vielmehr zur Aufgabe, einen möglichst günstigen Strombezug durch Einräumung eines reduzierten Netzentgelts nach § 14a EnWG sicherzustellen, anstatt den Wert dieses verbrauchsseitigen Lastverschiebepotenzials vollends zu nutzen.

Neben einer Priorisierung der zu erschließenden Lasten sollten auch im Haushaltssektor weitere Forschungsanstrengungen unternommen werden, um den Grad der Standardisierung sowohl in der Abrechnung als auch in der kostengünstigen Erschließung dieser zwar kleinteiligen, aber gleichartigen Potenziale sicherzustellen. Beispielsweise mit dem zunehmenden Angebot last- bzw. zeitvariabler Stromtarife kann zudem die Attraktivität zur Nutzbarmachung der Lastverschiebepotenziale auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten erhöht werden. Zusätzlich wäre es denkbar, dass durch Akzeptanzstudien analysiert wird, wie groß die Offenheit privater Endverbraucher für eine Fremdsteuerung (ohne Komforteinbußen) oder bezüglich der Offenlegung des eigenen Verbraucherverhaltens ist. Zudem könnte untersucht werden, inwiefern eine „Opt-Out Regelung“, also die Möglichkeit sich gegen einen Einbau von Smart Metern auszusprechen beziehungsweise eine „Opt-In Regelung“, bei der eine aktive Zustimmung für den Einbau Voraussetzung ist, sich auf die Akzeptanz und die Potenzialhebung auswirken würde. In diesem Kontext sollte auch auf folgende Fragestellungen eingegangen werden:

---

<sup>59</sup> Strittig ist in diesem Kontext unter anderem die zeitliche Korrelation des benötigten Heizstroms mit der Verfügbarkeit von Strom aus Sonne und Wind.

- Welche Ängste und Barrieren bestehen aktuell im Sektor der privaten Haushalte zum Einbau von Smart Metern? Wie können diese genommen oder ausgeräumt werden?
- Wie können die Datenschutzanforderungen der privaten Endverbraucher erfüllt werden?
- Was sind die maßgeblichen Treiber für die Nutzbarmachung und Erschließung der Potenziale?
- Wie kann das Kosten-Nutzen-Verhältnis zum Einbau eines Smart Meters verbessert werden bzw. besteht auf absehbare Zeit hier überhaupt die Aussicht auf ein ausgewogenes Kosten-Nutzen-Verhältnis?
- Welche Marketingmaßnahmen eignen sich, um die Offenheit zur Bereitstellung bzw. zur Erschließung der Lastmanagementpotenziale bei privaten Endverbrauchern zu steigern?

### **Übergreifende Handlungsempfehlungen**

Die Analyse der Bedarfe hat ergeben, dass es deutschlandweit wahrscheinlich mehr technische Lastmanagementpotenziale gibt, als in absehbarer Zeit (bis 2025) gebraucht werden. Bei der Förderung von Projekten zur Erschließung der Lastverschiebepotenziale ist daher darauf zu achten, dass Zeitpunkt und Umfang den energiewirtschaftlichen Notwendigkeiten und Eintrittswahrscheinlichkeiten entsprechen. Kommen zu einem zu frühen Zeitpunkt durch zusätzliche Anreizmechanismen zu viele Flexibilitätsoptionen auf den Markt, so machen sie sich gegenseitig das Geschäftsmodell streitig. Durch die dann aus Unternehmenssicht getätigten Fehlinvestitionen könnte es so zu einer Situation kommen, in der dem zukünftig höheren Bedarf an Flexibilität kein gestiegenes Investitionsinteresse mehr gegenüber stünde. Dennoch ist es wichtig, dass bereits heute die entsprechenden Weichen gestellt werden, damit die Prozesse implementiert und die zu erwartenden Skaleneffekte erzielt werden können. Gerade vor dem Hintergrund eines absehbar engen Marktfeldes sollte hier das First-Mover-Prinzip beachtet werden.

Die Autoren empfehlen daher, die Förderung auf solche Projekte zu konzentrieren, die die begründete Aussicht auf sehr kostengünstige Lastmanagementpotenziale bieten.

Verpflichtende Vorgaben an Unternehmen zum Thema Lastmanagement halten die Autoren vor dem Hintergrund der hier dargestellten Bedarfe für nicht zielführend. Zwar ist es durchaus sinnvoll, den Prozess der Energieaudits, bei dem es darum geht, die Energieeffizienz im Unternehmen zu steigern, mit der Untersuchung von Flexibilitätspotenzialen zu koppeln, da für beide Ziele die Optimierung von Lastgängen notwendig ist. Da zur Zeit keine verlässliche Aussage getroffen werden kann, zu welchem Zeitpunkt und in welchem Umfang die so identifizierten Flexibilitäten benötigt werden und sich wirtschaftlich umsetzen lassen, sollte den Unternehmen frei gestellt werden, mit dem Wissen über ihre Lastgänge auf veränderte Marktsignale reagieren zu können, ohne dass sich daraus eine Pflicht zur Teilnahme am Lastmanagement ergibt.

## Literaturverzeichnis

**Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. 2015a.** *Ein Strommarkt für die Energiewende: Diskussionspapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Grünbuch)*. Berlin : s.n., 2015a.

— **2015b.** *Ein Strommarkt für die Energiewende: Ergebnispapier des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (Weißbuch)*. BMWi. Berlin : s.n., 2015b.

**Bundesnetzagentur. 2015.** *Evaluierungsbericht zu den Auswirkungen des § 19 Abs 2 StromNEV auf den Betrieb von Elektrizitätsversorgungsnetzen*. Bonn : Bundesnetzagentur, 2015.

**Bundesregierung. 2015.** *Unterrichtung der Bundesregierung : Bericht zur Verordnung über Vereinbarungen zu abschaltbaren Lasten*. Berlin : Deutscher Bundestag, Drucksache 18/6096, 2015.

**Connect Energy Economics. 2014.** *Leitstudie Strommarkt - Arbeitspaket Optimierung des Strommarktdesigns*. Berlin : Bericht für das BMWi, 2014.

**Connect Energy Economics, Consentec, Fraunhofer ISI, r2b. 2015.** *Leitstudie Strommarkt 2015*. Berlin : Bericht für das BMWi, 2015.

**Consentec, r2b. 2015.** *Versorgungssicherheit in Deutschland und seinen Nachbarländern: länderübergreifendes Monitoring und Bewertung*. Aachen, Köln : Bericht für das BMWi, 2015.

**Deutsche Energie-Agentur (dena). 2012.** *Handbuch Lastmanagement : Vermarktung flexibler Lasten : Erlöse erwirtschaften - zur Energiewende beitragen*. Berlin : Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), 2012.

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). 2014.** *Möglichkeiten und Grenzen des Lastausgleichs durch Energiespeicher, verschiebbare Lasten und stromgeführte KWK bei hohem Anteil fluktuierender erneuerbarer Stromerzeugung*. Stuttgart : DLR, 2014.

**Ecofys. 2016.** *Flex-Efficiency. Ein Konzept zur Integration von Effizienz und Flexibilität bei industriellen Verbrauchern. Studie im Auftrag von AGORA Energiewende*. Berlin : s.n., 2016.

**Elsner, Peter, Fishedick, Manfred und Sauer, Dirk Uwe. 2015.** *Flexibilitätskonzepte für die Stromversorgung 2050: Technologien – Szenarien – Systemzusammenhänge (Analyse aus der Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft)*. München : s.n., 2015.

**Federal Energy Regulatory Commission. 2006.** *Assessment of Demand Response and Advanced Metering : Staff Report*. Washington DC : Federal Energy Regulatory Commission, 2006.

**Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). 2015.** *Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) in Deutschland für die Jahre 2011 bis 2013*. Karlsruhe : Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), 2015.

**Frontier Economics. 2014.** *Strommarkt in Deutschland - Gewährleistet das derzeitige Marktdesign Versorgungssicherheit?* Köln : Bericht für das BMWi, 2014.

**Frontier Economics, Consentec. 2014.** *Folgenabschätzung Kapazitätsmechanismen (Impact Assessment)*. Köln : Bericht für das BMWi, 2014.

**Klobasa, Marian. 2007.** *Dynamische Simulation eines Lastmanagements und Integration von Windenergie in ein Elektrizitätsnetz auf Landesebene unter*

*regelungstechnischen und Kostengesichtspunkten.* [Hrsg.] ETH Zürich. Zürich : s.n., 2007.

**Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen. 2015.** *Jahresbericht 2014 der Bergbaubehörde des Landes Nordrhein-Westfalen.* Düsseldorf : Ministerium für Wirtschaft, Energie, Industrie, Mittelstand und Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen, 2015.

**Peraus, Sebastian, Gruber, Anna und von Roon, Serafin. 2013.** *Energieeffizienz und Lastflexibilisierung - Partner oder Gegenspieler? - Der Einfluss von Energieeffizienzmaßnahmen auf das Lastflexibilisierungspotenzial.* *BWK.* Nr. 1/2, 2013, Bd. 65.

**r2b. 2014.** *Leitstudie Strommarkt; Arbeitspaket Funktionsfähigkeit EOM & Impact-Analyse der Kapazitätsmechanismen.* Köln : Bericht für das BMWi, 2014.

**Stötzer, Martin. 2012.** *Demand Side Integration in elektrischen Verteilnetzen; Potenzialanalyse und Bewertung.* Magdeburg : Magdeburger Forum zur Elektrotechnik, 2012. Bd. 45.

**Umweltbundesamt. 2015.** *Potentiale regelbarer Lasten in einem Energieversorgungssystem mit wachsendem Anteil erneuerbarer Energien.* Dessau-Roßlau : Umweltbundesamt, 2015.

**VDE-Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. 2012.** *Demand Side Integration : Lastverschiebungspotenziale in Deutschland.* Berlin : VDE-Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., 2012.

## Quellen der Aufbereitung statistischer Daten und Ableitung der Skalierungsfaktoren

**Euro Chlor. 2011 - 2012.** Chlorine Industry Review. [Online] 2011 - 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <http://www.eurochlor.org/media/63146/2012-annualreview-final.pdf>.

**Information und Technik NRW (IT.NRW) - Ref 522 Energiestatistik, Energiebilanz NRW. 2012.** NRW - Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden Tabelle VÖ: Energieverbrauch in GJ (einschl. nicht-energetischen Verbrauch)). Düsseldorf, zugesandt am 09.12.2015: s.n., 2012.

**Information und Technik NRW (IT.NRW). 2012.** Energiebilanz Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, zugesandt am 29.09.2015: s.n., 2012.

**Landesdatenbank NRW. 2012.** Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe: Betriebe, Beschäftigte, Entgelt, Umsatz und Auslandsumsatz nach Abteilungen der WZ 2008 - Gemeinden -. [Online] 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.]

<https://www.landesdatenbank.nrw.de>, Tabellenummer: 42111B-1ir

— **2012.** Betriebe und deren Beschäftigte nach Beschäftigtengrößenklassen (4) und nach Wirtschaftsabschnitten - Regierungsbezirke. [Online] 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <https://www.landesdatenbank.nrw.de>, Tabellenummer: 52111-09ir

— **2012.** Betriebe und deren Beschäftigte nach Wirtschaftsabschnitten (17) der WZ 2008 - kreisfreie Städte und Kreise. [Online] 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <https://www.landesdatenbank.nrw.de>, Tabellenummer: 52111-11iz

— **2012.** Betriebe und deren Beschäftigte nach Wirtschaftsabteilungen (81) der WZ 2008 - kreisfreie Städte und Kreise. [Online] 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <https://www.landesdatenbank.nrw.de>, Tabellenummer: 52111-13iz

— **2012.** Kommunales Bildungsmonitoring: Tab. A1.1 Bevölkerung nach Geschlecht. [Online] 31. 12 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <https://www.landesdatenbank.nrw.de>, Tabellenummer: B-A01.1-11

— **2012.** VGR der Länder Bruttoinlandsprodukt und Bruttowertschöpfung nach Wirtschaftsbereichen (7) der WZ 2008 - kreisfreie Städte und Kreise. [Online] 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <https://www.landesdatenbank.nrw.de>, Tabellenummer: 82711-01i

**Stahl-Zentrum. 2015.** stahl-online.de. [Online] 2015. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <http://www.stahl-online.de>

**Statistisches Bundesamt. 2012.** Betriebe, Beschäftigte, Umsatz und Investitionen im Verarbeitenden Gewerbe und Bergbau: Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (WZ2008 2-4-Steller Hierarchie). [Online] 2012. [Zitat vom: 03. 08 2016.] <https://www-genesis.destatis.de>, Tabellenummer: 42231-0014

— **2012.** Bevölkerung auf Grundlage des Zensus. [Online] 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <https://www.destatis.de>, Suchbegriffe: Bevölkerung, Zensus, 2012

— **2012.** BRD - Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden. [Mail]. Wiesbaden, per Mail zugesandt am 14.08.2015 : s.n., 2012. per Mail zugesandt am 14.08.2015.

— **2008.** Klassifikation der Wirtschaftszweige. [Online] 2008. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <https://www.destatis.de>, Suchbegriffe: Klassifikation Wirtschaftszweige 2008

— **2012.** Unternehmen (Unternehmensregister-System): Deutschland, Jahre, Wirtschaftszweige (Abschnitte), Beschäftigtengrößenklassen. [Online] 2012. [Zitat

vom: 08. 03 2016.] <https://www-genesis.destatis.de>, Tabellennummer 52111-0001 und 42231-0014.

— **2012.** VGR des Bundes - Bruttowertschöpfung (nominal/preisbereinigt): Deutschland, Jahre, Wirtschaftsbereiche. [Online] 2012. [Zitat vom: 08. 03 2016.] <https://www-genesis.destatis.de>, Tabellennummer: 81000-0103.



**Impressum**

EnergieAgentur.NRW GmbH  
Roßstraße 92  
40476 Düsseldorf

Telefon: 0211/8371930  
hotline@energieagentur.nrw  
www.energieagentur.nrw

© EnergieAgentur.NRW GmbH/EA448

**Stand**

08/2016

**Ansprechpartner**

EnergieAgentur.NRW  
Energiemarktdesign

Akram El-Bahay  
el-bahay@energieagentur.nrw

Die EnergieAgentur.NRW GmbH verwendet in ihren Veröffentlichungen allein aus Gründen der Lesbarkeit die männliche Form von Substantiven; diese impliziert jedoch stets auch die weibliche Form.



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

