

## Branchenpapier Chemie

Stand: 10.06.2013

Erarbeitet von Wuppertal Institut und Ecofys



### ***Prozessoptimierungen und beste verfügbare Technologien (BVT) (kurz- bis mittelfristig bis 2030):***

#### ***Rahmenbedingungen:***

In NRW ist die Chemieindustrie diejenige Industriebranche mit dem höchsten Endenergiebedarf und den höchsten THG-Emissionen (IT.NRW 2011). Die Produktionskette in der chemischen Industrie ist hochkomplex. Die Prozesse sind stofflich und energetisch miteinander gekoppelt, wodurch sich vorrangig große Standorte entwickelt haben. Die großen Standorte beeinflussen wesentlich die Energiebereitstellung und bieten Möglichkeiten der Standortwärmeintegration. Ein hoher Anteil des Endenergieeinsatzes entfällt auf Strom, wobei fast ein Drittel durch Eigenerzeugung (KWK) produziert wird. Beim Dampf beträgt der KWK-Anteil mehr als 80%. Erdgas ist der dominante Energieträger (Ifeu/Fraunhofer ISI 2011).

Seit 1990 konnte die Grundstoffindustrie ihren Energieeinsatz sowie die THG-Emissionen mit relativ moderaten Investitionen senken (z.B. durch Wärmeintegration). Die Energiebedarfsminderungen ergeben sich vor allem durch die Verringerung des Verbrauchs an Brennstoff und Dampf. Beim Stromverbrauch beobachtet man hingegen eine Zunahme. Niedrig-investive Maßnahmen sind zum wesentlichen Teil ausgeschöpft und eine weitere Steigerung der Energieeffizienz würde investitionsintensivere Maßnahmen erfordern (Fraunhofer ISI, IREES, Hassan 2011). Laut prognos/VCI (2012) ergeben sich zukünftige Effizienzsteigerungen vor allem aus Veränderungen im Produktmix. Sie gehen davon aus, dass in den kommenden Jahren verstärkt höherwertige Chemikalien produziert werden. Die Herstellung ressourcenintensiver Grundstoffe wächst langsamer als die Chemie insgesamt und Vorprodukte werden zunehmend importiert. Nur durch eine Produktionsminderung könnte eine absolute Absenkung des Rohstoff- und Energieverbrauchs erreicht werden. McKinsey (2007) und EnBW et al. (2011) gehen allerdings von einer deutlichen Produktionssteigerung in den kommenden Jahren aus.



Minderungsstrategien:

Handlungsfeld Steigerung der Energieeffizienz

Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Ausbau und Stärkung der Verbundstandorte, um Rohstoff- und Energieeffizienz zu steigern (Schließen der Stoff- und Energiekreisläufe)	o		<p>Stärkung der Verbundstandorte!/ Konzentration der Standorte = Chemieparks; weitere Förderung der Technologiecluster (Ist das im Sinne Cradle to Cradle Ansatz zu verstehen? global vs. Prozessintern. Nur langfristig realisierbar. nur auf NRW gesehen wenig sinnvoll)</p> <p>die Nutzung von Verbundstandorten wird in der chem. Industrie bereits weitgehend umgesetzt</p>
Abwärmenutzung	?/o		<p>Stärkung der Verbundstandorte; ggf. zur Fernwärmeversorgung einsetzbar Großes Potenzial bei Niederkalorischer Abwärme &gt; Forschungsbedarf</p>
Ausweitung der Nutzung von KWK	o		<p>Stärkung der Verbundstandorte KWK Potenzialstudie MKULNV! bei entsprechender Förderung durch Landesregierung würde das realisierbar und wirkungsvoll sein, aber teuer (VCI: Potenzial müsste eingehender geprüft werden) Insgesamt erzeugt die deutsche Chemie schon etwa 90 Prozent ihrer benötigten Wärme in KWK und produziert damit gleichzeitig 20 Prozent des benötigten Stroms.</p>

## Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen



Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (+, +, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Weiterentwicklung von Katalysatoren zur Erhöhung der Prozessausbeute	o		F&E ist Tagesgeschäft und auch langfristig nötig. F&E Projekte zu biologischen Katalysatoren Photokatalyse (Ammoniak)
Automatisierte Regelung von Prozessen (Advanced Control) – moderne Prozessleitsysteme	o		
Einsatz nachwachsender Rohstoffe	o		Die chemische Industrie wird bis 2030 rund 50 Prozent mehr nachwachsende Rohstoffe einsetzen als heute. Diese Abschätzung stellt lediglich die Untergrenze dar, weil sich das Potenzial der Biokunststoffe nicht seriös abschätzen lässt. Probleme: Konkurrieren mit Nahrungsmittelproduktion und unklar, ob langfristig nur eine Nische bleibt.
Umrüstung von Amalgamtechnik auf Membrantechnik in der Chloralkaliindustrie	+		Durch den Einsatz dieser Technologie können bei der Chlorherstellung bis zu 15 % an elektrischer Energie eingespart werden. Eine neuartige Sauerstoffverzehrkathode könnte das Membran-Verfahren ersetzen und den Stromverbrauch nochmals erheblich reduzieren (siehe <i>alternative Technologien</i> ).
Anwendung enzymatischer Verfahren anstelle chemischer Verfahren bei der Herstellung organischer Feinchemikalien	+		
Bessere Reinigung der Rohstoffe			
Einsatz neu entwickelter Werkstoffe			



Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Verbesserung des Stoff- und Energieaus- tauschs durch Verwendung von speziellen Re- aktortypen, wie z. B. Wirbelschichtreaktoren, oder durch konstruktive Maßnahmen			
Optimierung des Energieeinsatzes bestehender Anlagen (Fahren eines Reaktors, einer Rektifi- zierkolonne oder einer Gesamtchemieanlage am Energieoptimum, „good housekeeping“, energieoptimale Reinigung von Wärmetau- schern, regelmäßiges Entfernen von Koks an Reaktorwänden usw.)			
Autotherme, katalytische partielle Oxidation bei Ammoniak			Im Vergleich zu den anderen Synthesegas-Verfahren läuft sie unter einem höheren Druck ab und weist einen geringeren Energieverbrauch auf. Dieses Verfahrensprinzip wird bei- spielsweise in der MegaAmmonia von Lurgi eingesetzt, die aber nur für Anlagen mit einer Kapazität größer als 3.000 t/d geeignet ist.
Modernisierung von Kompressoren, Dampfturbinen, Pumpen und Motoren			
MegaMethanol-Technologie mit autothermem Reforming und hoher Wärmeintegration			Sie ist nur für große Kapazitäten > 5.000 t/d wirtschaftlich. Langfristig könnten kleinere, ältere Anlagen geschlossen und durch eine größere mit effizienterer Technologie ersetzt werden



Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (+, +, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Verbesserte Wärmedämmung der Anlagen bei der Sauerstoffherstellung			Durch eine stärkere Wärmedämmung kann 5 – 10 % der Energie eingespart werden
Verwendung von vertikalen Schachtöfen für das Kalkbrennen mit Koks als Brennstoff (Soda)			
Umstellung auf das Chloridverfahren bei der Herstellung von Titandioxid			Bei neu zu errichtenden Anlagen wahrscheinlich
Einführung von Umweltmanagementsystemen, Ökoanalysen, Energiechecks, etc.			z.B. „Bayer Climate Check“, „Climate Footprint“, „Methode BASF Ökoeffizienz Analyse“

Allgemeine Kommentare zum Handlungsfeld 1 (Kleingruppengespräche):

- abgeleitete Maßnahmen: insgesamt sollten Förderprogramme zur Energieeffizienz aufgelegt/weitergeführt werden.
- Insgesamt 2 Arten von Verfahren (beides ist durch öffentliche Hand steuerbar)
  1. Volks-/betriebswirtschaftlich nicht realisierbar > Investitionsförderung
  2. Technologie noch nicht verfügbar > F&E Förderung



### Handlungsfeld Energieträgerwechsel

Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppene- gespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzun- gen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Weitere Entwicklung und Erforschung des Bioraf- finerie-Ansatzes			Verwertung und Konversion biogener Roh- und Reststoffe in integrativem und multifunktionellen Gesamtkonzept (weitgehend abfallfreie Biomassenutzung; energetisch und stoffliche)
Sukzessive Substitution von Kohle durch Erdgas oder erneuerbare Energien	?		<ul style="list-style-type: none"> <li>- einzelne Standorte</li> <li>- wirtschaftliche Hemmnisse</li> <li>- Grundlaststrom durch Braunkohle in NRW</li> <li>- Chemische Speicher nötig für Substitution</li> </ul>

Allgemeine Kommentare zum Handlungsfeld 2:

- Handlungsfeld Energieträgerwechsel eher für AG1.

### Handlungsfeld Reduktion prozessbedingter Emissionen

Strategien	Minde- rungs- po- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppene- gespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Weitestmögliche Nutzung von BAT und Vermei- dung von Prozessemissionen in konkreter Ab- stimmung auf die betroffenen Prozesse (operati- onal excellence)	?		<ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht unbedingt immer Effizienz = Klimaschutz</li> <li>- wirtschaftliche Hemmnisse</li> </ul>



Strategien	Minde- rungs- potenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Förderung des Einsatzes redundanter Abgasreini- gungsanlagen bei Salpeter- und Adipinsäure- produktion zur weitestgehenden Vermeidung von Lachgasemissionen	o		- Potenziale komplett gehoben - auch nicht als Beispiel für andere Prozesse > keine Über- tragbarkeit
Weitestmögliche Optimierung und Zusammen- führung von CO <sub>2</sub> -Strömen an Raffinerien, um die Kosten der CO <sub>2</sub> -Abscheidung zu verringern			- ohne CCS/CCU bringt Abscheidung nichts
Einsatz von CCS/CCU in der Ammoniakindustrie			Das Prozess-CO <sub>2</sub> in hochkonzentrierter Form wird zum größten Teil bei der Herstellung von Harnstoff sowie in anderen Anwendungen verbraucht. Eine Intensivierung der Anwendung ist z.B. in der Getränke- und Lebensmittelindustrie möglich. Solche Überlegungen kommen aber nur dann in Frage, wenn beide Produktionsanlagen an einem gemeinsamen Standort stehen. Dies ist aber in Deutschland derzeit nicht der Fall.
Umstellung auf regenerativ erzeugten Wasser- stoff bei Methanol			

### Allgemeine Kommentare Handlungsfeld 3:

- CCS geht in NRW nicht, mangels Speicherplatz und Akzeptanz (Akzeptanz > Handlungsfeld für Politik)
- CCS ist kein Handlungsfeld der chemischen Industrie; der Einsatz von CCS wäre nur sinnvoll, wenn andere die notwendige Infrastruktur bereitstellen.



## Handlungsfeld Klimaverträgliche Gestaltung des Produktportfolios

Strategien	Minde- rungs- spo- tenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Minimierung des "Rucksacks" der eigenen Produkte			Betrachtung CO <sub>2</sub> -Rucksack verkürzt Diskussion auf Klimaschutz; auch Umweltschutz sowie ökonomische und soziale Aspekte sollten berücksichtigt werden.
Ausbau Verbundwirtschaft und Erhalt von Wertschöpfungsketten			Erhalt der gesamten Wertschöpfungskette in NRW (u.a. auch Grundstoffchemie) reduziert den Carbon Footprint der Produkte.
Weiterentwicklung der Produkte zu Produkten mit geringerem Ressourcen- und Klima-Impact für dieselbe Dienstleistung (z.B. Leichtlaufreifen)	+ / ++		= Substitution Technologiesprünge ++ für indirekte Effekte
Indirekte Beiträge durch Produkte, die für die Energiewende erforderlich sind (z.B. Dämmmaterialien, Komponenten für Batterien, PV), die aber in der Industrie möglicherweise zu höheren Emissionen führen	+ / ++		++ für indirekte Effekte

Allgemeine Kommentare Handlungsfeld 4:

- Kurzfristig = 2020!
- Beispiele Leichtlaufreifen und Dämmmaterialien sind gut.





## Alternative Technologien (langfristig bis 2050):

### Rahmenbedingungen:

Eine Umstellung auf größtenteils erneuerbaren Strom in Deutschland könnte die chemische Industrie stark beeinflussen. Bereits heute wird über eine Renaissance der Elektrochemie gesprochen, die fossile Rohstoffe reduzieren würde. Ein wichtiger Aspekt ist dabei die Weiterentwicklung von Elektrolysetechnologien, die auch zur Herstellung von Wasserstoff aus überschüssigem Wind- und Solarstrom eingesetzt werden kann. Dieser Wasserstoff kann dann mit Hilfe von CO<sub>2</sub> zu methanisiert werden. Sollte in Zukunft eine konstante Versorgung von regenerativem Wasserstoff zu rentablen Preisen möglich sein, könnte Erdgas als feedstock dadurch abgelöst werden und die Produktionsbedingungen von Ammoniak, Methanol oder Kunststoffen verändern.

### Minderungsstrategien:

#### Handlungsfeld Steigerung der Energieeffizienz

Strategien	Minderungs- potenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Zunehmende Nutzung von Membranverfahren	o		Trennprozesse, z.B. organophile Nanofiltration sind im F&E Stadium. Unternehmen geben nicht an, wo Trennprozesse vorkommen.
Zunehmende Nutzung von biotechnologischen Prozessen	o		z.B. biotechnologische Umwandlung von CO <sub>2</sub> + Wasserstoff oder Synthesegas; allerdings Biotechnologische Verfahren für Klimaschutz eher nicht signifikant. Biokatalyse hat Vorteile (hohe Selektivität und die milden Reaktionsbedingungen), aber anschließende Aufarbeitung energieintensiv > LCA nötig zur Beurteilung und sollte strukturierter eingesetzt werden. Z.B. setzt Evonik LCA für mehr



Strategien	Minde- rungs- potenzial (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
			und mehr Produkte ein. Bietet an, mit kostenlosen LCAs KMUs zu unterstützen.
Gasphasen-Phosgenierung bei der Herstellung von Toluylendiisocyanat von Bayer MaterialScience			Hierdurch kann der Energieverbrauch in dieser Herstellungsstufe um 40 – 60 % reduziert werden; sie wird zurzeit in zwei neuen Anlagen in China und Deutschland implementiert
Einsatz der Sauerstoff-Verzehrkatoden-Technologie			Teil des Trends zur Re-Elektrisierung der Chemie (Elektrochemie)
Nutzung von Kuppelgasen aus der Eisen- und Stahlindustrie			

## Handlungsfeld Energieträgerwechsel

Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>



Optimierung und Einsatz von Technologien zur solaren Erzeugung von Prozesswärme	-		<ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht in NRW!</li> <li>- In NRW könnten Technologien entwickelt werden, die woanders zum Einsatz kommen.</li> </ul>
Einstieg in die Nutzung von regenerativ erzeugtem Wasserstoff als Energieträger und regenerativ erzeugtem synthetischen Erdgas (power to gas; Photokatalytische Wasserspaltung)	o		<ul style="list-style-type: none"> <li>- wirtschaftliche Hemmnisse</li> <li>- Nutzung überschüssigen Stroms für chemische Speicher noch im Stadium der Grundlagenforschung</li> </ul>
Die Vergasung von Biomasse für die Herstellung von Synthesegas (Ammoniak)			Derzeit noch im Stadium von Pilotanlagen (derzeit noch hohe Kosten, ggf. durch weitere Optimierung dieser Verfahren und die Verwendung von Abfällen aus der Land- und Forstwirtschaft zukunftssträftig)

## Handlungsfeld Reduktion prozessbedingter Emissionen

Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Potentiale für CCU entwickeln und weitest möglich ausschöpfen	o		<p>läuft im Labormaßstab &gt; ob möglich, wird in spätestens 10 Jahren sichtbar.</p> <p>kann sich ökonomisch lohnen (siehe Phthalate), ökologisch aber eher nicht</p> <p>Komplettes Nutzungspotenzial: 2 Gt CO<sub>2</sub> (inkl. Treibstoffe). Voraussetzung: regenerativer Wasserstoff</p>



Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen <i>(die Anmerkungen beruhen auf dem Kleingruppengespräch der AG2 am 12.11.12 und zusätzlichen Ergänzungen durch Vertreter der chemischen Industrie (VCI))</i>
Einsatz der Weißen Biotechnologie (Anwendung von Mikroorganismen und Enzymen für die Herstellung von Chemieprodukten)			Ein Beispiel für den Einsatz der Weißen Biotechnologie ist die Produktion des Vitamins B2 bei der BASF. Mit dem neuen Verfahren konnten der Rohstoffeinsatz um etwa 60 Prozent, das Abfallaufkommen um 95 Prozent und der CO <sub>2</sub> -Ausstoß um etwa 30 Prozent reduziert werden Unsicher, ob biotechnologische Verfahren für den Klimaschutz mengenmäßig relevant sein könnten.
Neue Verfahren zur Herstellung von Cyclododecanon (CDon)			Das neue Verfahren nutzt das klimaschädliche Lachgas erstmals als Rohstoff mit seiner Eigenschaft als Oxidationsmittel. Es besteht aus drei Stufen und benötigt nur einen Katalysator – im Gegensatz zu konventionellen Prozessen mit fünf Stufen und drei Katalysatoren. Ende 2009 wurde am Verbundstandort der BASF in Ludwigshafen die erste Anlage in Betrieb genommen.
Herstellung von Polycarbonatkunststoffen auf Basis von CO <sub>2</sub>			
Herstellung von Methanol über die sogenannte „trockene Reformierung“			Da die benötigte Energie hier aber hoch ist, ist eine derartige Umsetzung nur bei der Verwendung regenerativer Quellen wie Wind oder Photovoltaik sinnvoll. Teilschritte werden bereits großtechnisch umgesetzt, Pilotanlagen entwickelt. Der größte Forschungsbedarf besteht bei der Katalysatorentwicklung.

**Handlungsfeld Klimaverträgliche Gestaltung des Produktportfolios**

Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen



Strategien	Minde- rungs- potenzi- al (++, +, o)	Umsetz- barkeit (rot, gelb, grün)	Weitere Anmerkungen



## Weiterführende Literatur:

- EnBW; E.ON Energie; RWE Power; Vattenfall Europe (2009): Energiezukunft 2050: Teil II - Szenarien. München: Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. [http://www.ffe.de/download/berichte/Endbericht\\_Energiezukunft\\_2050\\_Teil\\_I.pdf](http://www.ffe.de/download/berichte/Endbericht_Energiezukunft_2050_Teil_I.pdf)
- Fraunhofer ISI (2011a): Endberichterstattung an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Materialeffizienz in der Produktion: Einsparpotenziale und Verbreitung von Konzepten zur Materialeinsparung im Verarbeitenden Gewerbe.
- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCH) (2010): „Energie sparen durch Effizienz - Erfolge in der Chemie“, <http://www.aktuelle-wochenschau.de/2010/w31/woche31.html>
- International Energy Agency (IEA) (2012): Technology Perspectives.
- ICCA (2009): Innovations for Greenhouse Gas Reductions. A life cycle quantification of carbon abatement solutions enabled by the chemical industry. International Council of Chemical Associations. [http://www.iccachem.org/ICCADocs/ICCA\\_A4\\_LR.pdf](http://www.iccachem.org/ICCADocs/ICCA_A4_LR.pdf). Last access: 11 Mai 2011.
- ifeu/Fraunhofer ISI (2011): Endbericht Energieeffizienz: Potenziale, volkswirtschaftliche Effekte und innovative Handlungs- und Förderfelder für die Nationale Klimaschutzinitiative. Heidelberg, Karlsruhe, Berlin, Osnabrück, Freiburg Oktober 2011
- IT.NRW (2011): Energiebilanz und CO<sub>2</sub>-Bilanz in Nordrhein-Westfalen 2009. No. E443200900. Statistischer Bericht. Düsseldorf: Information und Technik Nordrhein-Westfalen.
- McKinsey Deutschland (2007): Kosten und Potentiale der Vermeidung von Treibhausgasemissionen in Deutschland - Sektorperspektive Industrie. Berlin.
- Roland Berger (2011): Studie: Effizienzsteigerung in stromintensiven Industrien, Ausblick und Handlungsstrategien bis 2050, München.
- Saygin, D.; Patel, M. K.; Worrell, E.; Tam, C.; Gielen, D. J. (2011): Potential of best practice technology to improve energy efficiency in the global chemical and petrochemical sector. Energy 36(9)5779–5790. doi: 10.1016/j.energy.2011.05.019.
- UBA (Hrsg.) (2009): Politikszenerarien für den Klimaschutz V - Auf dem Weg zum Strukturwandel. Treibhausgas-Emissionsszenarien bis zum Jahr 2030. Climate Change. Dessau-Roßlau.
- UNIDO (2010): Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking An Energy Policy Tool - Working Paper, November 2010.
- Verband der Chemischen Industrie (VCI) (2011): Die Beiträge der Chemie zu den kommenden Megatrends Herausforderung Klimaschutz Factbook 04 Welche Lösungen bietet die Chemie? Aktuelle Daten und Fakten zur Klimaschutzkonferenz in Durban, 28.11. bis 9.12.2011, [https://www.vci.de/Downloads/Media-Weitere-Downloads/2011\\_11\\_24\\_Factbook\\_04\\_komplett.pdf](https://www.vci.de/Downloads/Media-Weitere-Downloads/2011_11_24_Factbook_04_komplett.pdf)
- VCI (2012): Daten und Fakten zum Thema: Elektromobilität. Stand 24. September 2012. [https://www.vci.de/Downloads/Top-Thema/DF\\_Elektromobilität.pdf](https://www.vci.de/Downloads/Top-Thema/DF_Elektromobilität.pdf)

## Klimaschutzplan Nordrhein-Westfalen

VCI/prognos (2012): Die deutsche chemische Industrie 2030 Kurzfassung der VCI-Prognos-Studie,

[https://www.vci.de/Downloads/2012\\_10\\_05\\_VCI-Prognos-Studie\\_Chemie-2030\\_Kurzfassung.pdf](https://www.vci.de/Downloads/2012_10_05_VCI-Prognos-Studie_Chemie-2030_Kurzfassung.pdf)

VCI (2012b): Responsible-Care-Wettbewerb des VCI zu Ressourceneffizienz Chemieverband prämiert die besten Ideen zur Schonung von Energie und Rohstoffen. 05.10.2012, <https://www.vci.de/Themen/Energie-Klima-Rohstoffe/Rohstoffe/Seiten/Responsible-Care-Wettbewerb-2012-zu-Ressourceneffizienz--die-Bundessieger.aspx>

WWF (2009): Modell Deutschland - Klimaschutz bis 2050. Vom Ziel her denken. Basel/Berlin.

