

Umwelt  
Bundes  
Amt

Für Mensch und Umwelt



KomPass  
Kompetenzzentrum  
Klimafolgen u. Anpassung



Anpassung an den Klimawandel  
**CHEMIEINDUSTRIE**

Das Klima ändert sich und mit ihm das Umfeld für Mensch und Umwelt. Grund ist der vom Menschen verursachte Anstieg der Treibhausgasemissionen in der Atmosphäre. Unser Klimasystem reagiert träge – viele Folgen der Emissionen vergangener Jahre spüren wir erst in den kommenden Jahrzehnten. Deutschland nimmt bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen, der Förderung der Energieeffizienz und dem Ausbau der erneuerbaren Energien eine Vorreiterrolle ein. Gleichzeitig müssen wir aber davon ausgehen, dass die bereits eingetretenen und sich abzeichnenden Veränderungen des Klimasystems soziale, ökologische und ökonomische Folgen haben werden – auch in Deutschland. Neben den Anstrengungen zur Reduzierung der Emission von Treibhausgasen wird es zunehmend wichtig, uns auch an die nicht mehr vermeidbaren Folgen des Klimawandels anzupassen: Mit umfassenden Strategien, die vor Ort umzusetzen sind und mit denen wir rechtzeitig beginnen müssen.

Die Chemieindustrie unternahm bereits in der Vergangenheit Maßnahmen zur Minderung ihrer Treibhausgasemissionen, insbesondere wird inzwischen Energie effizienter eingesetzt. Die weitere große Herausforderung, Produkte, Produktionsprozesse und Standorte an bevorstehende und bereits eintretende Klimaänderungen anzupassen, gerät erst langsam in den Blick der Branche.

---

## KLIMAWANDEL & KLIMAFOLGEN IN DEUTSCHLAND

---

2

Der Klimawandel zeigt seine Folgen auch bei uns in Deutschland. So ist die Jahresmitteltemperatur bereits in den letzten beiden Jahrzehnten messbar angestiegen und wird auch zukünftig weiter zunehmen. Die Szenarien der Klimaforschung erwarten – abhängig vom verwendeten Klimamodell – zwischen rund 1 und 2,5 Grad Celsius (°C) Temperaturzunahme für den Zeitraum 2021 bis 2050 gegenüber dem Zeitraum von 1961 bis 1990. Für den Zeitraum 2071 bis 2100 liegen die Szenarien mit 1,5 bis 3,7°C sogar noch deutlich höher.



Sehr wahrscheinlich ist eine Erwärmung um 2 bis 3°C bis zum Ende dieses Jahrhunderts. Dabei prägt sich der Klimawandel regional und jahreszeitlich sehr unterschiedlich aus. Insgesamt wird es weniger Frosttage und mehr heiße Tage mit Höchsttemperaturen über 30°C geben. Auch wird die Zahl der Tropennächte steigen, d. h. Nächte, in denen die Temperaturen nicht unter 20°C sinken. Weiterhin wird es mehr und längere Trockenperioden geben. Die Niederschläge könnten im Sommer um bis zu 30 Prozent ab- und im Winter sowie im Frühjahr hingegen zunehmen.

Szenarien zur zukünftigen Entwicklung von Häufigkeit und Intensität extremer Wetterereignisse wie Hitze- und Dürreperioden, Starkniederschläge, Stürme, Hagel und Gewitter sind im Vergleich zur zukünftigen Temperatur- und Niederschlagsentwicklung weniger präzise und sicher. Für alle diese Ereignisse werden jedoch bereits in den nächsten drei Jahrzehnten mit hoher bis sehr hoher Wahrscheinlichkeit Zunahmen erwartet. Lediglich die Zunahme von Stürmen ist weniger gewiss.

---

## BETROFFENHEIT UND HERAUSFORDERUNGEN

---

Der Anpassungsbedarf der Chemieindustrie entsteht einerseits aus den negativen Folgen des Klimawandels für die Produktions- und Logistikprozesse. Andererseits ergeben sich vielfältige neue Möglichkeiten für die Gestaltung des Portfolios und die Generierung neuer Märkte, dies gilt vor allem in den industriellen Anwendungsbereichen chemischer Produkte.

Die Produktions- und Logistikprozesse, aber auch die Energieeigenerzeugung sind insbesondere durch quantitative wie qualitative Beeinträchtigungen der ganzjährigen Wasserverfügbarkeit aus den Flüssen betroffen. Zunächst kann es durch die prognostizierten geringeren Niederschläge und erhöhten Lufttemperaturen im Sommer zu niedrigeren Wasserständen mit spürbaren Auswirkungen auf entnehmbare Kühlwassermengen und die Binnenschifffahrt kommen. Die erhöhten Umgebungstemperaturen schlagen zudem umso mehr auf die Temperaturen der Flüsse durch, je weniger Wasser diese führen. Als Folge werden die bis zur Erreichung der Temperaturgrenzwerte einleitbaren Wärmeleistungen geringer. Zusätzliche Rückkühlwerke dürften erforderlich werden. Bei steigenden Durchschnittstemperaturen nimmt der Sauerstoffgehalt der Gewässer ab. Es dürften daher strengere Grenzwerte für den Verschmutzungsgrad der eingeleiteten Kühl- bzw. Abwässer erforderlich werden.



Die Kühl- und Prozesswasserkreisläufe der Unternehmen können verstärkt durch Biomassewachstum (Fouling) und Ablagerungen (Scaling), Veränderungen mikrobieller Populationen, zunehmende Keimbelastung sowie steigende Konzentrationen organischer und anorganischer Substanzen belastet werden. Dies zieht einen erhöhten Aufwand durch den Einsatz von Bioziden, Härtestabilisatoren, Dispergatoren und Korrosionsschutzmitteln sowie verstärkte Investitionen in vor- und nachgeschaltete Technologien nach sich. Zusätzliche technische und finanzielle Aufwendungen sind auch durch erhöhte Lufttemperaturen zu erwarten, die Auswirkungen auf die Lagerung von Chemikalien und die Kühlung der Werke und Bürogebäude haben.

Extreme Temperaturen, Wetterereignisse und deren Folgen, wie Überflutungen, können zu Schäden an den Produktionsanlagen, der Infrastruktur oder zu Stromausfällen und damit zu Produktionsstörungen oder gar -ausfällen führen. Sie wirken zudem auf die Verkehrsinfrastruktur und beeinträchtigen so, neben der Erreichbarkeit für die Beschäftigten, vor allem den An- und Abtransport von Rohstoffen und Produkten. Die hieraus entstehenden Risiken für Just-in-time-Produktion und Logistik verstärken sich noch durch klimabedingte Änderungen in Angebot, Nachfrage und Preisen von Rohstoffen. Aufgrund der internationalen Aufstellung und Vernetzung der Chemieindustrie wirken derartige Folgen auch dann, wenn sie außerhalb Deutschlands eintreten. Denn bei internationalen Standortentscheidungen und bei der Bewertung der Zuverlässigkeit von Lieferanten gewinnen derartige mögliche Folgen des Klimawandels an Bedeutung.

4

Die Chemieindustrie, insbesondere die Grundstoffchemie, ist extrem energieintensiv. Durch die weltweit steigende Energienachfrage sind die Energiepreise in den letzten Jahren deutlich gestiegen. Dieser Trend wird sich voraussichtlich auch in Zukunft fortsetzen, zumal das Angebot fossiler Energieträger stagnieren bzw. schrumpfen wird. Zu erwarten ist die zusätzliche Verteuerung kohlenstoffbasierter Energieträger und die Erhöhung des Anteils zu ersteigerten Emissionszertifikate aus Klimaschutzgründen.

Im Bereich der Prozesstechnik in der chemischen Industrie können energie- und ressourceneffiziente Prozesse nicht nur einen maßgeblichen Beitrag zur Reduktion eigener negativer Klimawirkungen, insbesondere der CO<sub>2</sub>-Emissionen, leisten. Sie bieten zusätzlich die Möglichkeit zum Übertrag in andere Prozessindustrien. Aufgrund langer Investitionszyklen stehen die Unternehmen vor der Herausforderung, bereits bei den heutigen Investitionen in Technologien und Verfahren zukünftige Anpassungsbedarfe zu berücksichtigen. Hierzu gehört auch, Technologien und Anpassungsmaßnahmen jeweils nach ihrer CO<sub>2</sub>-Bilanz zu bewerten und abzuwägen. Herausforderungen für die Unter-



nehmen bestehen weiterhin darin, verstärkt in die Produktentwicklung zu investieren, um damit die Anpassung insbesondere der industriellen Abnehmer, aber auch der Endverbraucherinnen und Endverbraucher zu unterstützen. Gerade in Anpassungsmaßnahmen im Bereich der Markt- und Produktentwicklung liegen zentrale ökonomische Chancen für die Chemieindustrie.

---

## WIE ANPASSEN?

---

Die Bundesregierung bündelt die Anpassungsaktivitäten in der Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel (DAS). Die Strategie legt den Grundstein für einen mittelfristigen Prozess, in dem die entsprechenden Ziele definiert sowie mögliche Anpassungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden sollen. In diesem Zusammenhang veranstaltet das Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung im Umweltbundesamt sektorbezogene Stakeholderdialoge. Hier diskutierten Vertreterinnen und Vertreter verschiedener Akteursgruppen jeweils Anpassungsbedarfe und erarbeiteten erste Handlungsempfehlungen.

Nach Ansicht des Umweltbundesamtes liegen prioritäre Maßnahmen vor allem im Bereich der langfristig ausgerichteten Innovations- und Investitionstätigkeit der Chemieunternehmen selbst, in der standort- bzw. regionenbezogenen Risikoanalyse sowie in der Formulierung europaweiter oder globaler Standards. Hierbei sollten die Politik, die Wissenschaft sowie andere Unternehmen wie Versicherer, Zulieferer und Transportdienstleister ebenfalls adressiert werden.

Erzeugnisse der Chemieindustrie können einen relevanten Beitrag zur technologischen Bewältigung klimabezogener Herausforderungen in anderen Bereichen wie der Energiebranche oder der Landwirtschaft, in privaten Haushalten, aber auch in der eigenen Branche selbst leisten. Unternehmen, die verstärkt in Forschung und Entwicklung sowie den Ausbau von Forschungsk Kooperationen investieren, können sich daher über klimarelevante Produkt- und Prozessinnovationen ökonomische Chancen erarbeiten. Die Innovationen zielen beispielsweise auf Produkte und Lösungen zur Unterstützung von Klimaschutz und -anpassung der Kunden oder auf die Verbrauchs- und Emissionsreduzierung und deren Technologien und Verfahren. Beispiele hierfür reichen von Dämmstoffen für die energetische Sanierung bis hin zur Entwicklung innovativer Pflanzenschutzmittel oder komplexer Lösungen zur Energieeinsparung. Auch die Entkopplung eigener technischer Prozesse (z. B. Regenwasserentsorgung – Abwasserreinigung, Brauchwassereinsatz – Kühlwassereinsatz) oder die Verrin-



gerung der Abhängigkeit von zentraler Infrastruktur (z. B. durch Energieeigenerzeugung, Erhöhung der Lagerkapazitäten) sind Ziele innovationsorientierter Anpassungsmaßnahmen.

Das ökonomische Risiko, das generell mit Innovationsprozessen einhergeht, wird durch die bestehende Unsicherheit in Bezug auf Klimawandelfolgen und Regulierungsanforderungen verstärkt. Zudem erfordern Anpassungsmaßnahmen wie Technologie- und Produktentwicklung oder Markterschließung hohe Anfangsinvestitionen. Eine preisliche Differenzierung gegenüber Mitbewerbern ist jedoch kaum möglich, da den Kunden Klimaschutzaktivitäten und auch die Güte des unternehmerischen Anpassungsprozesses bislang kaum vermittelt werden können.

6

Die erfolgreiche Etablierung neuer Produkte am Markt bzw. die Implementierung neuer Prozesse im Unternehmen bedarf daher einer unterstützenden Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen. Neben dem langfristig ausgerichteten unternehmerischen Investitions- und Innovationsverhalten ist daher auch eine langfristig orientierte Politikgestaltung notwendig. In gewissem Maße können hier ökonomische Anreize unterstützend wirken, sie sollten aber vorrangig auf marktbasierende Mechanismen beschränkt bleiben. Weiterhin kann die branchenweite Einführung technischer Mindeststandards den Prozess unterstützen und frühzeitiges, vorausschauendes Handeln belohnen.

Um Risiken rechtzeitig zu begegnen, sollten Instrumente des unternehmerischen Risikomanagements eingesetzt werden, insbesondere Frühwarn- und Monitoringsysteme (z. B. Wettersensoren). Weiterhin kann die Vulnerabilität gezielt verringert werden, indem beispielsweise Standorte, Lieferanten und Rohstoffe stärker diversifiziert oder eine risikoadäquate Redundanz und Lagerhaltung aufgebaut werden. Lagerhaltung reduziert die mit der Just-in-time-Logistik und -Produktion verbundenen Risiken, kann jedoch wiederum im konkreten Ereignisfall mit einem höheren Schadenspotenzial verbunden sein. Transport- und Lagerungsbedarf können insgesamt durch regionale Clustering und marktnahe Produktion minimiert werden.





Um Schäden an Anlagen und Infrastruktur vorzubeugen, sollten die Auslegung exponierter Anlagen-, Gebäude- und Infrastrukturateile überprüft und Schutzvorrichtungen gebaut oder nachgerüstet werden. Nicht zuletzt sind Anpassungserfordernisse des Klimawandels sowohl in die Standortwahl als auch in die spezifische Anlagenplanung einzubeziehen.

Für Fragen der internationalen Standortwahl werden nicht nur die zukünftigen örtlichen Folgen des Klimawandels entscheidend sein, sondern auch das rechtzeitige Treffen der richtigen Maßnahmen zur Anpassung daran. Insofern dient die Anpassung an den Klimawandel auch der Standortsicherung der chemischen Industrie.

Fragen des Anpassungsbedarfs bei Anlagen und Anlagenplanung im Hinblick auf die Sicherheit bei wetterbedingten Extremereignissen und der Veränderung derselben aufgrund des Klimawandels werden deshalb von der Kommission für Anlagensicherheit diskutiert. Der Entwurf einer Technischen Regel Anlagensicherheit „Niederschläge und Hochwasser“, nach der die Sicherheitsanforderungen bis 2050 aufgrund des Klimawandels steigen, wurde bereits von der Kommission verabschiedet.

Der Wasserknappheit kann durch Bewässerungssysteme, Reservoirs und Regenwassernutzung entgegengewirkt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Kreislaufschließung und Rückkühlung, deren Aufwand und Wirkungsgradeinbußen es zu verringern gilt. Spezifisch im Bereich der Kühlung kann der Wasserbedarf durch Effizienzsteigerungen und die Umstellung von Kühlsystemen (auch auf wasserunabhängige Kühlung) deutlich gesenkt werden. Durch Entkopplung von Energieeinsatz und Emission, vor allem durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und die Umstellung von Kohle auf Gas, konnte die chemische Industrie in der Vergangenheit bereits ihren Energieverbrauch und ihre Emissionen senken. Effiziente Energienutzung und der Umstieg auf erneuerbare Energieträger werden auch in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen und ein echter Wettbewerbsfaktor werden.

**Grundlage für dieses Themenblatt ist die Auswertung einer Reihe von Forschungsprojekten, Literaturquellen sowie eines Fachdialogs des Umweltbundesamtes. Die wichtigsten Projekte und Quellen sind:**

GLOWA (2009): GLOWA - Globaler Wandel des Wasserkreislaufs:  
<http://www.glowa.org>

PIK [Potsdam Institut für Klimafolgenforschung] (2009): Klimawandel in Nordrhein-Westfalen, Regionale Abschätzung der Anfälligkeit ausgewählter Sektoren:  
[http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss\\_pik\\_0904.pdf](http://www.umwelt.nrw.de/umwelt/pdf/abschluss_pik_0904.pdf)

UBA [Umweltbundesamt] (2002): Einsatz umweltverträglicher Chemikalien in der Kühlwasserkonditionierung:  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2218.pdf>

UBA [Umweltbundesamt] (2005): Entlastungseffekte für die Umwelt durch Substitution konventioneller chemisch-technischer Prozesse und Produkte durch biotechnische Verfahren:  
<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2846.pdf>

KAS [Kommission für Anlagensicherheit] (2011): Technische Regel Anlagensicherheit: Vorkehrungen und Maßnahmen wegen der Gefahrenquellen Niederschläge und Hochwasser:  
[http://www.kas-bmu.de/publikationen/tras\\_pub.htm](http://www.kas-bmu.de/publikationen/tras_pub.htm)

Modellprojekt Kassel: Großversuch mit kompostierbaren Verpackungen:  
<http://www.modellprojekt-kassel.de>

..... :  
Weitere Projekte können Sie im Projektkatalog des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (KomPass) unter: <http://www.anpassung.net/projektkatalog> recherchieren.

Weitere Informationen zu den Stakeholderdialogen unter: <http://www.anpassung.net/dialog>  
..... :

**Autoren:**

Jana Gebauer (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (iÖW), <http://www.ioew.de>), Prof. Dr. Martin Welp, Wiebke Lotz (Hochschule für Nachhaltige Entwicklung Eberswalde, <http://www.hnee.de>)

**Redaktion:**

Clemens Haße

**Herausgeber:**

Umweltbundesamt  
Fachgebiet I 1.7  
Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung (KomPass)  
[www.anpassung.net](http://www.anpassung.net)

**Titelbild:**

© Rolf van Melis/PIXELIO

**Stand: Juli 2011**