



Fortschritte in der Chemie erleichtern den Abschied vom Öl

Bei der Umstellung unserer Energieversorgung hilft die Chemie, neue Energiequellen zu erschließen, aber auch Erdöl, Erdgas oder Kohle effizienter zu nutzen. Welches Potential der technische Fortschritt bietet, zeigt ein aktuelles Positionspapier der deutschen Chemieorganisationen.

Die Welt wird in einer nicht allzu fernen Zukunft ohne Erdöl auskommen müssen: Die weltweiten Erdölreserven schwinden und die Verbrennung von Erdöl – ob im Auto, in der Heizung oder im Kraftwerk – setzt Kohlendioxid frei, das für den Klimawandel verantwortlich gemacht wird. Selbst wenn Ölbohrfirmen neue Lagerstätten finden, reicht die Ölmenge nicht mehr aus, um den steigenden Energiebedarf langfristig zu decken. Und auch wenn die Experten darüber streiten, wie lange die Reserven an Erdgas und Kohle noch zur Energieversorgung beitragen können – letztlich werden auch diese zur Neige gehen. Alternativen sind gefragt. Wir müssen den Weg zu einer neuen Energieversorgung bereits heute einschlagen und nicht erst dann, wenn die fossilen Vorräte ausgebeutet sind oder der Klimawandel die magische Marke von 2°C weit hinter sich zu lassen droht.

Einen wichtigen Beitrag leistet dabei die Chemie. Mit neuen chemischen Verfahren, Materialien und Hilfsstoffen lassen sich nicht nur die bisherigen Energieträger wie Erdöl oder Erdgas effizienter nutzen, sondern auch neue Technologien wie Wind-, Solar- oder Bioenergie voranbringen. An welchen Schrauben dabei wie gedreht werden kann und welcher Fortschritt bis zum Jahr 2030 zu erwarten ist, hat der Koordinierungskreis „Chemische Energieforschung“ der Chemieorganisationen in dem 50-seitigen

Positionspapier „Energieversorgung der Zukunft – der Beitrag der Chemie: Eine quantitative Potentialanalyse“ zusammengefasst.

Wichtigstes Ergebnis: Auf den ersten Blick erscheinen die möglichen Fortschritte sehr klein. Die Beiträge, die jede einzelne Technologie durch Energieeinsparung oder durch die Erschließung zusätzlicher Ressourcen leisten kann, liegen in der Regel bei höchstens zwei bis drei Prozent des Gesamt-Energieverbrauchs.

Nimmt man jedoch alle Optionen zusammen, besteht in Deutschland nur durch Fortschritte in der Chemie und verwandten Fachrichtungen ein zusätzliches Potential von etwa 20 Prozent des Primärenergiebedarfs – ein „Puffer“ zur Sicherung des Energiebedarfs in der Zukunft.

Neue Erdölquellen erschließen

Um die Ausbeute heutiger Ölvorkommen zu steigern und damit mehr Zeit für den Umstieg auf alternative Energiequellen zu gewinnen, gelten Ölfeld-Chemikalien als wichtiges Hilfsmittel. Denn der natürliche Druck und das Einpressen von Wasser oder Gas reichen nicht aus, um bestehende Lagerstätten vollständig zu erschließen. Neue Chemikalien sollen auch in größerer Tiefe stabil und wirkungsvoll sein.

Neben dem Erschließen neuer Lagerstätten in Meerestiefen über 1500 Metern ist auch die Nutzung bisher schwer nutzbarer Lagerformen eine Option. Dazu zählen beispielsweise Ölsande und Schweröle, die allerdings einen hohen Anteil von Schwefel und anderen unerwünschten Stoffen enthalten. Hier können neue Veredelungsverfahren dazu beitragen, auch diese Öle zu Kraftstoffen aufzubereiten. Fasst man diese Möglichkeiten zusammen, lassen sich allein damit jährlich rund 700 Millionen Tonnen Erdöl bis zum Jahr 2030 zusätzlich erschließen. Da rund die Hälfte des heutigen Erdöls zu Kraftstoff verarbeitet wird, ließen sich damit knapp 15 Prozent des weltweiten jährlichen Kraftstoffbedarfs decken.

Eine weitere Quelle für Kraftstoffe ist das Erdgas, das vor allem bei der Förderung von Erdöl quasi nebenbei anfällt. Dieses Gas lässt sich schon heute in einem chemischen Verfahren zu flüssigem Kraftstoff umwandeln. Der technische Fortschritt in der Chemie könnte dieses Syntheseverfahren verbessern und günstiger machen. Bisher ungenutztes Erdgas könnte dadurch im Jahr 2030 weltweit 8,4 Prozent des Kraftstoffbedarfs decken.

Aufwändiger, aber technisch machbar, ist auch die Verflüssigung von Kohle. Denn Kohle ist in vielen Gegenden der Welt in großen Mengen vorhanden. In Südafrika ist dieses Verfahren, das ursprünglich in Deutschland entwickelt wurde, seit Jahrzehnten im Einsatz. Allerdings lassen sich trotz technischer Weiterentwicklung aus zehn Kilogramm Kohle nur vier Liter Kraftstoff herstellen. Die Autoren des Positionspapiers schätzen, dass aufgrund des gleichzeitig steigenden Bedarfs an Kohle für andere Zwecke weltweit im Jahr 2030 maximal drei Prozent des Kraftstoffbedarfs durch Kohleverflüssigung gedeckt werden können.

Kraftwerke mit Kohlendioxid-Abtrennung

Nach Schätzung der Internationalen Energie Agentur werden im Jahr 2030 noch 75 Prozent der neugebauten Kraftwerke mit Kohle oder Erdgas befeuert werden. Da diese Kraftwerke aber bei der Verbrennung Kohlendioxid ausstoßen, arbeiten Wissenschaftler derzeit daran, das klimaschädliche Gas abzutrennen. Heutige Abtrennverfahren führen jedoch dazu, dass die Kraftwerke zwischen 9 und 13 Prozent Wirkungsgrad verlieren. Die chemische Forschung konzentriert sich also darauf, Verfahren und Materialien für die CO₂-Abtrennung zu entwickeln, um diesen Wirkungsgradverlust zu reduzieren. Allein eine Wirkungsgradsteigerung der Kraftwerke durch verschiedenste Entwicklungen um fünf bis zehn Prozentpunkte könnte den weltweiten Primärenergieverbrauch um zwei Prozent senken.

Effizienz von Biokraftstoffen erhöhen

Als Alternative zu den fossilen Energieträgern sind heute bereits Biokraftstoffe im Einsatz. Biodiesel ersetzt beispielsweise herkömmlichen Diesel. Als Ersatz für Benzin kommen dagegen Bioethanol, Biogas und künftig eventuell Biobutanol zum Einsatz.

Biodiesel wird aus ölhaltigen Pflanzen wie Raps (in Deutschland) oder Soja- und Palmöl hergestellt. Fortschritte sind künftig mit neuen Ölpflanzen zu erwarten, die nicht mit der Nahrung in Konkurrenz stehen.

Ethanol wird wie Trinkalkohol über Vergärung von Getreide, Mais, Zuckerrohr oder Zuckerrüben hergestellt. Mit neuen Hefe-Formen, die die Energieausbeute erhöhen, könnten wesentliche Fortschritte erzielt werden.

Biogas ist wie Erdgas ein brennbares Gas, das größtenteils aus Methan besteht. Es entsteht bei der Vergärung von Mais, Gras, Gülle, Mist und anderen organischen Substanzen. Biogas wird heute vor allem in Blockheizkraftwerken in Strom und Wärme umgewandelt. Es kann aber auch auf Erdgasqualität aufbereitet werden, indem Kohlendioxid und Schwefel abgetrennt werden. Die Biogasbildung ließe sich mit der Vorbehandlung durch neue Enzyme oder bei höherer Temperatur verbessern. Auch in der Aufbereitung auf Erdgasqualität sehen die Forscher durchaus noch Potential.

Die Anbauflächen sind jedoch begrenzt. Man geht davon aus, dass etwa 3,2 Millionen Hektar Anbaufläche für die Produktion von Biokraftstoffen genutzt werden können. Das entspricht knapp einem Viertel der Ackerfläche in Deutschland. Die darauf angebauten Energiepflanzen könnten daher maximal 20 Prozent des heutigen Kraftstoffbedarfs decken.

Neue Biokraftstoffe im Anmarsch

Nötig sind außerdem neue Wege zu Biokraftstoffen, ohne dass für die Nahrungsmittelproduktion langfristig benötigte wertvolle Ackerfläche belegt wird. Dafür wird Biomasse verwendet, die sonst nicht verwertet wird, also Stroh, Waldrestholz oder Rückstände aus der Lebensmittelproduktion. Die darin enthaltene Lignocellulose kann, anders als Getreidestärke oder Zucker, nicht direkt zu Alkohol verarbeitet werden. Im ersten Schritt ist ein Aufschluss in einem komplizierten Verfahren erforderlich. Dazu kann beispielsweise eine Kombination aus Säuren und speziellen Enzymen dienen. Gelingt dies wirtschaftlich, so könnte auf diese Weise bis zu 18 Prozent unseres Kraftstoffbedarfs gedeckt werden.

Eine andere Option sind synthetische Kraftstoffe, bei denen Biomasse ähnlich wie Kohle verflüssigt wird. Daher nennt man sie auch Biomass-To-Liquid (BTL)-Kraftstoffe. Sie können ideal an den Fahrzeugmotor angepasst werden. Wird das BTL-Verfahren marktreif, könnten damit vermutlich aber nur rund zwei Prozent des Kraftstoffbedarfs in Deutschland aus heimischem Rohstoff abgedeckt werden.

Mehr Energie aus der Sonne nutzen

Mit der Entwicklung von neuen Materialien ließe sich auch der Wirkungsgrad von Solarstrom (Photovoltaik)-Modulen erhöhen, der heute bei 15 bis 20 Prozent liegt. Das bedeutet: maximal 20 Prozent des Sonnenlichts wandeln die Module bislang in Strom um. Verbesserungen sind auch bei der so genannten Dünnschichttechnologie zu erwarten, bei denen anders als bei üblichen Solarzellen kein oder nur sehr wenig Silizium verwendet wird. In der Entwicklung sind außerdem organische Solarzellen, die mit etablierten Druckverfahren auf flexiblen Folien aufgedampft werden können. Optimierte Herstellungsverfahren und neue Ausgangsmaterialien können nicht nur den Wirkungsgrad der Solarmodule erhöhen, sondern auch die Herstellungskosten senken. Ließe sich der Wirkungsgrad bis 2030 um fünf Prozent auf 25 Prozent steigern, könnte die Photovoltaik rund 12 Prozent des Stromverbrauchs in Deutschland decken.

Mit neuen Komponenten und Materialien will die chemische Industrie auch die Wärmeerzeugung aus Sonnenenergie (Solarthermie) verbessern. Wenn bei höheren Temperaturen gearbeitet werden kann, kann mehr Sonnenwärme aufgefangen und gespeichert werden. Dadurch erhöht sich der Wirkungsgrad deutlich. Allein durch diese Innovation könnten im Jahr 2030 etwa 0,1 bis 0,4 Prozent des Gesamtwärmeverbrauchs in Deutschland abgedeckt werden.

Regenerativen Strom speichern

Viele Hoffnungen bei der Energieversorgung der Zukunft ruhen auf der Wind- und Solarenergie. Der Vorteil: Die Primärenergie ist anders als bei üblichen Kraftwerken kostenlos. Allerdings scheint nur tagsüber die Sonne. Und auch der Wind bläst nicht immer dann, wenn Strom benötigt wird. Man spricht von „fluktuierenden Stromquellen“. Im Jahr 2030 werden diese nach heutigen Schätzungen rund 26 Prozent des Gesamtstromaufkommens in Deutschland ausmachen. Daher ist es sinnvoll, den Wind- und Solarstrom zu speichern und bei Bedarf abrufen zu können.

Als Speicher ist beispielsweise Wasserstoff im Gespräch. Der Strom dient dabei dazu, Wasser mit Hilfe der Elektrolyse zu spalten. In Brennstoffzellen könnte dieser gespeicherte Wasserstoff anschließend wieder in Strom zurückverwandelt werden. Allerdings ist diese Art der Speicherung sehr verlustreich. Neue Elektroden und andere Verbesserungen könnten das Verfahren effizienter gestalten.

Strom lässt sich jedoch auch ideal in Lithium-Ionen-Batterien speichern. Der große Vorteil: Der Strom kann direkt genutzt werden – in elektronischen Geräten wie in Fahrzeugen. Der Elektroantrieb ist zwei bis drei Mal effizienter als ein Verbrennungsmotor. Allerdings liegen die Verluste der Speicherung bei 10 bis 20 Prozent. Die Forschung arbeitet daher daran, die Effizienz der Speicher und die Speicherkapazität zu erhöhen. Wenn ein Fünftel des Wind- und Solarstroms in Deutschland im Jahr 2030 in Batterien gespeichert und im Fahrzeug verwendet würde, könnten damit rund 10 Prozent des Kraftstoffbedarfs eingespart werden.

Ohne stoffliche Speicherformen, bei denen Energie in Form von Kraftstoffen gespeichert und durch chemische Prozesse wie z.B. Oxidation abgerufen werden kann, wird es dennoch nicht gehen. Die Autoren favorisieren Methan, das als Kraftstoff im Fahrzeug, in Gasturbinen-Kraftwerken oder in Hochtemperatur-Brennstoffzellen als Brennstoff dienen kann. Methan kann regenerativ aus Biomasse erzeugt werden, es ist verhältnismäßig einfach zu speichern und zu transportieren, und es lässt sich bei Bedarf gut in Wasserstoff überführen.

Energie im Haushalt einsparen

Mit Brennstoffzellen lassen sich sehr wirkungsvoll aus einem Brennstoff wie Wasserstoff oder Methan Strom und Wärme gewinnen. Die Forschung arbeitet daran, die Lebensdauer der Brennstoffzellen zu erhöhen und die Kosten zu senken. Im Jahr 2030 könnten rund 2,5 Millionen Brennstoffzellen in Wohnhäusern und anderen Gebäuden im Einsatz sein. Zusammen könnten sie den Energieverbrauch in Deutschland um 0,45 Prozent senken. Weitere 0,37 Prozent Einsparung könnten Brennstoffzellen in Industriebetrieben bringen.

Wenn Hausbesitzer ihre Beleuchtung von der herkömmlichen Glühlampe auf Leuchtdioden oder lichtemittierende Kunststoffpaneele umstellen, ließen sich damit künftig drei Prozent des Strombedarfs in Deutschland einsparen. Dafür müssen allerdings neue Materialien und kostengünstige Herstellungsverfahren entwickelt werden.

Mit neuen Schaumstoffen zur Wärmedämmung können sich künftig Altbauten noch effektiver nachträglich dämmen lassen und damit den Heizbedarf senken.

Fazit

Insgesamt zeigt die Analyse, dass die chemische Forschung dazu beitragen wird, die Umstellung der Energieversorgung voranzutreiben. Besonders viel Potential besteht darin, heutige Öllagerstätten mit Hilfe von Chemikalien besser auszubeuken. Auch in der Herstellung von Biogas und Bioethanol aus holzartiger Biomasse und in der Solarstromerzeugung sehen die Autoren gute Entwicklungsmöglichkeiten. Große Bedeutung messen die Experten aber auch der Verbesserung von Speichertechnologien bei – sowohl in Gebäuden als auch in Fahrzeugen.

In dem Papier werden außerdem eine Reihe weiterer Optionen diskutiert: Leichtbauwerkstoffe, um das Gewicht von Fahrzeugen zu reduzieren und dadurch Kraftstoff zu sparen, Thermoelektrika, um an Bord von Kraftfahrzeugen die Abwärme des Abgases direkt in Strom zu verwandeln,

Supraleiter, um die Energieeffizienz in elektrischen Geräten zu erhöhen, oder Photokatalyse, um in fernerer Zukunft mit Sonnenlicht Wasserstoff aus Wasser zu gewinnen.

Der technische Fortschritt hilft auf mehreren Wegen, die Energieversorgung zu sichern: Zum einen ermöglichen neue Verfahren die effizientere Nutzung von Energiequellen, beispielsweise durch neue Solarzellen. Ein zweiter Aspekt ist die Einsparung von Energie etwa durch den Einsatz von Brennstoffzellen, modernen Leuchtmitteln oder neuen Wärmedämmungen. Gleichzeitig können aber auch neue Rohstoffquellen erschlossen werden, die bisher nicht genutzt werden konnten. Das betrifft beispielsweise die Ausbeutung von Öllagerstätten oder die Energiegewinnung aus pflanzlichen Reststoffen. Alles in allem betreffen diese Fortschritte rund 20 Prozent des heutigen Energieverbrauchs in Deutschland. Zusammen mit den Forschungserfolgen in anderen Gebieten erscheint es daher mehr als nur möglich, dass wir auch künftig unseren Energiebedarf decken können.

Das Positionspapier „Energieversorgung der Zukunft – der Beitrag der Chemie: Eine quantitative Potentialanalyse“ wurde vom Koordinierungskreis „Chemische Energieforschung“ der folgenden Chemieorganisationen erstellt:

- DBG – Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie e.V.
- DECHEMA – Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
- DGMK – Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V.
- GDCh – Gesellschaft Deutscher Chemiker e.V.
- VCI – Verband der Chemischen Industrie e.V.
- VDI-GVC – Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen



Das Positionspapier und die detaillierten Rechnungen zur Potentialanalyse können unter

www.energie-und-chemie.de

heruntergeladen werden.