

Arbeitspapier zur Vorbereitung des Stakeholderdialogs zu Chancen und Risiken des Klimawandels

- Chemieindustrie -

Autor/innen: Prof. Dr. Martin Welp (Fachhochschule Eberswalde)

Jana Gebauer (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW))

Wiebke Lotz (Fachhochschule Eberswalde)

Stand: 18.01.2010

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Auswirkungen des Klimawandels auf die Chemieindustrie	3
3	Maßnahmen zur Anpassung der Chemieindustrie an den Klimawandel	6
4	Schlussfolgerungen.....	8
5	Literatur	8

1 Einleitung

Der Klimawandel beinhaltet eine große Herausforderung für Sektoren und Unternehmen, die nicht nur einen Beitrag zum Klimaschutz leisten sollen, sondern sich an bevorstehende und bereits eingetretende Klimaänderungen anpassen müssen. Auch die Chemieindustrie als wichtiger Industriezweig in Deutschland steht vor der Notwendigkeit, Anpassungsmaßnahmen für die kommenden Jahre und Jahrzehnte zu entwickeln. Die Chemieindustrie ist abhängig von Ressourcen, die klimavulnerable sein können, sie ist Lieferantin für viele andere Wirtschaftsbereiche und von einem funktionierenden Transport ihrer Güter abhängig. Alle genannten Bereiche können in verschiedener Weise durch den Klimawandel beeinflusst werden.

Die Globale Durchschnittstemperatur als ein Schlüsselindikator für Änderungen im Klima wird laut International Panel on Climate Change (IPCC) in diesem Jahrhundert je nach Szenario um 2,0-4,5 Grad Celsius gegenüber dem präindustriellen Niveau steigen. Für die Anpassung in Deutschland sind regionalisierte Szenarien des Klimas notwendig. Derzeit existieren mindestens vier Regionalisierungsmodelle (REMO, CLM, WETTREG und STAR), welche die vom IPCC definierten globalen Klimaszenarien auf die regionale Skala herunterrechnen. Die dynamischen Modelle (z. B. REMO) brechen die globalen Klimaprojektionen anhand physikalisch-numerischer Verfahren auf ein räumlich sehr viel differenzierteres Gitter von etwa 10 km horizontaler Auflösung herunter. Statistische Verfahren (z. B. WETTREG) projizieren dagegen meteorologische Zeitreihen ausgewählter Wetterstationen in Deutschland in die Zukunft.

Zwei wichtige Parameter für das Klima in Deutschland sind der Temperaturanstieg und die Änderungen im Niederschlag (vgl. Tabelle 1). Laut beobachteten Daten liegen acht der zehn wärmsten Jahre (seit 2001) im Zeitraum der letzten 20 Jahre. Allen Modellen zufolge wird die Jahresmitteltemperatur zukünftig ansteigen, die Projektionen liegen abhängig vom gewählten Modell zwischen ca. 1 und 2,5 °C Zunahme bis 2050. Bis 2100 könnten die Temperaturen vor allem im Süden und Südosten überdurchschnittlich stark ansteigen, je nach Szenario um bis zu 4 °C. Besonders deutlich zeigt sich der Temperaturanstieg im Winter. Im deutschen Küstenraum fällt die Erwärmung der Ostseeküste mit 2,8 °C stärker aus als die Erwärmung der Nordseeküste (2,5 °C).

Tabelle 1: Zusammenfassung möglicher Änderungen (Temperatur, Niederschlag)

Mögliche regionale Änderungen in	2021-2050 ¹	2071-2100 ¹
Temperatur	+1,0 bis +2,2 °C im Jahresmittel	+2,0 bis +4,0 °C im Jahresmittel +3,5 bis +4,0 °C im Wintermittel
Niederschlag	0 bis -15% in der Jahressumme (vor allem im Osten) -5 bis -25% in der Sommersumme (vor allem im Osten) 0 bis +25% in der Wintersumme	um 0 in der Jahressumme -15 bis -40% in der Sommersumme 0 bis +55% (regional maximal +70%) in der Wintersumme

Quelle: eigene Zusammenstellung nach Daten BMU & KomPass

¹ jeweils verglichen mit Referenzzeitraum 1961 - 1990

Die durchschnittliche Niederschlagsmenge (vgl. Tabelle 1) wird sich voraussichtlich nur geringfügig ändern, bezüglich der regionalen und saisonalen Verteilung kann es jedoch deutliche Veränderungen geben. Im Gegensatz zu den Temperaturen gibt es in Bezug auf Niederschläge größere Unsicherheiten. Allen Modellen zufolge sinken die Niederschläge im Sommer, während die Winter feuchter werden. Der Einsatz des REMO Modells ergibt für den Sommer in weiten Teilen Deutschlands weniger Niederschläge, besonders stark gehen die Sommerniederschläge in Süd- und Südwestdeutschland sowie in Nord-Ostdeutschland zurück. Hier könnte es bis zum Ende des Jahrhunderts im Vergleich zu heute ein Minus von 30 % in den Sommerniederschlägen geben. Im Winter werden dagegen im Süden und Südosten mehr Niederschläge fallen, allerdings auf Grund der erhöhten Temperaturen weniger Schnee. Vor allem in den Mittelgebirgen Süd- und SüdwestDeutschlands kann bis zu ein Drittel mehr Niederschlag erwartet werden als heute. Somit sind in den Sommermonaten im Nordosten Deutschlands zunehmend Trockenperioden zu erwarten, während es im Südwesten feuchter wird. Auch WETTREG Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Winterniederschlag zunimmt – mit regionalen Unterschieden in der Ausprägung – und im Sommer stellt sich den Szenarien zufolge verbreitet eine Neigung zu steigender Trockenheit ein (Spekat et al. 2007).

Eine Studie des PIK (Potsdam Institut für Klimafolgenforschung) beschäftigt sich mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Flüsse in Nordrhein-Westfalen. Demzufolge steigt im Winter die Hochwassergefahr auf Grund stärkerer Niederschläge. Außerdem setzt die Schneeschmelze früher ein, sodass die winterlichen Abflüsse früher und höher als bisher ansteigen und abfallen. Im Sommer bis in den Herbst hinein steigt auf Grund höherer Temperaturen das Risiko für Niedrigwasser. In den letzten Jahrzehnten haben sich auf Grund des Klimawandels die Flusstemperaturen großer deutscher Flüsse wie des Rheins erhöht. Dieser Trend kann sich fortsetzen, was Konsequenzen für die Einleitung von Kühlwasser hat. Zudem führen höhere Temperaturen zu einer höheren Verdunstung, was die Grundwasserneubildung verringern kann (PIK 2009a und b).

Die deutsche Anpassungsstrategie stellt aufbauend auf regionalen Klimamodellen fest, dass Extremereignisse in ihrem Ausmaß stärker und häufiger werden können. Beispielsweise könnte sich die Anzahl von Sommertagen ($T > 25^{\circ}\text{C}$) bis zum Ende des Jahrhunderts verdoppeln und die von heißen Tagen ($> 30^{\circ}\text{C}$) sogar verdreifachen. Auch die Intensität von Starkniederschlägen wird voraussichtlich ansteigen. In Bezug auf die Häufigkeiten von Sturmtagen sind noch detaillierte Untersuchungen nötig (Die Bundesregierung 2008).

Von der **Europäischen Kommission** liegt ein Weißbuch zur Anpassung an den Klimawandel vor, in dem das Thema Infrastrukturen länderübergreifend behandelt wird. Generell wird die Anpassung von Infrastrukturen als Aufgabe der Mitgliedsstaaten beschrieben, allerdings wird eine wichtige Rolle der EU zum Beispiel in der Entwicklung von Baunormen gesehen (COM 2009: 12). Als notwendige Anpassungsmaßnahme wird ein gemeinsames, koordiniertes Konzept zur Bewertung der Anfälligkeit kritischer Infrastrukturen durch Wetterextreme als Basis für strategische Entscheidungen gesehen; zudem soll bei mit EU-Mitteln finanzierten Infrastrukturprojekten die Klimasicherheit frühzeitig beachtet werden. Weiterhin wollen Kommission und Mitgliedsstaaten Leitlinien entwickeln, damit die Auswirkungen des Klimawandels bei Umweltverträglichkeitsprüfungen, strategischen Umweltprüfungen und Raumplanungspolitiken berücksichtigt werden. Diese regulatorischen Entwicklungen sind für die Chemiebranche als Betreiber von Energieanlagen sowie für die Standortplanung bedeutsam. Auch die Veränderung von UVP und Umweltprüfungen können zu maßgeblichen Veränderungen und Anpassung der Anlagenstandards führen.

Während der Beitrag der Chemieindustrie zum Klimaschutz für bedeutend betrachtet wird, dringt das Thema Anpassungsbedarf der Chemieindustrie erst in der letzten Zeit in die wissenschaftliche und politische Diskussion sowie in die Unternehmenspraxis.

Von Bedeutung ist die Arbeit von **ProcessNet**, eine Initiative von DECHEMA und VDI-GVC, deren Fachgemeinschaft SuPER (Nachhaltige Produktion, Energieeffizienz und Ressourcenschonung) im Frühjahr 2008 die Initiative „**Industriegespräche zur +2-Grad-Gesellschaft – Technologische Auswirkungen des Klimawandels auf Produktionsprozesse und Produkte**“ gegründet und über Industriegespräche Forschungsbedarfe für die Folgen des Klimawandels auf die Prozessindustrie ermittelt hat. Als wichtige Themenfelder wurden Betroffenheit von Prozessen und Anlagen, die Sensibilisierung der Prozessindustrie für Anpassungsmaßnahmen und die Querschnittsfunktion für andere Industriesektoren ermittelt (ProcessNet 2009).

Im Rahmen dieser Kurzexpertise wird analysiert, welche Auswirkungen der Klimawandel auf die Chemieindustrie in Deutschland haben kann. Daran anknüpfend werden potenzielle Anpassungsmaßnahmen vorgestellt.

2 Auswirkungen des Klimawandels auf die Chemieindustrie

Die Chemieindustrie ist als Querschnittsindustrie mit vielen Anwendungsgebieten von den Folgen des Klimawandels sowohl negativ (Risiken) als auch positiv (Chancen) betroffen (Deutsche Bank Research 2007).

Risiken

Die Konsequenzen des Klimawandels können zur Beeinträchtigung der Produktion bis hin zur Abschaltung oder Verlagerung gesamter Anlagen führen (ProcessNet 2009). Der Klimawandel hat zwei Dimensionen: eine natürlich-klimatische und eine regulatorisch-marktwirtschaftliche. Zur ersten gehören z.B. verringerte Niederschläge und damit verbundenes Niedrigwasser. Zur zweiten Dimension gehören z.B. staatliche Maßnahmen, die den Klimawandel bekämpfen sollen. In Deutschland wird die Industrie zunächst stärker von Veränderungen der regulatorisch-marktwirtschaftlichen Situation betroffen sein (Deutsche Bank Research 2007).

Chancen

Unternehmen, die sich pro-aktiv an den Klimawandel anpassen, bieten sich drei Vorteile: Erstens ist es ökonomisch sinnvoll, da eine vorausschauende Anpassung zumeist kostengünstiger ist als eine ad-hoc Anpassung oder gar Beseitigung von Schäden (durch z. B. Extremwetterereignisse). Zweitens kann sich ihre Wettbewerbsfähigkeit gegenüber Mitbewerbern, die sich nicht anpassen erhöhen. Drittens können sie sich weltweit neue Märkte erschließen, da die Nachfrage nach Emissionsminderungs- und Anpassungsmaßnahmen steigen wird. Attraktiv werden dabei Lösungen sein, die Anpassung und Emissionsminderung verbinden (Wuppertal Institut 2008; BMBF 2004).

Rohstoffversorgung, Infrastruktur und Lagerung

Durch den Klimawandel können Beeinträchtigungen von Versorgung, Verkehr und Infrastruktur entstehen. So kann es zu klimabedingten Änderungen der Nachfrage und des Angebots von Rohstoffen und dadurch zu Preisänderungen kommen (Firth 2006; IHK 2009). Engpässe in der Ver-

sorgung können zum Beispiel infolge von Verkehrsbeeinträchtigungen auftreten (BMU 2008a). Ereignisse wie Stürme, Starkregen, Sturmfluten und Gewitter beeinträchtigen in besonders hohem Maße die Gütertransporte durch Bahn und Schiffe. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veröffentlichte 2007 eine Bestandsaufnahme, in der mögliche klimabedingte Auswirkungen auf die Binnen- und Seeschifffahrt ermittelt wurden (BMVBS 2007). Wassertiefstände ebenso wie Hochwasser können den Transport mit Schiffen erschweren bzw. verhindern (Kuckshinrichs et al. 2008). Eine Abnahme der Eis- und Frosttage als Folge des Klimawandels würde dagegen zu geringeren Einschränkungen in allen Verkehrssektoren führen (UBA 2009).

Hochwasser und zu niedrige Wasserstände der Flüsse wie im Jahrhundertsommer 2003 können zudem den Schiffsverkehr einschränken bzw. verteuern (Deutsche Bank Research 2007).

Temperaturextreme und extreme Wetterereignisse können zu Schäden an der Infrastruktur oder zu Stromausfällen führen, sodass es zu Produktionsstörungen oder gar -ausfällen kommt. Eine Zunahme der Schadenwahrscheinlichkeit könnte in Zukunft höhere Abschreibungsrate und höhere Versicherungsprämien zur Folge haben (IHK 2009; Wuppertal Institut 2008; Deutsche Bank Research 2007).

Erhöhte Temperaturen können außerdem Auswirkungen auf die Lagerung flüchtiger Chemikalien und den Behälterdruck haben sowie auf Prozessabläufe und Korrosionsraten. Außerdem könnten die Lagerungssicherheitsstandards gefährdet sein (Firth 2006).

Energieversorgung und CO₂ Emissionen

Die Chemieindustrie ist neben der Stahlindustrie der größte deutsche Energiekonsument. Während die Pharmaindustrie eher weniger Energie verbraucht, ist die Grundstoffchemie extrem energieintensiv.

Durch die steigende Energienachfrage (der so genannten Schwellenländer wie z. B. China und Indien) sind die Energiepreise in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Die Energienachfrage wird auch in Zukunft zunehmen. Das Angebot fossiler Energieträger wächst dagegen nur begrenzt bzw. schrumpft sogar, weil leicht zugängliche Ölfelder versiegen oder in Krisengebieten liegen, was die Versorgungssicherheit gefährdet. Somit werden die Preise für fossile Energieträger voraussichtlich weiter steigen (Deutsche Bank Research 2007).

Aus Klimaschutzgründen ist zudem zu erwarten, dass die Regierung den Verbrauch kohlenstoffbasierter Energieträger verteuert, sowohl in der Energieerzeugung als auch im Kraftstoffbereich (Deutsche Bank Research 2007). Die EU-Kommission plant ab 2013 vermehrt CO₂-Emissionszertifikate zu versteigern und den Anteil kostenfrei zugeteilter Zertifikate konstant zu verringern. Auch ein Großteil der Chemieindustrie wird in Zukunft Zertifikate ersteigern müssen. Zusätzlich werden sich die Strompreise erhöhen, da die Energieversorger die Kosten ihrer Zertifikate auf den Strompreis umlegen werden (Deutscher Naturschutzbund 2009; VCI 2009). Steigende Energie- und Kraftstoffpreise und der Erwerb von Emissionszertifikaten bedeuten also eine Mehrfachbelastung der chemischen Industrie.

Wasserverfügbarkeit

Allgemeine Auswirkungen auf Wasserentnahme und -einleitung

Durch geringere Niederschläge im Sommer kann es auf der einen Seite zu niedrigeren Wasserständen kommen. Auf der anderen Seite erhöht sich die Gefahr von Überschwemmungen durch extreme Niederschläge und Schmelzwassereinspeisung (Wuppertal Institut Jahr 2008; SRU 2009b).

Als Folge zunehmender Wasserknappheit könnten lokale Behörden die Wasserentnahme zukünftig restriktiver handhaben. Erhöhte Umgebungstemperaturen können erhöhte Flusstemperaturen bewirken. Weniger Wasser verteilt zudem Verschmutzungen schlechter. Als Konsequenz könnten lokale Umwelt- und Wasserbehörden die Grenzwerte für Temperatur und Verschmutzungsgrad der eingeleiteten Kühl- bzw. Abwässer verschärfen (Firth 2006).

Spezifische Auswirkungen auf die Kühlung

Für thermische Kraftwerke, wie z. B. Kohle-, Gas- oder Atomkraftwerke, wird als ein zentrales Problem in vielen Studien sowie als Ergebnis der bisherigen Workshops die Verfügbarkeit von Kühlwasser genannt (BMU 2008a; KomPass 2006; Mansanet-Bataller et al. 2008; Mimler et al. 2009; Rothstein et al. 2008). Es ist anzunehmen, dass sich dies auf alle Anlagen übertragen lässt, die Kühlwasser benötigen.

In Sommermonaten kann es durch Niedrigwasser und höhere Gewässertemperaturen zu Einschränkungen kommen. Dies war im Sommer des Jahres 2003 bereits der Fall: Drei Kraftwerke mussten ihre Leistung um die Hälfte reduzieren. In Zukunft kann es häufiger zu solch hohen Sommertemperaturen und somit zu Leistungseinschränkungen kommen. Auch Anlagen, die ihre Kühlung aus dem Grundwasser beziehen, könnten durch lange Trockenperioden und somit sinkende Wasserpegel beeinträchtigt werden. Um den wasserrechtlichen Auflagen zu entsprechen, kann es zu Restriktionen der Wasserentnahme und -einleitung kommen. Alternativ könnten Ausnahmeregelungen, wie im Sommer des Jahres 2003, erlassen werden, was jedoch die Flussökosysteme zusätzlich belasten würde (BMU et al. 2008; Kemfert 2007; SRU 2009b).

Der Klimawandel induziert zudem Wirkungsgradverschlechterungen bei konventionellen Kraftwerken infolge höherer Temperaturen des Kühlwassers und bei Gasturbinen zusätzlich durch eine höhere Lufttemperatur. Auch die Effizienz eines Kühlturms sinkt mit steigender Lufttemperatur (Kuckshinrichs et al. 2008).

Um zum einen das ökologische Gleichgewicht von Gewässern zu erhalten und zum anderen die Leistungsfähigkeit der Anlagen zu erhalten, sind genaue, flussgebietsbezogene Analysen sowie innovative Kühlungsansätze vonnöten. Im GLOWA Elbe und Donau Projekt werden Strategien zur nachhaltigen Bewältigung von Wasserverfügbarkeitsproblemen ermittelt (GLOWA 2009). Die drei Elbländer Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein haben einen neuen Wärmelastplan für die Elbe aufgestellt, der seit dem 01.01.2009 in Kraft ist und in dem Grenzwerte für maximale Einleit- und Gewässertemperaturen festgelegt sind (Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt 2008). Dem BMU zufolge werden für den Fall, dass im Sommer Fluss- und Grundwasserkühlung nicht mehr möglich sind, partiell bereits Notwasseranschlüsse für Kraftwerke angelegt (BMU 2008b).

Laut ProcessNet besteht zudem Forschungsbedarf zu folgenden weiteren Problemen: Biomassewachstum (Fouling) und Ablagerungen (Scaling), Veränderung von mikrobiellen Populationen, zu-

nehmende Keimbela stung von Roh- und Prozesswässern sowie steigende Konzentration organischer und anorganischer Substanzen sowohl in Prozesswasserkreisläufen als auch in natürlichen Wasserkompartimenten (ProcessNet 2009). Für die Unternehmen der chemischen Industrie könnte eine Verstärkung dieser Probleme einen erhöhten Einsatz von Bioziden, Härtestabilisatoren, Dispergatoren und/oder Korrosionsschutzmitteln sowie verstärkte Investitionen in vor- und nachgeschaltete Technologien nach sich ziehen. Hier sind innovative umweltverträgliche Lösungen gefragt. (UBA 2002).

3 Maßnahmen zur Anpassung der Chemieindustrie an den Klimawandel

Rohstoffversorgung, Infrastruktur und Lagerung

Durch die möglicherweise beeinträchtigte Versorgungssicherheit nimmt das Risiko der just in time-Logistik zu. Um die Versorgungssicherheit zu erhöhen, könnte auf Lagerhaltung umgestellt werden, was allerdings den Bau zusätzlicher Lagerhallen erfordert (Wuppertal Institut 2008; Firth 2006). Transport- und Lagerungsbedarf können insgesamt durch regionale Clusterung und marktnahe Produktion minimiert werden (Gebauer, Timme 2009).

Um Schäden an der Infrastruktur vorzubeugen, können die Auslegung exponierter Gebäude- und Infrastrukturteile verändert und Schutzvorrichtungen gebaut oder nachgerüstet werden (Wuppertal Institut 2008).

Energieversorgung und CO₂ Emissionen

Durch Entkopplung von Energieeinsatz und Emission, v. a. durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und die Umstellung von Kohle auf Gas, konnte die chemische Industrie ihren Energieverbrauch und ihre Emissionen senken (Rothermel 2003). Effiziente Energienutzung wird auch in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen und ein echter Wettbewerbsfaktor werden (Deutsche Bank Research 2007).

Auf Grund der zu erwartenden Preissteigerung und der Gefährdung der Versorgungssicherheit ist jedoch zu überlegen, inwiefern die Chemieindustrie von fossilen auf erneuerbare Energieträger umstellen kann. Dies ist besonders in den Nutzungsbereichen bedeutsam, in denen im Zuge des Klimawandels mit einem zunehmenden Energieverbrauch zu rechnen ist. Beispielsweise wird in Gebäuden in intensiveren Hitzeperioden eine verstärkte Kühlung benötigt, die zu einem höheren Energieeinsatz führt (Die Bundesregierung 2008). Durch solare Kühlung oder die Sonnenstrahlung reflektierende Dachziegel kann hier entgegengewirkt werden. Damit können im Vergleich zu herkömmlichen Klimaanlagen zudem Treibhausgase vermieden werden (Wuppertal Institut 2008).

Wasserverfügbarkeit und Wassernutzung, insbesondere bei der Kühlung

Veränderungen in den Niederschlägen und mögliche resultierende Wasserknappheit haben Auswirkungen auf die Wasserentnahme und -einleitung. Allgemein kann der Wasserknappheit durch Maßnahmen wie Bewässerungssysteme, Reservoirs und Regenwassernutzung entgegengewirkt werden (Wuppertal Institut 2008). Eine weitere Möglichkeit ist die Kreislaufschiebung, die jedoch laut ProcessNet (2009) noch sehr aufwändig und mit Wirkungsgradeinbußen verbunden ist.

Spezifisch im Bereich der Kühlung kann der Wasserbedarf durch Effizienzsteigerungen und die Umstellung von Kühlsystemen deutlich gesenkt werden. Bei offener Kreislaufkühlung werden nur 2-5 % des zur Durchlaufkühlung nötigen Frischwassers verbraucht. Offene Kreislaufkühlung ist jedoch anfällig für Scaling, Fouling und Korrosion. Durch Kühltürme, in denen Wasser verrieselt und so Wärme über Verdunstung abgeführt wird (= Ablaufkühlung), kann der Wasserverbrauch um das 30- bis 50-fache verringert werden. Weitere Möglichkeiten sind geschlossene Kühlsysteme (Trockenkühltürme) und die solare Klimatisierung (PIK 2009b; Wuppertal Institut 2008; UBA 2002). Allerdings gehen diese Umstellungen mit vermindernden Wirkungsgraden der Kraftwerke einher: bei Nasskühlung mittels Kühlurm um 2 - 3% gegenüber der Durchlaufkühlung, bei Trockenkühltürmen ist die Verringerung noch weitaus drastischer (PIK 2009b).

Weitere Maßnahmen sind die Installation von Einsaug-Luftkühlern bei Gasturbinenanlagen und das Anlegen und Vorhalten von Ausgleichsseen, die eine Wasserentnahme ermöglichen, wenn nicht ausreichend Flusswasser zur Verfügung steht (Kuckshinrichs et al. 2008).

Da die Nachfrage nach (alternativen) Kühlmöglichkeiten weltweit steigen wird, bieten sich in diesem Bereich Chancen für innovative Chemieunternehmen (Wuppertal Institut 2008).

Neue Produkte

Erzeugnisse der Chemieindustrie können einen relevanten Beitrag zur technologischen Bewältigung klimabezogener Herausforderungen spielen. Es gilt beispielsweise, problematische Substanzen wie das Treibhausgas Schwefelhexafluorid in der Energiewirtschaft zu ersetzen, zu einem niedrigeren Energieverbrauch beim Einsatz von Chemikalien in Industrie und Haushalten beizutragen (z. B. durch neue, leistungsfähige Katalysatoren) oder die Entwicklung neuartiger Werkstoffe und Klimaschutztechnologien zu unterstützen (z. B. Brennstoffzellen, Photovoltaik, Leuchtdioden, Oberflächenveredlung) (Gebauer, Timme 2009). Zudem werden Hausdämmung und Kühltechnik in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Branchen, die bei der Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden einen Beitrag leisten können, können sich somit ebenfalls ökonomische Vorteile erarbeiten (Deutsche Bank Research 2007, Wuppertal Institut 2008 und BMBF 2004).

Die Nachfrage nach Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln wird laut Deutsche Bank Research (2007) steigen. Alternative Düngemittel können z. B. die Lachgasemissionen reduzieren. Biotechnologisch hergestellte Aminosäuren wie DL-Methionin, L-Lysin und L-Threonin ersetzen bereits heute weniger gezielt einsetzbare Proteine und reduzieren dadurch Stickstoffscheidungen in Form von Ammoniak (Deutsche Bank Research 2007; BMBF 2004).

Durch milder Winter werden in unseren Breitengraden möglicherweise weniger Menschen an Grippe erkranken. Durch steigende Temperaturen breiten sich aber Krankheitserreger wie Moskitos und mit ihnen Krankheiten wie Malaria nach Norden aus. Dadurch könnten zukünftig vermehrt Insektizide und Medikamente benötigt werden (Deutsche Bank Research 2007).

Innovative Materialien und ressourceneffiziente, klimafreundliche Prozesse in der Stoffumwandlung und Energiegewinnung sind ebenfalls von Bedeutung (ProcessNet 2009). Neue Reaktionswege und -regimes und gezielte Reaktionskontrolle können Prozessschritte einsparen. Beispiele hierfür sind Mikrostrukturapparate, Membranreaktoren und Spinning Disc Reaktoren (BMBF 2004). Klimaschutzrelevante Forschungsfelder gibt es auch in der Katalyse. Forschungsbedarf ergibt sich bezüglich der katalytischen Aktivierung der Kohlenstoff-Wasserstoff-Bindung in Alkanen, wodurch ein Wechsel von Olefinen auf Alkane mit ebenfalls hohen Energieeinsparmöglichkei-

ten möglich wäre. Des Weiteren gehört hierzu die Bereitstellung von Wasserstoff als Energieträger und auch die Oleochemie (Rothermel 2003; BMBF 2004). Einzelne Unternehmen arbeiten zudem an innovativen Wegen zur Herstellung von Chlor- und Natronlauge, z. B. mit Gasdiffusionselektroden, oder am Recycling von Katalysatoren und Polytetraflourethylen (Klimazwei 2007).

4 Schlussfolgerungen

Die Hauptsrisiken der Chemieindustrie liegen in der Gefährdung der Versorgungssicherheit mit Rohstoffen und Wasser. Außerdem ist mit einer Verteuerung von (fossilen) Rohstoffen und Energie zu rechnen.

Es ist darum ratsam, die Emissionen zu reduzieren, die Effizienz zu steigern und von fossilen Rohstoffen auf nachwachsende Rohstoffe / erneuerbare Energien umzusteigen. Auf Grund des erhöhten Risikos von Niedrigwasser und Flusserwärmung sollte eine effizientere oder wasserunabhängige Kühlung entwickelt werden.

Der Chemieindustrie bieten sich aber auch zahlreiche Chancen. Durch die Entwicklung effizienterer, emissionsärmerer und ohne fossile Rohstoffe auskommende Prozesse und Produkte kann die Chemieindustrie einen entscheidenden Beitrag zur Verhinderung und Anpassung an den Klimawandel leisten und sich neue Märkte erschließen.

5 Literatur

- BMBF [Bundesministerium für Bildung und Forschung] (2004): Forschung für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen;
www.bmbf.de/pub/forschung_fuer_den_klimaschutz_schutz_vor_klimawirkung.pdf (12.12.2009).
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit] (2008a): BMU-Konferenz „Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel“ am 15./16.4.2008 in Berlin - Rapport Workshop „Energiewirtschaft“; www.wasklim.de (29.04.09).
- BMU [Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit] (2008b): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen; www.bmu.de (29.04.09).
- BMU/ UBA/ KomPass (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel - Erwartungen, Ziele und Handlungsoptionen - Hintergrundpapier zur Fachkonferenz, 15./16.04.2008; www.wasklim.de (29.04.09).
- COM [Commission of the European Communities] (2009): White Paper: Adapting to Climate Change: Towards a European Framework for Action; COM(2009) 147 final; Brüssel,
<http://ec.europa.eu> (01.04.09).
- Deutsche Bank Research (2007): Klimawandel und Branchen: Manche mögen's heiß!;
www.dbresearch.de/PROD/DBR_INTERNET_DE-PROD/PROD0000000000211107.pdf (12.12.09).

- Deutscher Naturschutzring (2009): Richtlinie über die dritte Phase des europäischen Emissionshandelsystems (2013 - 2020);
www.eu-koordination.de/PDF/2009-02-02_emissionshandel.pdf (12.12.09).
- Deutscher Wetterdienst (2009): Klimawandel im Detail - Zahlen und Fakten zum Klima in Deutschland; www.dwd.de/bvbw/generator/Sites/DWDWWW/Content/Presse/Pressekonferenzen/2009/PK_28_04_09/ZundF_PK_20090428,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/ZundF_PK_20090428.pdf (12.12.09).
- Die Bundesregierung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel vom Bundeskabinett am 17. Dezember 2008 beschlossen; www.bmu.de (12.12.09).
- Firth, J./ Colley, M. (2006): The Adaptation Tipping Point: Are UK Businesses Climate Proof?; https://www.cdproject.net/CDPResults/CDP4_FTSE350_Adaptation_Report.pdf (12.12.09).
- Gebauer, Jana / Timme, Stephan (2009): Branchenkriterien Chemie / Pharma / chemienahe Konsumgüter, in IÖW/future (Hrsg.): Anforderungen an die Nachhaltigkeitsberichterstattung: Kriterien und Bewertungsmethode im IÖW/future-Ranking; Berlin, Münster, Juni 2009, S. 67-77;
www.ranking-nachhaltigkeitsberichte.de/pdf/2009/Branchen_PDFs/Branchenpapier_ChemiePharmaKonsumgueter.pdf (12.12.2009).
- GLOWA (2009): GLOWA - Globaler Wandel des Wasserkreislaufs. www.glowa.org (29.04.09).
- IHK (2009): Die Wirtschaft und der Klimawandel - Reaktionen der Unternehmen; München.
- Kemfert, Claudia [Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung] (2007): Klimawandel kostet die deutsche Volkswirtschaft Milliarden; [DIW [Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung]]: Wochenbericht Nr. 11, Berlin, www.diw.de (29.04.09).
- Klimazwei (2007): klimazwei. Risiken mindern - Chancen nutzen;
www.klimazwei.de/portals/0/newsletter/klimazwei-Newsletter_0407.pdf (12.12.09).
- KomPass (2006): Zweiter nationaler Workshop: Anpassung an Klimaänderungen in Deutschland - Regionale Szenarien und nationale Aufgaben; www.anpassung.net (01.04.09).
- KomPass (2007): Dritter nationaler Workshop: „Klimawandel in Deutschland: Strategien der Anpassung“. 6. und 7. November 2007, UBA Dessau-Roßlau - Zusammenfassung; www.anpassung.net/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/Stakeholder-WS/071106-07_nationaler_WS_03/Download/Zusammenfassung_final,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Zusammenfassung_final.pdf (12.12.09).
- Kuckshinrichs, W./ Fischedick, M./ Fichtner, W./ Rothstein, B. (2008): Thesenpapier für das DAS Symposium - Betrachtungsfeld: Energie; <https://www.ufz.de> (01.04.09).
- Lenz, B./ Valee, D. (2008): Thesenpapier für das DAS Symposium, Betrachtungsfeld: Verkehr und Kommunikation; www.ufz.de/das/index.php?de=16998 (12.12.09).
- Mansanet-Bataller, Maria/ Hervé-Mignucci, Morgan/ Leseur, Alexia (2008): Energy Infrastructures in France: Climate Change Vulnerabilities and Adaptation Possibilities; Mission climate working Paper - N° 2008 - 1.
- Mimler, Solveig/ Müller, Ulrike/ Greis, Stefanie/ Rothstein, Benno (2009): Impacts of Climate Change on Electricity Generation and Consumption.

- Modellprojekt Kassel: www.modellprojekt-kassel.de (12.12.09).
- Niehoff, D (2007): Schutz kritischer Infrastrukturen;
[www.anpassung.net/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/_Stakeholder-WS/071106-07_nationaler_WS_03/Download/_Impulsvo... Niehoff,templateId= raw,property=publicationFile.pdf/Impulsvo... Niehoff.pdf](http://www.anpassung.net/DE/Anpassungsstrategie/Veranstaltungen/_Stakeholder-WS/071106-07_nationaler_WS_03/Download/_Impulsvo...) (12.12.09) .
- PIK [Potsdam Institut für Klimafolgenforschung] (2009a): Neue NRW-Studie zeigt Risiken des Klimawandels auf; Pressemitteilung;
www.pik-potsdam.de/aktuelles/pressemitteilungen/neue-nrw-studie-zeigt-risiken-des-klimawandels-auf/?searchterm=klimazukunft (12.12.09).
- PIK [Potsdam Institut für Klimafolgenforschung] (2009b): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen. Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren;
www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss_pik_0904.pdf (12.12.09).
- ProcessNet (2009): Industriegespräche zur +2-Grad-Gesellschaft - Technologische Auswirkungen des Klimawandels auf Produktionsprozesse und Produkte". Forschungsbedarfe. Stand Juni 2009.
- Rothermel, J. (2003): Chemische Industrie und Klimaschutz. In: Graue Reihe, Nr. 34; www.eaw.de/fileadmin/downloads/Graue_Reihe/GR_34_KlimaaenderungWirtschaft_072003.pdf (12.12.09).
- Rothstein, B./ Müller, U./ Greis, S./ Schuls, J./ Scholten, A./ Nilson, E. (2008): Elektrizitätsproduktion im Kontext des Klimawandels. Auswirkungen der sich ändernden Wassertemperaturen und des sich verändernden Abflussverhaltens. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft, Nr. 10, S. 555-561.
- Spekat, A./ Enke, W./ Kreienkamp, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2.
- SRU (2007): Klimaschutz durch Biomasse; Berlin.
- UBA [Umweltbundesamt] (2002): Einsatz umweltverträglicher Chemikalien in der Kühlwasserkonditionierung; www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2218.pdf (18.12.09).
- UBA [Umweltbundesamt] (2005): Entlastungseffekte für die Umwelt durch Substitution konventioneller chemisch-technischer Prozesse und Produkte durch biotechnische Verfahren; www.umweltbundesamt.de (12.12.09).
- UBA [Umweltbundesamt] (2008): Klimaauswirkungen und Anpassungen in Deutschland - Phase 1: Erstellung regionaler Klimaszenarien. In: Climate Change, Nr. 11/08, S. 154.
- UFZ, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (2008): Deutsche Anpassungsstrategie (DAS) an den Klimawandel. Bericht zum Nationalen Symposium zur Identifizierung des Forschungsbedarfs; http://www.ufz.de/data/Bericht_DAS_Symposium_1510099436.pdf (12.12.09).
- VDI [Verband der chemischen Industrie] (2009): EU-Emissionshandel; <http://www.vci.de/default-cmd-shd-docnr-125660-lastDokNr-114665.htm> (12.12.09).

Wagner, S., Graf N., Böchzell H., Schnitzer H. (2007): Nachwachsende Rohstoffe für die chemische Industrie.

Wuppertal Institut (2008): Anpassung an den Klimawandel - Risiken und Chancen für Unternehmen.

Kontakt Autor/innen

Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW)

Jana Gebauer

Potsdamer Straße 105

10785 Berlin

fon +49 (0)30-884594-0

fax +49 (0)30-8825439

jana.gebauer@ioew.de

Fachhochschule Eberswalde

Prof. Dr. Martin Welp, Wiebke Lotz

Fachbereich Wald und Umwelt

Alfred-Moeller-Str. 1

16225 Eberswalde

fon +49 (0)3334-65483

fax +49 (0)3334-65428

martin.welp@fh-eberswalde.de