



SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences



Mitglied der
Akademien der Wissenschaften Schweiz

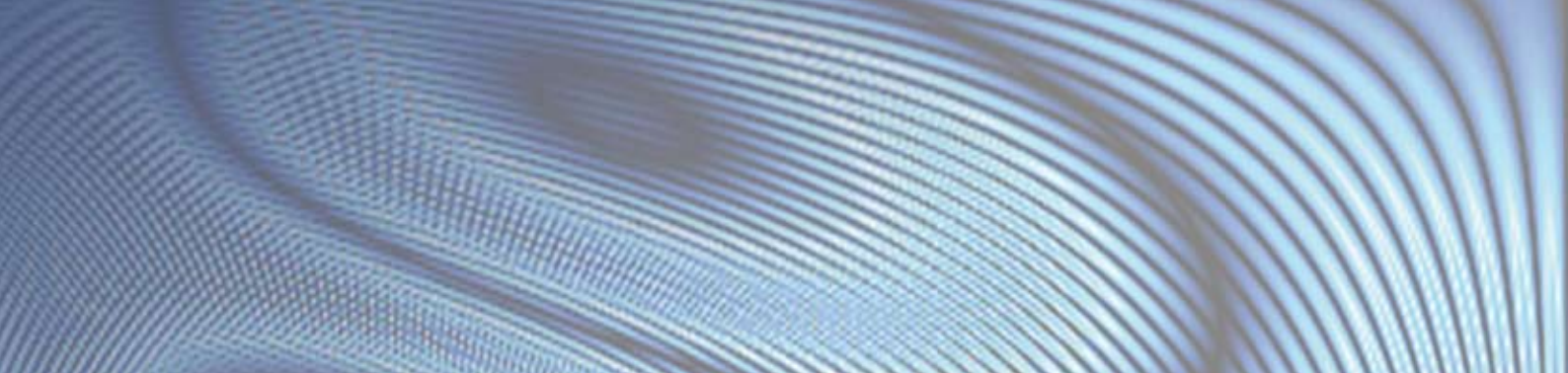


Erdölknappheit und Mobilität in der Schweiz

Daniele Ganser
Ernst Reinhardt

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences



Wissenschaft und Technik zum Wohle der Gesellschaft

Die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) vereinigt Personen, Institutionen und Fachgesellschaften, die in den technischen Wissenschaften und deren Anwendung tätig sind. Sie fördert die Technik zum Wohle der Gesellschaft und stärkt das Verständnis der Gesellschaft für die Technik. Die SATW ist politisch neutral und nicht kommerziell orientiert. Zurzeit hat sie rund 240 Einzelmitglieder und 60 Mitgliedsgesellschaften.

In verschiedenen Fachbereichen setzt die Akademie Arbeitsgruppen ein. Diese erarbeiten Studien sowie Empfehlungen und führen interaktive Veranstaltungen durch. Die SATW unterhält ständige Fachkommissionen auf den Gebieten angewandte Biowissenschaften, Energie, Informations- und Kommunikationstechnologie, Nanotechnologie, Ethik und Technik, Technik und Gesellschaft sowie Auslandsbeziehungen.

Inhaltsverzeichnis

4	Kurzzusammenfassung
4	Datenbasis
5	Vorwort
6	Ein historisch einmaliger Aufstieg
8	Einschneidender Rückgang
10	Im Vorfeld der Krise
12	Eine völlig neue Situation
14	Das Auto steht im Vordergrund
16	Freiwillige Massnahmen reichen nicht
18	Erfreulich grosse Einsparmöglichkeiten
20	Schwer abschätzbare Entwicklung
21	Handeln tut Not
22	Weiterführende Literatur
23	Impressum



Kurzzusammenfassung

Die globale Erdölproduktion wird in absehbarer Zeit ihren Zenit überschreiten und danach unwiederbringlich zurückgehen. Die Mehrzahl der Länder, welche Erdöl in nennenswerten Mengen produzieren, verzeichnet bereits heute eine rückläufige Produktion. Nur noch wenige Länder sind in der Lage, eine steigende Nachfrage zu befriedigen.

Die Schweiz ist überdurchschnittlich stark von Erdöl abhängig. Deshalb sollte sie sich schon heute auf mögliche Versorgungsengpässe einstellen. Besonders kritisch ist dabei der Treibstoffsektor. Benzin und Diesel werden auch in den kommenden Jahren die wichtigsten Treibstoffe bleiben. Es gilt daher, die Fahrzeugflotte energieeffizienter zu gestalten. Zudem würden strukturelle Änderungen des heutigen Mobilitätskonsums beträchtliche Einsparungen ermöglichen. Eine Reduktion der Erdölabhängigkeit lässt sich mit strengeren Vorschriften und marktwirtschaftlichen Instrumenten erreichen.

Datenbasis

Die vorliegende Broschüre ist eine Kurzfassung der Studie «Peak Oil und Treibstoffkrise in der Schweiz: Eine Hintergrundstudie zur Erdölabhängigkeit der Schweiz», welche im Auftrag der SATW Energiekommission von Dr. Daniele Ganser (Teil Peak Oil) und Ernst Reinhardt (Teil Mobilität) verfasst wurde. Birgit Tönz hat zudem viele wissenschaftliche Grundlagen aufbereitet. Der vollständige Bericht kann als PDF-Datei von der Homepage der SATW heruntergeladen werden: www.satw.ch

An der Studie haben zudem verschiedene Mitglieder der Energiekommission der SATW mitgewirkt, insbesondere Dr. Marco Berg, Dr. Silvia Banfi Frost, Dr. Rolf Hartl, Dr. Eduard Kiener, Prof. Dr. Jürg Minsch und Prof. Dr. Alexander Wokaun – sowie Prof. Dr. Andreas Zuberbühler, Präsident des Wissenschaftlichen Beirats der SATW.

Vorwort

Die Welt verbraucht so viel Erdöl wie nie zuvor, und die Nachfrage steigt weiterhin an. Immer deutlicher zeichnet sich jedoch ab, dass die globale Erdölproduktion in absehbarer Zeit ihren Zenit erreichen und danach unwiederbringlich zurückgehen wird. Sowohl die grossen Erdölfirmen als auch die geostrategischen Akteure beginnen bereits heute, sich auf diese kritische Zeit vorzubereiten. Welche Konsequenzen der Kampf um die begrenzten Ressourcen haben wird, lässt sich allerdings erst ansatzweise erkennen.

Die Schweiz ist im Vergleich zu anderen Ländern überdurchschnittlich stark von Erdöl abhängig, deckt das Land seinen Gesamtenergiebedarf doch zu 57 Prozent mit Erdöl. Angesichts der schwachen geostrategischen Position der Schweiz sollten wir uns schon jetzt auf mögliche Engpässe bei der Erdölversorgung einstellen und den Erdölverbrauch wo immer möglich reduzieren.

Im Gebäudebereich ist ein vollständiger Ersatz der fossilen Energieträger bereits heute technisch möglich. Der entsprechende Umbau der Infrastruktur benötigt allerdings viel Zeit. Wesentlich kritischer sieht die Situation bei den Treibstoffen aus. Ein Ersatz für Benzin und Diesel ist auf absehbare Zeit nicht zu erwarten.

Der schweizerische Fahrzeugpark verbraucht im europäischen Vergleich überdurchschnittlich viel Treibstoff – als wohlhabendes Land kann sich die Schweiz grosse Fahrzeuge leisten. Gerade dies könnte sich jedoch als Nachteil erweisen, wenn es in den kommenden Jahren darum geht, den Fahrzeugpark energieeffizienter zu gestalten.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass freiwillige Massnahmen und Anreizsysteme kaum Wirkung zeigen. Das anvisierte Ziel, den Treibstoffverbrauch trotz einer allfälligen Verkehrszunahme markant zu reduzieren, lässt sich wohl nur mit griffigen marktwirtschaftlichen Instrumenten, hohen Treibstoffpreisen und strengeren staatlichen Vorschriften erreichen. Dabei gilt es zu bedenken, dass auch beim Verkehr die entsprechenden Massnahmen erst nach mehreren Jahren spürbare Folgen haben. Angesichts der Ungewissheit, ab wann mit einem Rückgang der globalen Erdölproduktion gerechnet werden muss, ist ein engagiertes Handeln bereits heute dringend geboten. Die Studie zeigt, dass 58 Prozent des Treibstoffverbrauchs eingespart werden könnten. Die SATW schlägt deshalb als verbindliches Ziel vor, den Treibstoffverbrauch jährlich um mindestens 2 Prozent zu reduzieren, anstatt jedes Jahr mehr Treibstoff zu verbrauchen.

Prof. Dr. René Dändliker
Präsident der SATW

Prof. Dr. Andreas Zuberbühler
Präsident des Wissenschaftlichen
Beirats der SATW

Ein historisch einmaliger Aufstieg

Seit 150 Jahren wird Erdöl in immer grösseren Mengen gefördert. Der Aufstieg zum weltweit wichtigsten Energieträger ist eine einmalige Erfolgsgeschichte. Doch inzwischen zeichnet sich immer deutlicher ab: Die weltweite Fördermenge wird in absehbarer Zeit unwiederbringlich zurückgehen.

Wir leben im Zeitalter des Erdöls. Weltweit gesehen ist Erdöl vor Kohle und Gas die wichtigste Primärenergie. Mit einem Verbrauch von 85 Millionen Fass pro Tag – ein Fass entspricht 159 Litern – oder rund 30 Milliarden Fass pro Jahr verbraucht die Weltbevölkerung heute so viel Erdöl wie nie zuvor. Durch den wirtschaftlichen Aufschwung Chinas und Indiens sowie den hohen Konsum in den OECD-Ländern dürfte die Nachfrage auch in den kommenden Jahren weiter wachsen.

Erdöl ist auch für die Schweiz der mit Abstand wichtigste Energieträger. Unser Land konsumiert jedes Jahr rund 88 Millionen Fass Erdöl. Das entspricht einem beachtlichen Tageskonsum von 38 Millionen Litern. Betrachtet man den Gesamtenergieverbrauch der Schweiz (Fig. 1), dann zeigt sich, dass Erdöl mit einem Anteil von 57 Prozent die zentrale Rolle spielt. Wasserkraft liegt mit 14 Prozent klar auf Rang zwei, Erdgas, das seinen Anteil in den letzten Jahren stetig steigern konnte, ist heute mit 12 Prozent die drittwichtigste Primärenergie. Da Erdöl und Erdgas zu 100 Prozent importiert werden müssen, ist die Schweiz auf einen sicheren und konstanten Zufluss von Erdöl und Erdgas angewiesen. Ob dieser Zufluss in den kommenden Jahren gewährleistet werden kann, ist jedoch fraglich.

Rasanten Wachstum

Historisch gesehen ist die Dominanz des Erdöls ein noch junges Phänomen. Erst 1850 begann man den wertvollen Rohstoff zu fördern, zunächst nur in bescheidenen Mengen. Vor dem Ersten Weltkrieg erreichte der Weltkonsum erstmals 1 Million Fass pro Tag. Am Ende des Zweiten Weltkrieges lag der Tageskonsum bei 6 Millionen Fass. Seither ist der Erdölkonsum dramatisch angewachsen. Innerhalb eines hal-

ben Jahrhunderts hat sich der Verbrauch um einen Faktor 14 erhöht. Dieser einmalige Erdölrausch beflügelte nicht nur das Wirtschaftswachstum, sondern ermöglichte auch billige Mobilität für alle Gesellschaftsschichten.

Parallel zum Weltkonsum stieg auch in der Schweiz der Erdölverbrauch rasant an. 1910 konsumierte die Schweiz 580 000 Fass Erdöl. Diese Menge deckt heute nicht einmal mehr den Verbrauch von drei Tagen. Vor dem Ausbruch des Zweiten Weltkrieges lag der Jahresverbrauch bei 3,3 Millionen Fass. 1972 erreichte der Konsum mit fast 100 Millionen Fass ein Maximum. Während der Verbrauch an Brennstoffen zum Heizen seither von Jahr zu Jahr zurückging, wurden gleichzeitig immer grössere Mengen an Treibstoffen konsumiert. 2004 lag der jährliche Konsum daher immer noch bei 88 Millionen Fass.

Viele Schweizerinnen und Schweizer gehen stillschweigend davon aus, dass der Zufluss von Erdöl auch in Zukunft erhöht werden kann oder aber zumindest konstant bleibt, dass also die letzten 50 Jahre in etwa ein Muster für die nächsten 50 Jahre sind. Diese Annahme ist trügerisch. Erdöl ist nur in endlichen Mengen vorhanden, das Angebot daher beschränkt. Bereits seit 1964 werden immer weniger neue Erdölfelder entdeckt, während die Produktion unverdrossen ansteigt. Die Frage stellt sich daher dringend: Wie lange noch kann die Produktion gesteigert werden? Und wann wird das Fördermaximum, der sogenannte «Peak Oil», erreicht?

Ein grundsätzliches Phänomen

Der Begriff «Peak Oil» bezeichnet ein grundsätzliches Phänomen der Erdölgeologie. Jede Erdöl- und Erdgasbohrung besitzt ein charakteristisches Produktionsprofil.

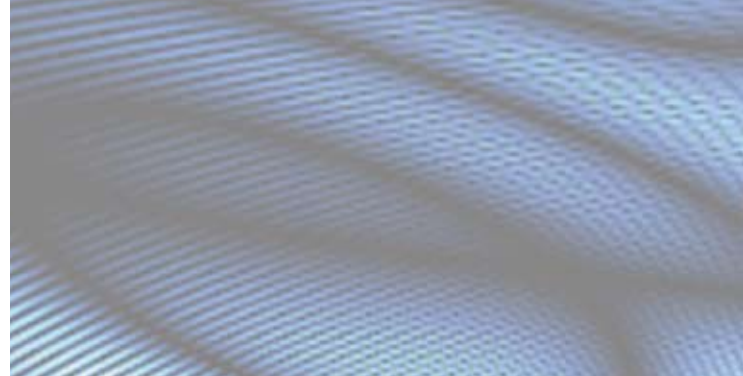


Fig. 1: Übersicht über alle elf bekannten Primärenergieformen und ihre Bedeutung für die Schweiz. Bei jedem Feld ist in Prozent angegeben, wie wichtig die entsprechende Energiequelle für den Endverbrauch in der Schweiz ist. Die Linie A zeigt die nichterneuerbaren Energiequellen, die Linien B und C die erneuerbaren Energiequellen. Das zwölfte Feld (ohne Prozentangabe) steht für die Energieeffizienz: Diese findet vor allem dann Beachtung, wenn zuvor billige Primärenergien teuer werden oder nicht mehr in genügenden Mengen vorhanden sind. (Quelle: BFE)

Dieses beginnt bei Null, steigt dann an auf ein Fördermaximum, den Produktions-Peak, und geht mit der Zeit wieder auf Null zurück, weil der Druck im Erdölfeld abnimmt. Jeder Produktionsablauf folgt ohne Ausnahme diesem Schema. Das gleiche Muster beobachtet man auch bei jedem Öl- und Gasfeld, bei jeder öl- und gasfördernden Provinz und bei allen erdölproduzierenden Ländern. Letztlich gilt die Gesetzmässigkeit auch für die Welt als Ganzes. Erreicht ein bestimmtes Feld seinen Peak, kann die Produktion der Region oder des Landes nur noch gesteigert werden, wenn neue Felder erschlossen werden, welche den Rückgang kompensieren. Ab einem gewissen Moment hat indes die Mehrheit der Felder ihren Peak erreicht – die Region hat ihr Produktionsmaximum erreicht, die Förderung geht kontinuierlich zurück.

Wann genau und bei welcher Menge der Peak einer Region oder eines Landes eintritt, lässt sich häufig erst im Rückblick mit Sicherheit sagen. Im britischen Teil der Nordsee erreichte die Produktion 1999 ihren Höhepunkt, im norwegischen Teil im Jahr 2000. Da die Nordsee die einzige nennenswerte Erdölregion Westeuropas ist, nimmt die westeuropäische Erdölproduktion seither laufend ab.

Auch andere und weit grössere Erdölproduzenten als Norwegen und Grossbritannien haben als ganzes Land ihren Peak bereits erreicht. Am bekanntesten ist das Beispiel der USA. Der Erdölgeologe Marion King Hubbert hatte bereits 1956 vorausgesagt, dass die konventionelle Erdölförderung der USA in den späten 1960ern oder den frühen 1970ern ihr Fördermaximum erreichen würde. Hubbert wurde als Begründer der Peak-Oil-Theorie berühmt, als sich diese Vorhersage 1970 bestä-

tigte. Seither produzieren die USA immer weniger Erdöl. Auch die neu gefundenen Vorräte in Alaska vermochten den Niedergang nicht zu verhindern.

Radikal neue Situation

Dass einzelne Länder immer weniger Erdöl produzieren, blieb den Konsumentinnen und Konsumenten weitgehend verborgen, da andere Länder die Lücke auffüllten. Deshalb konnte die globale Produktion weiter gesteigert werden. Dies wird beim Erreichen des globalen Peak Oil radikal anders sein, da die fehlende Menge nicht mehr kompensiert werden kann – die verfügbare Menge an Erdöl wird unweigerlich zurückgehen.

In welchem Jahr die globale Produktion von konventionellem Erdöl ihr Maximum erreichen wird, ist unter Erdöl-experten eine heftig diskutierte Frage. Die deutsche Energy Watch Group kam zum Schluss, der globale Peak sei bereits 2006 überschritten worden. Andere Beobachter, darunter die Schweizer Erdöl-Vereinigung, gehen davon aus, dass der globale Peak erst nach dem Jahre 2020 erreicht wird. In absehbarer Zeit ist keine allseits akzeptierte Lehrmeinung zum Zeitpunkt der maximalen Fördermenge zu erwarten.

Diese grosse Unsicherheit erschwert die Vorbereitung auf den Peak Oil beträchtlich. Die verfügbaren Daten zum Verlauf der globalen Fördermenge der letzten 150 Jahre sowie zur Produktion der einzelnen Länder deuten jedoch darauf hin, dass der globale Peak innerhalb der nächsten 20 Jahre erwartet werden muss und schon heute sehr nahe liegen könnte. Wichtiger als die Frage, wann genau der Peak Oil eintreten wird, ist jedoch die Vorbereitung auf den unabwendbaren Abstieg.

Einschneidender Rückgang

Weltweit produzieren nur gerade 28 Länder Erdöl in nennenswerten Mengen. Die Mehrheit von ihnen weist bereits heute eine rückläufige Produktion aus. Damit erhöht sich der Druck auf die wenigen Staaten, die ihre Förderquote noch weiter steigern können.

Nur wenige Länder der Welt sind überhaupt in der Lage, Erdöl in relevanten Mengen zu produzieren. Nimmt man als Grenzwert eine Fördermenge von 500 000 Fass Rohöl pro Tag, bleiben nur gerade 28 Länder übrig, die den kostbaren Rohstoff in nennenswerten Mengen gewinnen können (Fig. 2). Diese 28 Länder teilen sich in zwei unterschiedliche politische Gruppen auf: Eine erste Gruppe von heute 12 Ländern hat sich zur so genannten «Organisation of Petroleum Exporting Countries», kurz OPEC, zusammengeschlossen. Seit 1960 koordiniert die OPEC die Fördermengen der Mitgliedsstaaten, um dadurch den Preis zu beeinflussen. Der OPEC kommt ein grosses Gewicht zu, da ihre Mitglieder über die grösseren Reserven verfügen als die 16 Nicht-OPEC-Länder, die ihre Erdölproduktion nicht koordinieren.

Viele haben den Zenit erreicht

Die entscheidende Frage ist, welche Länder ihre Produktion noch steigern können und welche den Peak bereits erreicht haben und daher als «Post-Peak-Länder» bezeichnet werden. Die heute verfügbaren Daten zeigen, dass 10 der 16 Nicht-OPEC-Länder den Peak erreicht haben. Es sind dies Ägypten, Argentinien, Grossbritannien, Indien, Indonesien, Kolumbien, Malaysia, Norwegen, Oman und die USA. Indonesien, bis vor kurzem ebenfalls OPEC-Mitglied, wurde gar zum Netto-Erdölimporteur und ist daher im Mai 2008 aus der OPEC ausgetreten. Ausserhalb der OPEC können nur noch Brasilien, China, Kanada, Kasachstan, Mexiko und Russland die Produktion steigern und dadurch den Rückgang der Fördermenge in der so genannten Nicht-OPEC-Welt hinauszögern. Kanada hat den Peak beim konventionellen Erdöl allerdings schon erreicht und kann nur durch den Abbau von nicht konventionellem Erdöl verhindern, dass die nationale Produktion zurückgeht.

Auch innerhalb der OPEC verzeichnen einige Länder bereits einen Rückgang der Produktion. Gemäss Angaben der Erdölfirma Total haben die 6 OPEC-Länder Ecuador, Irak, Libyen, Nigeria, Venezuela und die Vereinigten Arabischen Emirate den Peak bereits erreicht. Innerhalb der OPEC wird nur noch von Algerien, Angola, Iran, Katar, Kuwait und Saudi Arabien erwartet, dass sie ihre Produktion weiter steigern und damit den Einbruch der Post-Peak-Länder kompensieren können. Ein Spezialfall ist der Irak, bei dem die Produktion seit Kriegsbeginn 2003 eingebrochen ist. Sobald der Krieg beendet ist, kann der Irak seine Produktion nochmals steigern, obwohl er den Peak bereits überschritten hat. Unter Erdöl-experten ist kaum bestritten, dass die Gruppe der Nicht-OPEC-Länder den Peak vor den OPEC-Ländern erreichen wird. Dadurch wird das politische Gewicht der OPEC mittel- und langfristig zunehmen.

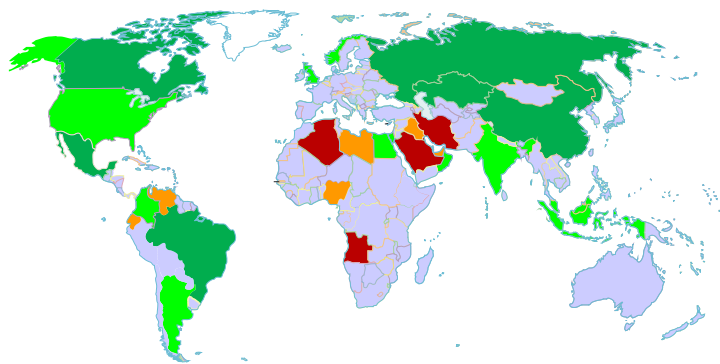


Fig. 2: Übersicht über die erdölproduzierenden Länder. Rot: OPEC-Staaten vor dem Peak; Orange: OPEC-Staaten nach dem Peak; Dunkelgrün: Nicht-OPEC-Staaten vor dem Peak; Hellgrün: Nicht-OPEC-Staaten nach dem Peak.



Ein beunruhigendes Bild

Zusammenfassend ergibt sich ein beunruhigendes Bild: Von den 28 Ländern, welche Erdöl in nennenswerten Mengen produzieren, stehen vermutlich nur noch 12 vor dem Peak. Diese müssen eine dreifache Belastung tragen: Erstens müssen sie die Lücken füllen, welche durch den Produktionsrückgang in den Post-Peak-Ländern entsteht. Zweitens schmälert der ansteigende Konsum in den Förderländern selbst die Exporte. Und drittens müssen die Erdöl fördernden Länder vor dem Peak eine stark ansteigende Nachfrage nach Erdöl befriedigen. Erschwerend kommt hinzu, dass Mexiko und Kuwait vermutlich ebenfalls dabei sind, den Peak zu überschreiten. Damit verteilt sich die Last auf noch weniger Länder.

Keine wirklichen Alternativen

Verschiedene Erdölexperten weisen immer wieder darauf hin, dass es neben dem einfach zu gewinnenden konventionellen Erdöl – und auf dieses bezieht sich die Peak-Oil-Debatte – noch grosse Reserven an nicht konventionellem Erdöl gibt (zum Beispiel in Form von Erdölschiefern und Teersanden). Solche finden sich vor allem in Venezuela und in Kanada. In der kanadischen Provinz Alberta zum Beispiel werden Reserven von 170 Milliarden Fass Erdöl vermutet, was beim heutigen Konsum dem Weltbedarf von sechs Jahren entspricht. Nicht konventionelles Erdöl ist jedoch sehr zähflüssig oder überhaupt nicht mehr flüssig und lässt sich nur mit viel Energieaufwand gewinnen. Der so genannte «energy return on energy invested» ist daher bedeutend schlechter als beim konventionellen Erdöl. Venezuela fördert im Orinoco-Delta rund 600 000 Fass pro Tag, Kanada produziert in Alberta etwa 1 Million Fass pro Tag und kann die Produktion bis 2010 wohl auf 3 Millionen Fass steigern, wenn eine starke Umweltverschmutzung in Kauf genommen wird. Bei einem Weltbedarf von 85 Millionen Fass pro Tag sind diese Beiträge aus der nicht konventionellen Erdölproduktion eher bescheiden. Auch nicht konventionelles Erdöl aus grossen Meerestiefen von

über 500 Metern, wie es vor der Küste Brasiliens entdeckt wurde, ist schwierig zu fördern. Es ist daher unwahrscheinlich, dass der Rückgang der konventionellen Erdölproduktion mit nicht konventionellem Erdöl kompensiert wird, da dieses nur sehr langsam produziert werden kann.

Eine zweite Hoffnung beruht auf der Tatsache, dass sich der Entölungsgrad durch ausgeklügelte Technik weiter steigern lässt und damit zusätzliches konventionelles Erdöl gewonnen werden kann. Je nach Beschaffenheit des Untergrunds werden mit der herkömmlichen Technik nämlich nur 20 bis 40 Prozent des gesamten Erdöls aus einem Feld gewonnen. Felder mit einem Entölungsgrad von 30 Prozent, die bisher als leer angesehen wurden, können heute durch spezialisierte Firmen nochmals ausgebeutet werden. Dabei wird durch Einpressen von Wasser oder Injektion von Chemikalien oder Gasen – auch CO₂ – der Entölungsgrad eines Feldes auf bis zu 45 Prozent gesteigert. Diese sekundäre Förderung ist allerdings sehr kostspielig und rentiert nur bei hohen Erdölpreisen. Möglicherweise kann der globale Peak auf diese Weise nochmals um einige Jahre hinausgezögert werden. Das Überschreiten eines Fördermaximums kann jedoch auch durch einen höheren Entölungsgrad nicht grundsätzlich verhindert werden. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass die Produktion in sehr gut entölten Feldern viel schneller einbricht, was in Zukunft die Probleme noch vergrössern könnte.



Im Vorfeld der Krise

Sowohl die Erdölindustrie als auch die grossen geostrategischen Akteure sind sich bewusst, dass die globale Erdölförderung in absehbarer Zeit ihren Zenit erreichen wird. Sie beginnen bereits heute, sich in eine möglichst gute Ausgangslage zu bringen.

Im Gegensatz zur breiten Öffentlichkeit, die den Begriff Peak Oil kaum kennt, ist die Erdölindustrie gut über das Phänomen informiert. «Die Produktion von Erdöl wird einen Peak erreichen, das ist eine Tatsache», erklärte David O'Reilly, CEO der Erdölfirma Chevron, im September 2005. Der Konzern machte die Konsumentinnen und Konsumenten sogar in Werbekampagnen auf das Problem aufmerksam. Auch die holländisch-britische Royal Dutch Shell warnte im Sommer 2007 vor einem Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage. Die französische Erdölfirma Total wiederum führt zwei verschiedene Homepages. Auf der einen (www.total.com) steht nichts über den Peak Oil. Auf der anderen (www.planete-energies.com) weist die Erdölfirma auf die kommende Erdölkrise hin. Der frühere CEO von ExxonMobil, Lee Raymond, leitete im Auftrag von US-Energieminister Samuel Bodmann eine Studie zur Verfügbarkeit von Erdöl und Erdgas bis ins Jahr 2030. Die im Juli 2007 publizierte Analyse «Facing the Hard Truths about Energy» macht schon im Titel die Stossrichtung klar.

Wieviele Reserven noch zur Verfügung stehen, ist aus politischen Gründen nicht bekannt. Immerhin gibt es Abschätzungen, wieviel Erdöl jährlich neu gefunden wird. Die Daten zeigen, dass der Peak bei den Entdeckungen bereits im Jahre 1964 erreicht wurde (Fig. 3). Seither wird immer weniger neues Erdöl gefunden. Von der grössten Erdölfirma der Welt, Saudi Aramco, ist praktisch unmöglich zu erfahren, in welchem Jahr Saudi Arabien den Peak erwartet. Als der amerikanische Bankier Matt Simmons 2005 in seinem Buch «Twilight in the Desert» erklärte, Saudi Arabien werde schon bald den Peak erreichen, führte dies zu heftigen Dementis aus Riad. Nur Sadad al-Husseini, ehemaliger Topmanager

von Saudi Aramco, war bereit, die These von Simmons zu stützen und erklärte nach seinem Rücktritt, Saudi Arabien sei in der Tat nicht in der Lage, den Produktionsrückgang in anderen Ländern zu kompensieren.

Grosse Abhängigkeit der USA

Der sich abzeichnende Versorgungsengpass beim Erdöl beschäftigt auch die grossen geostrategischen Akteure. Am intensivsten befassen sich die USA mit dem Peak Oil. Der mit Abstand grösste Erdölkonsument verbraucht täglich 21 Millionen Fass Erdöl, also rund einen Viertel der geförderten Gesamtmenge. Weil die Eigenproduktion seit 1970 zurückgeht, müssen die USA inzwischen jeden Tag 16 Millionen Fass importieren. Es erstaunt daher nicht, dass die Administration Bush bereits kurz nach der Machtübernahme im Januar 2001 die Energiefrage ganz oben auf die politische Agenda setzte. Unter dem Vorsitz von Vizepräsident Dick Cheney plante eine Expertengruppe, die National Energy Policy Development Group, die Energiezukunft bis 2030 hinter verschlossenen Türen.

Erdöl unter staatlicher Kontrolle

Auch Russland setzt sich mit den Themen Erdöl und Erdgas auseinander. Ihm kommt eine Schlüsselfunktion zu, weil das Land hinter Saudi Arabien der zweitgrösste Erdölproduzent der Welt ist und gegenwärtig mit einer stagnierenden Produktion kämpft. Unter der Präsidentschaft Wladimir Putins hat sich die Situation grundlegend verändert. Insbesondere wurden russische Erdölfirmen, die zuvor privatisiert worden waren, wieder verstaatlicht. Damit sicherte sich Putin die Kontrolle über die russischen Ressourcen. Für Schlagzeilen sorgte vor allem der Fall der privaten Firma Jukos, die zerschlagen und im Dezember 2004

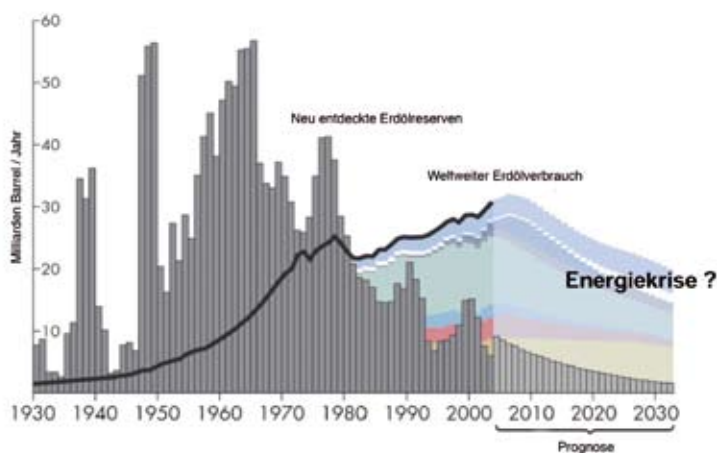


Fig. 3: Die Schere öffnet sich: Die grauen senkrechten Balken zeigen, wie viel Erdöl jedes Jahr neu gefunden wurde. Die schwarze Linie dokumentiert den weltweiten Verbrauch an Erdöl. Der Peak bei den Entdeckungen wurde bereits 1964 überschritten. (Quelle: ASPÖ)

von der Strohfirma Baikalfinansgrup übernommen wurde, welche ihrerseits später in die vom Staat kontrollierte Erdölfirma Rosneft integriert wurde. Auch ausländische Erdölfirmen bekamen den Druck der russischen Regierung zu spüren. Putin und Gazprom-Chef Alexei Miller gelang es so, sich die Kontrolle über die grössten ausländischen Investitionsprojekte in Russland zu sichern.

Indien denkt ebenfalls intensiv über Energie nach. Das Land konsumiert bald 3 Millionen Fass Erdöl pro Tag, verfügt aber nur über kleine Erdölquellen im Landesinneren. Die vom Staat kontrollierte indische Erdölfirma Oil and Natural Gas Corporation Limited versucht, durch Förderung im Sudan, in Myanmar, in Vietnam und in Russland den wachsenden Energiehunger Indiens zu stillen. Gegen den Willen der USA will Indien zudem eine 2100 Kilometer lange Gaspipeline von Iran durch das verfeindete Pakistan nach Indien bauen. Im März 2006 schlossen die USA mit Indien eine Vereinbarung über Atomkraft ab. Die Nutzung ziviler Atomenergie durch Indien, so erklärte Präsident George W. Bush bei seinem ersten Besuch in Indien, nehme Druck von den Ölmärkten; das komme auch den amerikanischen Verbrauchern zugute.

Starke Präsenz in Afrika

China änderte seine Aussenpolitik im Jahre 1993 radikal, als das chinesische Erdöl nicht mehr reichte, um den Eigenbedarf zu decken. China ist heute Netto-Erdölimporteur und hinter den USA der zweitgrösste Erdölkonsument. Es hat seine internationalen Aktivitäten massiv intensiviert und inzwischen mit Nigeria, Angola, Sudan und anderen afrikanischen Staaten Abkommen bezüglich Erdöllieferungen abgeschlossen. Im Gegenzug realisiert China mit Tausenden von Arbeitskräften Infrastrukturprojekte in Afrika. Um der Präsenz der Chinesen in Afrika ihre eigene Macht entgegenzusetzen, haben die USA 2008 das neue militärische Regionalkommando «Africa Command» gegründet.

Die 27 EU-Staaten hingegen haben bis heute keine gemeinsame Energiepolitik entwickelt. Um die Abhängigkeit vom Erdöl zu vermindern, versucht die EU, mit der geplanten Nabucco-Pipeline Erdöl und Erdgas aus Zentralasien zu importieren, ohne dabei russischen Boden zu berühren. Dieser Plan ist indes gefährdet: Moskau vereinbarte mit diesen Staaten, dass sie ihre fossilen Energieträger über Russland exportieren. Im Weiteren versuchen einzelne Staaten Europas, ihre Erdölabhängigkeit mit höheren Gasimporten zu vermindern. Im September 2005 einigten sich der russische Präsident Putin und der deutsche Bundeskanzler Gerhard Schröder auf den Bau einer Erdgaspipeline auf dem Grund der Ostsee. EU-Mitglied Polen sowie die Ukraine und Weissrussland übten scharfe Kritik. Noch grösser waren die Spannungen, als Russland nach einem Preisstreit am 1. Januar 2006 die Gasexporte in die Ukraine stoppte. Schon am 4. Januar willigte die Ukraine in die verlangte Preiserhöhung ein. Dennoch muss sich Europa seither die Frage stellen, wie verlässlich die Importe fossiler Ressourcen aus Russland tatsächlich sind.



Eine völlig neue Situation

Die Schweiz hat in der Vergangenheit schon mehrmals Erdöl-Versorgungskrisen erlebt. Der künftige globale Rückgang der Förderung stellt jedoch eine ganz neue Herausforderung dar. Die Politik scheint dies noch nicht ausreichend zur Kenntnis genommen zu haben.

Die Versorgung der Schweiz mit Erdöl war in der Vergangenheit schon mehrmals gefährdet. Eine erste kritische Phase erlebte das Land während des Zweiten Weltkriegs. Das kriegswirtschaftliche Syndikat Petrola hatte damals die Aufgabe, die Erdölimporte zu koordinieren. Schon bald zeigte sich, dass die Vorkriegsmenge von rund 3 Millionen Fass pro Jahr auf dem Markt nicht mehr beschafft werden konnte. Die Importe gingen im Laufe des Krieges markant zurück und erreichten 1944 bei 180 000 Fass einen dramatischen Tiefpunkt. Heute könnte damit nicht einmal mehr der Bedarf eines Tages gedeckt werden. Die Behörden mussten schmerzhaft Einschränkungen durchsetzen, die in der Bevölkerung Unmut auslösten. Bereits 1941 wurde die Stilllegung fast aller Motorfahrzeuge verfügt. Nach Aufhebung der staatlichen Fahrverbote und Benzinrationierungen am Ende des Krieges setzte der Automobilverkehr in erstaunlich kurzer Zeit wieder ein und befand sich schon im Sommer 1946 wieder auf Vorkriegsniveau.

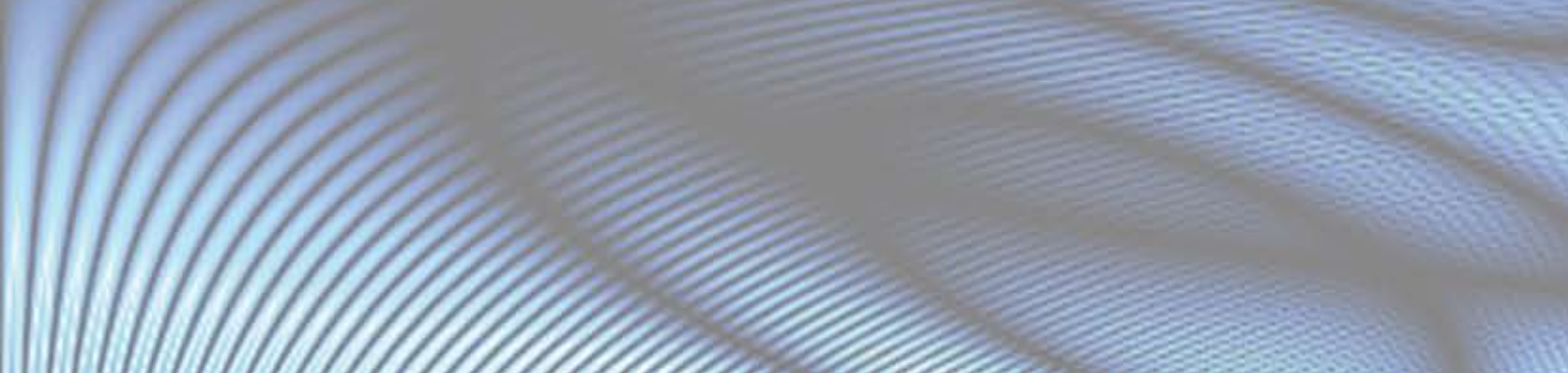
Die nächste heikle Situation folgte während der Suezkrise. Nachdem der ägyptische Staatspräsident Gamal Abdel Nasser 1956 den Suezkanal verstaatlicht hatte, griffen Israel, Frankreich und Grossbritannien Ägypten Ende Oktober an. Ägyptische Kommandoeinheiten versenkten in der Folge Dutzende Schiffe im Suezkanal und blockierten so die Durchfahrt. Zudem sabotierten syrische Ingenieure die Pumpstationen an den Pipelines, die zum Mittelmeer führten. Der Ölfluss aus dem Nahen Osten kam so Anfang November zum Stillstand. Der Krieg endete indes sehr schnell, denn die beiden Grossmächte USA und UdSSR setzten bereits am 6. November die Einstellung des Feuers durch. Anders als während des Zweiten Weltkriegs litt die Schweiz während der

Suezkrise nicht unter einem physischen Mangel an Erdöl, denn die Versorgungskette war effektiv nur während kurzer Zeit unterbrochen. Doch der psychologische Schock sass tief. Das neu gegründete «Schweizer Konsortium für Erdölforschung» beschloss, in der Schweiz nach Erdöl zu suchen. Die Bemühungen blieben jedoch ohne Erfolg.

Preiserhöhung als Schockerlebnis

Im Jahre 1973 folgte im Zuge des Yom-Kippur-Kriegs die nächste Versorgungsunsicherheit. Noch während die Kämpfe zwischen Israel, Syrien und Ägypten andauerten, beschloss die OPEC, den Richtpreis für Erdöl von 2,028 US-Dollar auf 5,119 US-Dollar pro Fass anzuheben. Dies wurde im Westen als Schock wahrgenommen, auch wenn beide Preise aus heutiger Sicht sehr tief sind. Am 17. Oktober folgte der nächste Schlag: Die OPEC verhängte einen Totalboykott gegenüber den USA und den Niederlanden sowie Lieferkürzungen gegenüber anderen Industriestaaten. Ende Dezember 1973 erhöhte die OPEC den Ölpreis auf 11,65 Dollar pro Fass. Der Erdölpreis verharrte während der 1970er-Jahre auf dieser Höhe und stieg nach der Revolution im Iran 1979 sogar auf über 30 Dollar pro Fass. Der Preisschock war das eigentlich zentrale Ereignis des Jahres 1973. Physisch mangelte es trotz Sonntagsfahrverboten nicht an Erdöl, denn die arabischen Förderländer begannen bereits Ende Dezember, das Embargo schrittweise zu lockern.

Sollte es in Zukunft zu einer vergleichbaren Krise kommen, steht die Schweiz nicht ohne Reserven da. Als Vorsorgemassnahme wurde bereits 1932 die Carburia gegründet, der alle Erdölimporteure als Pflichtmitglieder angeschlossen sind. In Grosstankanlagen lagern die Importeure



teure Erdölprodukte als Pflichtlager. Gemessen am normalen Verbrauch reichen diese Vorräte heute bei Benzin, Diesel und Heizöl für viereinhalb Monate, beim Flugpetrol für drei Monate. Zudem existiert ein Notfallsystem unter den Staaten, die der International Energy Agency (IEA) angeschlossen sind. Dieses System sieht den Austausch von Erdöl unter den Mitgliedern vor, wenn ein einzelnes Mitglied in eine Notsituation gelangen sollte. Dieser Austausch funktioniert natürlich nur, wenn nicht alle IEA-Mitglieder gleichzeitig in einen Notstand geraten. Gerade damit jedoch muss nach Eintreten des globalen Peak Oil gerechnet werden.

Trügerische Zuversicht

Nach dem Yom-Kippur-Krieg befasste sich auch die Eidgenössische Kommission für die Gesamtenergiekonzeption (GEK) mit der Versorgungssicherheit der Schweiz. Die Erdölversorgung sei sowohl mittel- als auch langfristig vielfältig gefährdet, schrieb die GEK in ihrem 1978 veröffentlichten Bericht. Die GEK – wie übrigens auch alle anderen Beobachter vor und nach ihr – arbeitete dabei mit dem etwas unscharfen Begriff der Reserven. Erst im Jahr 2001 tauchte das gedankliche Konzept des Peak Oil erstmals in der öffentlichen Debatte auf, als der Basler Nationalrat Rudolf Rechsteiner eine entsprechende Anfrage an den Bundesrat richtete.

Bei seiner Antwort stützte sich der Bundesrat auf Zahlen der IEA: Es bestehe bis mindestens 2020 kein Ressourcenproblem, schrieb die Regierung. Dennoch betonte sie, die Anstrengungen zur Erhöhung der Energieeffizienz und der Einsatz von erneuerbaren Energien müssten verstärkt werden. Verschiedene Parlamentarier, darunter neben Rechsteiner auch der Zürcher Nationalrat Ruedi Aeschbacher und der Aargauer Nationalrat Geri Müller, teilten die Zuversicht des Bundesrates nicht. Aeschbacher reichte 2005 erneut eine Interpellation zum Thema Peak Oil ein. In seiner Antwort stützte sich der Bundesrat wiederum auf die IEA: «Die IEA rechnet bis 2030 mit

einem Anstieg der Rohölförderung um 40 Prozent, was zur Deckung der globalen Nachfrage bis 2030 ausreichen dürfte.»

Tatsächlich ging die IEA in den Weltenergieperspektiven 2004 von einem Anstieg der Rohölförderung auf über 120 Millionen Fass pro Tag aus. Doch schon im Herbst 2005 erklärte die Organisation in einem neuen Bericht, die Förderung in den heute produzierenden (konventionellen) Feldern werde weltweit unweigerlich zurückgehen, vermutlich um 5 Prozent pro Jahr. Dieser Rückgang könne nur mit neuen Quellen kompensiert werden. Diese Quellen zu finden, sei jedoch kein Problem, wenn die Erdölindustrie bereit sei, die nötigen Investitionen zu tätigen. Im Juli 2007 korrigierte die IEA ihre Angaben erneut. Sie räumte ein, im Nicht-OPEC-Raum könne die Förderung von konventionellem Erdöl scheinbar nicht mehr erhöht werden. Sie sprach nicht von einem Peak in der Nicht-OPEC-Welt, sondern von einem «Plateau». Das bedeutet, dass die Nicht-OPEC-Welt nach Ansicht der IEA ihre Produktion trotz «markanten Steigerungen» Russlands, Kasachstans und Brasiliens nicht mehr weiter erhöhen kann. Der IEA-Chefökonom Faith Birol warnte denn auch öffentlich vor einer kommenden Erdölkrise.

Das Auto steht im Vordergrund

Die Schweiz sollte sich schon heute auf den Peak Oil vorbereiten, da sie überdurchschnittlich stark von Erdöl abhängig ist. Besonders kritisch ist der Treibstoffsektor. Die Statistik zeigt, dass der motorisierte Individualverkehr für die Bevölkerung eine zentrale Rolle spielt.

Die Daten zur Erdölförderung zeigen klar, dass der Peak Oil kommen wird und alle Länder gleichzeitig treffen wird. Auch die Schweiz könnte sich daher in absehbarer Zeit mit ernsthaften Versorgungsempässen im Bereich Erdölprodukte konfrontiert sehen. Sie wird sich dabei in einer ganz anderen Situation wiederfinden als während der früheren Versorgungskrisen. Damals sorgten im Wesentlichen politische sowie kriegerische Gründe für Versorgungsempässe und psychologische Unsicherheiten. Die sich abzeichnenden kommenden Schwierigkeiten beruhen jedoch auf einem ganz anderen Umstand, nämlich der Tatsache, dass die natürlichen Ressourcen begrenzt sind. Das Vorsorgeprinzip legt nahe, dass sich die Schweiz auf den Peak Oil vorbereitet. Je weniger stark ein Land vom Erdöl abhängig ist, desto weniger stark wird es auch vom Peak Oil betroffen sein. Studiert man die entsprechenden Unterlagen – zum Beispiel das Leitbild Bevölkerungsschutz des Bundesrates aus dem Jahre 2001 –, dann scheint es, dass die Behörden weder eine kurzfristige Treibstoff-Versorgungskrise noch längerfristige Lieferschwierigkeiten als mögliche ernsthafte Bedrohung wahrnehmen. Im Gegensatz dazu bereitet sich das Land umfassend auf Katastrophen wie Erdbeben und Atomunfälle, Notlagen, Terroranschläge oder kriegerische Ereignisse im Ausland vor.

Angesichts der Tatsache, dass die Schweiz ihren Energiebedarf zu 57 Prozent mit Erdöl deckt und daher überdurchschnittlich stark von diesem Energieträger abhängt, wäre es dringend geboten, sich mit dem Phänomen Peak Oil zu befassen. Während kurzfristige Versorgungskrisen durch die gesetzlich vorgeschriebene Vorratshaltung abgefedert werden, stellt sich die Frage, wie die Erdölabhängigkeit längerfristig zu vermindern ist, damit Schwierigkeiten bei längeren Versorgungsempässen vermindert werden können.

Sorgenkind Treibstoffe

Im Bereich der Brennstoffe kann die Schweiz mit Gebäudesanierungen (Minergie) und alternativen Heizsystemen (Sonnenkollektoren, Pellets, Wärmepumpen) ihre Erdölabhängigkeit relativ problemlos abbauen. Schon heute ist

	Anzahl Etappen	Distanz	Unterwegszeit
Langsamverkehr	50%	8%	44%
Motorisierter Individualverkehr	37%	69%	41%
Öffentlicher Verkehr	11%	20%	11%
Übriges	1%	3%	4%

Tab. 1: Kennziffern zur Verkehrsmittelwahl, aufgeschlüsselt nach Etappen, Tagesdistanzen und Unterwegszeit. (Quelle: BFS / ARE)

es möglich, Gebäude ohne Erdöl und Erdgas zu heizen bzw. zu kühlen. Die entsprechende Umstellung des Gebäudeparks benötigt allerdings viel Zeit, da Gebäudesanierungen nur alle paar Jahrzehnte vorgenommen werden.

Wesentlich ungünstiger sieht die Situation bei den Treibstoffen aus. Die Abhängigkeit vom Erdöl lässt sich hier nicht so einfach überwinden. Da je nach Szenario schon in wenigen Jahren mit einer Gefährdung der Versorgungssicherheit gerechnet werden muss, besteht im Mobilitätssektor dringender Handlungsbedarf.

Um mögliche Handlungsstrategien zu erkennen, ist es sinnvoll, zunächst das heutige Mobilitätsverhalten zu analysieren. Mobilität ist für die Schweizer Bevölkerung sehr wichtig. Wir sind alle unterwegs, und zwar täglich. Die heute selbstverständliche alltägliche Mobilität wurde

Verkehrszweck	Alltagsmobilität	Nicht alltägliche Mobilität		Jahresmobilität	
		Tagesreisen	Reisen mit Übernachtung		
Total	13233	1237	4639	19109	100%
Arbeit	3293			3293	17,2%
Ausbildung	542			542	2,8%
Einkauf	1835			1835	9,6%
Geschäftl. / Dienstfahrt	739	195	586	1520	8,0%
Freizeit	4172	920	3551	8644	45,2%
Service u. Begleitung	192			192	1,0%
andere	2459	122	502	3082	16,1%

Tab. 2: Kennziffern zur Jahresmobilität, aufgeschlüsselt nach Zweck. Angegeben ist die durchschnittliche Distanz pro Person, die im Jahr 2005 im In- und Ausland zurückgelegt wurde. (Quelle: BFS / ARE)

in erster Linie durch das billige Erdöl ermöglicht. Nie zuvor in der Menschheitsgeschichte haben so viele Menschen in ihrem Leben so grosse Strecken zurückgelegt.

Misst man die Mobilität anhand der zurückgelegten Distanzen, so entfallen nur gerade 20 Prozent der gesamten Mobilität auf den öffentlichen Verkehr (Tab. 1). Der so genannte Langsamverkehr, sprich die Mobilität zu Fuss und mit dem Velo, erreicht einen Anteil von 8 Prozent. Der Grund dafür liegt auf der Hand: Die Etappen, die mit dem Velo und zu Fuss zurückgelegt werden, sind in aller Regel sehr kurz, obschon sie gemessen an der Anzahl rund die Hälfte aller Inland-Etappen ausmachen.

Dominiert wird die Mobilität in der Schweiz durch den motorisierten Individualverkehr. Dieser deckt 69 Prozent aller Distanzen und 41 Prozent der Unterwegszeit (ohne Wartezeit) ab. Das Auto steht eindeutig im Zentrum der Schweizer Mobilität. In vielen Fällen wird das Auto für lange Distanzen benutzt; gleichzeitig sind rund 30 Prozent der Autofahrten kürzer als 3 Kilometer.

Mobilität erfüllt in der Schweiz verschiedene Zwecke. Sie erlaubt den Transport zur Arbeit oder die Ausflugsfahrt

Verkehrszweck	Besetzungsgrad Personen / Auto	Anteil der Etappen mit nur einer Person
Total	1,57	70,2%
Arbeit	1,11	91,4%
Ausbildung	1,26	78,9%
Einkauf	1,63	66,9%
Geschäftliche Tätigkeit	1,25	86,0%
Dienstfahrt	1,52	74,2%
Freizeit	1,92	55,5%
Service und Begleitung	2,16	32,3%

Tab. 3: Durchschnittlicher Besetzungsgrad von Personenwagen und Anteil der Alleinreisenden im Strassenverkehr im Jahr 2005. (Quelle: BFS / ARE)

während der Freizeit. Im Durchschnitt legen die Schweizerinnen und Schweizer jedes Jahr eine Distanz von über 19 000 Kilometern zurück (Tab. 2). Schlüsselt man die zurückgelegten Distanzen nach ihrem Zweck auf, so zeigt sich, dass 70 Prozent aller zurückgelegten Kilometer – also mehr als 13 000 Kilometer auf die Mobilität im Alltag entfallen. Zu dieser Kategorie gehören die Wege zur Arbeit, zur Ausbildung und zum Einkauf. Rund 24 Prozent der zurückgelegten Kilometer entfallen auf Reisen mit Übernachtungen und 6 Prozent auf nicht alltägliche Tagesreisen. Bei der nicht alltäglichen Mobilität dominiert als Zweck die Freizeit. Unterschiede im Mobilitätsverhalten gibt es auch in Bezug auf das Einkommen: Finanziell besser gestellte Personen legen tendenziell mehr Kilometer für längere Reisen zurück. Unterschiede sind vor allem bei den Reisen mit Übernachtungen zu erkennen.

Schlechte Auslastung

Ein Blick auf die Verkehrsstatistik zeigt, dass der motorisierte Individualverkehr in der Schweiz durch eine sehr geringe Auslastung der Fahrzeuge gekennzeichnet ist. Im Durchschnitt sind pro Auto 1,57 Personen unterwegs (Tab. 3). In über 70 Prozent aller Fahrten sitzt also nur eine einzige Person im Auto. Besonders schlecht ausgelastet sind die Fahrzeuge auf Arbeitswegen. Dort sitzt sogar in mehr als 90 Prozent der Fälle nur eine Person im Auto, der Besetzungsgrad beträgt 1,1. Auch auf Freizeitfahrten ist das Auto mehrheitlich nur mit einer Person besetzt. Ein Vergleich mit früheren Daten zeigt, dass der Besetzungsgrad im Laufe der Zeit abgenommen hat.

Freiwillige Massnahmen reichen nicht

Europaweit steigen die CO₂-Emissionen des Transportsektors weiterhin an. Freiwillige Vereinbarungen mit der Automobilindustrie erreichten bisher ihre Wirkung nicht. Die dringend notwendige Richtungsänderung lässt sich wohl nur mit energischen Massnahmen erreichen.

Im Hinblick auf das Ziel, die Vorgaben des Kyoto-Protokolls zu erreichen, sei der Automobilverkehr das grösste Problem, befand die European Environment Agency (EEA) im Juni 2006. Tatsächlich stiegen in der EU die CO₂-Emissionen aus dem Transportsektor zwischen 1990 und 2004 um 32 Prozent. Autos und Kleinbusse sind dabei für die Hälfte dieser Zunahme verantwortlich. Die steigenden CO₂-Emissionen widerspiegeln, dass die EU im Transportsektor immer stärker auf Erdölimporte angewiesen ist. 80 Prozent des Erdöls muss die EU importieren, während die Eigenproduktion in der Nordsee nur 20 Prozent des Bedarfs decken kann – mit fallender Tendenz, da der Peak Oil in der Nordsee bereits erreicht wurde.

Um den Treibstoffverbrauch zu senken, schlägt die EEA vor, für Autos und Kleinbusse strengere CO₂-Emissionsgrenzen einzuführen. Die Idee ist nicht neu. Bereits 1996 verfassten die Mitgliedsländer der EU und das EU-Parlament ein Strategiepapier zu diesem Thema. Dieses sah vor, die durchschnittlichen CO₂-Emissionen aller in der EU verkauften Neuwagen bis im Jahr 2005, spätestens aber bis im Jahr 2010, auf 120 Gramm pro Kilometer zu reduzieren. Diese Grenze bedeutet, dass Benzinautos nur noch 5 Liter Treibstoff pro 100 Kilometer verbrauchen dürfen, Dieselaautos gar nur noch 4,5 Liter. Mit anderen Worten: Die EU strebt seit 1996 das 5-Liter-Auto an. Dass dies technisch möglich ist, demonstrierte die Umweltorganisation Greenpeace im gleichen Jahr mit dem Smile, einem umgebauten Renault Twingo, der nur 3,3 Liter Benzin auf 100 Kilometer verbrauchte.

Versprechen nicht eingehalten

Der Verband der europäischen Autoindustrie (European Automobile Manufacturers Association) versprach 1998,

die CO₂-Emissionen der verkauften Neuwagen bis 2008 auf 140 Gramm pro Kilometer zu reduzieren. Dies entspricht einem Verbrauch von 6 Liter auf 100 Kilometer für Benzinfahrzeuge und 5,3 Liter für Dieselfahrzeuge. Die Limite von 120 Gramm pro Kilometer werde erst 2012 erreicht. 1999 machten auch der Verband der japanischen Autoindustrie (Japan Automobile Manufacturers Association) und der Verband der koreanischen Autoindustrie (Korean Automobile Manufacturers Association) ähnliche Versprechungen. Sie versprachen, bis 2009 bei Neuwagen eine Limite von 140 Gramm pro Kilometer einzuhalten. Heute zeigt sich, dass die Autohersteller sich nicht an diese Versprechungen gehalten haben. Nur gerade drei Marken, nämlich Fiat, Citroen und Renault, erfüllen die Vorgaben.

Die Zielwerte wurden in der EU nicht erreicht und auch in der Schweiz fahren weiterhin Neuwagen mit hohem Treibstoffverbrauch. Ende 2007 lag der Durchschnitts-

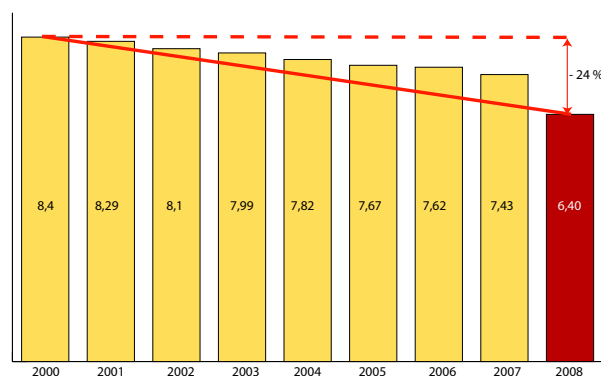


Fig. 4: Spezifischer Treibstoffverbrauch von neuen Personenwagen in der Schweiz. Die mit dem Dachverband auto-schweiz abgeschlossene Zielvereinbarung strebt bis 2008 einen Verbrauch von 6,4 Litern pro 100 Kilometer an (rote Säule rechts). Verändert sich der effektive Flottenverbrauch so wie in den letzten Jahren (gelbe Säulen), wird das Ziel deutlich verfehlt. (Quelle: auto-schweiz)

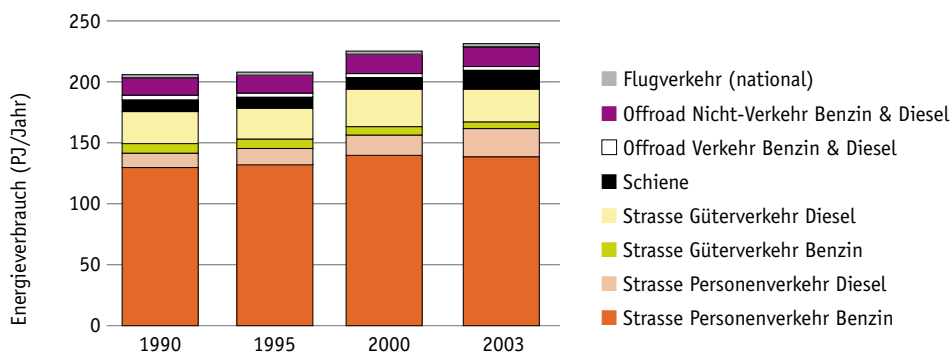


Fig. 5: Zeitliche Entwicklung des Treibstoffverbrauchs in der Schweiz, aufgeschlüsselt nach einzelnen Verkehrsträgern. Zum Bereich «Offroad Nicht-Verkehr» gehören u.a. Landwirtschaftsfahrzeuge und Baumaschinen. (Quelle: BFE)

verbrauch aller Neuwagen bei 7,43 Liter pro 100 Kilometer (Fig. 4). Dies entspricht einem CO₂-Ausstoss von 174 Gramm pro Kilometer. Dies ist deutlich mehr als der EU-Durchschnitt. Kein Wunder: Die Schweizer fahren neben den Schweden in Europa die grössten und teuersten Autos. Auch in der Schweiz hat die Automobilindustrie Versprechungen abgegeben. Der Dachverband auto-schweiz hat im Jahre 2002 mit dem Bund eine Vereinbarung über den Absenkpfad bei den CO₂-Emissionen von Neuwagen abgeschlossen. auto-schweiz bot eine Effizienzsteigerung von gut 1 Prozent pro Jahr an. Auch dieses Ziel wurde nur gerade zur Hälfte erreicht.

Aus den gemachten Erfahrungen lassen sich drei Schlüsse ziehen: 1. Freiwillige Vereinbarungen ohne Strafandrohung bringen (zu) wenig. 2. Effizienzgewinne werden wettgemacht durch grössere, schwerere Autos. 3. Konsumenten setzen ihr Umweltwissen völlig unzureichend freiwillig um. Wissen führt bei der Mobilität nicht zu entsprechendem Handeln.

Fehlende Alternativen

Der grösste Teil des Erdölverbrauchs im schweizerischen Verkehrssektor entfällt auf den motorisierten Individualverkehr (Fig. 5). Folglich muss in erster Linie in diesem Bereich angesetzt werden. Die kleineren Verkehrssegmente Güter, Schiene, Offroad können relativ leicht, das heisst ohne grossen politischen Widerstand, geregelt werden, und der Lernprozess hat dort auch schon eingesetzt. Einzig beim Individualverkehr spielen Bund und Kantone ihre Rollen als Regulatoren ohne Wirkung. Der politische Lernprozess hat hier noch nicht wirklich begonnen.

Zu Benzin und Diesel gibt es derzeit mengenmässig keine Alternativen. Es braucht daher die Einsicht, dass die Autos leichter werden müssen. Erdgas ist keine wirkliche Alternative, weil die Versorgungssicherheit der Schweiz auf Grund des Peak Gas dadurch nicht erhöht werden kann. Es gibt auch keine Anhaltspunkte, dass Biotreibstoffe

oder Wasserstoff für Brennstoffzellen Benzin und Diesel demnächst ersetzen könnten. Elektro- und Solarautos, welche im Nahverkehr eine steigende Bedeutung erlangen werden, vermögen die mit Benzin und Diesel angetriebenen Fahrzeuge in naher Zukunft ebenso wenig zu ersetzen. Die Mobilität bleibt also vorerst vom Erdöl abhängig. Angesichts dieser Abhängigkeit ist es dringend angezeigt, die Effizienz zu steigern, indem auch die Schweiz bei Neuwagen eine Emissionsgrenze von 120 Gramm CO₂ pro Kilometer einführt.

Es fehlt ein Grundkonsens

Erschwerend kommt dazu, dass alle Studien zur künftigen Verkehrsnachfrage eine markante Zunahme des motorisierten Individualverkehrs voraussagen. Dies hat weitreichende Folgen, werden Effizienzgewinne bei den Fahrzeugen doch so gleich wieder kompensiert. Wie der Trend gebrochen werden kann, ist unklar. Das Bundesamt für Energie (BFE) hat im Rahmen einer aufwändigen Studie vier Szenarien entwickelt, wie die Energiezukunft der Schweiz bis 2035 aussehen könnte. Diese Szenarien legen nahe, dass sich der Gesamtverbrauch an Treibstoffen nur mit sehr energischen Schritten reduzieren lässt.

Es ist aufschlussreich, wie die verschiedenen Interessensgruppen die vier vorgeschlagenen Energieszenarien kommentiert haben. Die Reaktionen zeigen klar: In der Schweiz fehlt ein Grundkonsens, wie die Energiezukunft aussehen soll. Deshalb fehlen auch im Mobilitätssektor die Voraussetzungen für zielorientiertes und konzentriertes Handeln. Es muss damit gerechnet werden, dass auch in Zukunft Effizienzgewinne durch die Nachfrageentwicklung mehr als aufgehoben werden. Nur starke Änderungen der Rahmenbedingungen könnten daran etwas ändern. Bedenklich dabei ist, dass die entsprechende gesellschaftliche und politische Diskussion schon mindestens 10 Jahre andauert, ohne dass sie zu konkreten Resultaten geführt hätte. Diese 10 Jahre fehlen für den Wandel hin zu einer energieeffizienten Mobilität.

Erfreulich grosse Einsparmöglichkeiten

Der Treibstoffverbrauch könnte in allen Mobilitätsbereichen markant gesenkt werden. Die Frage ist, wie dieses Potenzial am besten umgesetzt werden kann. Marktwirtschaftliche Instrumente und staatliche Vorschriften zeigen wohl am ehesten Wirkung.

Beim Begriff «Erdölkrise» denken viele zunächst an die vier autofreien Sonntage im November 1973, als die Strassen praktisch leergefegt waren. Dabei wird angenommen, bei einer künftigen Versorgungskrise würden sich diese Bilder wiederholen. Die Fahrt zur Arbeit oder zum Einkaufen mit dem Auto sei also nicht mehr möglich. Die verfügbaren Zahlen widerlegen diese Annahme: Unterscheidet man die Mobilität streng gemäss Zweck, so zeigt sich, dass Arbeits- und Ausbildungsverkehr zusammen nur rund 20 Prozent der jährlich zurückgelegten Distanzen ausmachen. Sollten im Falle einer lang anhaltenden Treibstoffkrise selbst diese 20 Prozent nicht mehr gedeckt werden können, besteht immer noch eine unmittelbar verfügbare Entlastung durch den öffentlichen Verkehr. Auch das Carpooling, bei dem sich mehrere Personen ein Auto teilen, bietet grosse Entlastungsmöglichkeiten.

Schlüsselsektor Freizeitverkehr

Wesentlich mehr und einfacheres Einsparpotenzial bietet der Freizeitverkehr. Ganze 45 Prozent der Verkehrsnachfrage (gemessen an den geleisteten Kilometern) entfallen auf diesen Sektor! Darin enthalten sind 30 Prozent Kurzstanzfahrten von weniger als 3 Kilometern. Im Falle einer ernsthaften Treibstoffkrise könnte bestimmt die Hälfte dieser Fahrten gestrichen werden, ohne dass die Mobilität in der Schweiz in eine Existenzkrise geriete. Auch beim Ferienverkehr könnten im Falle einer Krise ohne weiteres Abstriche gemacht werden. Ferienreisen und Ausflüge machten 2005 rund 30 Prozent der gefahrenen Kilometer aus.

Der Geschäftsverkehr, der nur einen Anteil von 8 Prozent an den jährlich zurückgelegten Distanzen einnimmt, ist zum grössten Teil Fernverkehr. Eine wesentliche Rolle spielen dabei öffentliche Verkehrsmittel. Verschiedene

Studien zeigen, dass der Geschäftsverkehr in vielen Unternehmungen um 30 bis 50 Prozent reduziert werden könnte.

Beim Güterverkehr ist es gelungen, durch die Einführung der «Leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe» (LSVA) eine deutliche Effizienzsteigerung herbeizuführen. Die LSVA bietet Anreize, die Fahrzeuge möglichst wirtschaftlich einzusetzen und insbesondere Leerfahrten zu vermeiden. Zwischen 2001 und 2005 wurde ein Rückgang der Fahrleistung von 6,4 Prozent bei gleichzeitiger Zunahme der in Tonnenkilometern gemessenen Verkehrsleistung um 16,4 Prozent registriert. Ohne LSVA und begleitende Massnahmen – Erhöhung der Gewichtslimite, Förderung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Schiene – würden jährlich rund 400 000 schwere Strassenfahrzeuge mehr durch unsere Alpen fahren, als dies heute der Fall ist. Sofern nicht international abgestimmte Massnahmen ergriffen werden, wird die Fahrleistung ab 2010 allerdings wieder zunehmen und bis 2030 rund 30 Prozent über dem heutigen Wert liegen.

Bei einer drastischen Verknappung der Treibstoffzufuhr wäre der Güterverkehr stark betroffen. Es ist anzunehmen, dass zumindest für schwere und sperrige Güter die Logistik schon weitgehend optimiert ist und daher nur noch geringe kurzfristige Einsparpotenziale bestehen. Demgegenüber dürften bei den Lieferwagen-Fahrten (die nicht der LSVA unterstehen) noch erhebliche Einsparpotenziale bestehen. Es ist davon auszugehen, dass die gesellschaftlich notwendigen Dienste auch bei einer kritischen Treibstoffversorgung aufrechterhalten werden können, da der Güterverkehr nur einen kleinen Anteil zum Treibstoffverbrauch beiträgt und zudem über ein geschätztes Einsparpotenzial von rund 30-50 Prozent verfügt.

Verkehrszweck	Einsparpotenzial		Anteil an Fahrleistung	Reduktion Treibstoffverbrauch	Erforderliche Massnahmen
	kurz- u. mittelfristig (Tage bis Wochen)	langfristig (Jahre)			
Arbeit, Ausbildung	20-50%	50-70%	20%	4-10%	Vermehrte Nutzung öffentl. Verkehr, CarPooling
Geschäftsfahrten	50%	50%	8%	4%	Vermehrte Nutzung öffentl. Verkehr, elektr. Kommunikation
Freizeit	70%	80%	22%	15%	Umstellung auf Fuss und Velo oder Verzicht
Reisen	100%	80%	23%	23%	Vermehrte Nutzung öffentlicher Verkehr, Verzicht
Einkauf	50-70%	70%	10%	5-7%	CarPooling, Online-Shopping
Lieferverkehr	50-70%	70%	8%	4-6%	Frachtenpooling
Güterverkehr	30-50%	50%	8%	3-4%	Umlagerung auf Bahn, Erhöhung Fahrzeugauslastung
Total				58-69%	

Tab. 4: Entlastungspotenzial bezüglich Treibstoffverbrauch, aufgeschlüsselt nach verschiedenen Mobilitätsbereichen. Kurzfristig könnte mehr als die Hälfte des Treibstoffverbrauchs eingespart werden, wenn die entsprechenden Massnahmen (Spalte ganz rechts) voll umgesetzt werden.

(Quelle: Schätzungen E. Reinhardt)

Zwischen Anreizen und Vorschriften

In der Summe weisen die verschiedenen Mobilitätsbereiche erfreulich grosse Einsparpotenziale auf (Tab. 4). Diese Entlastungen wären noch viel gewichtiger, wenn der Umbau der Fahrzeugflotte hin zu energieeffizienteren Autos beschleunigt würde. Dass der Treibstoffverbrauch reduziert werden muss und kann, geht aus den Daten klar hervor. Die Frage ist, wie diese Reduktion erreicht werden soll.

Die extremste Variante wäre die Einführung einer Art Kriegswirtschaft wie während des Zweiten Weltkriegs. Ein solch rigides System würde von der Bevölkerung aber nur bei einer ebenso extremen Krise akzeptiert. Auf der anderen Seite des Spektrums stehen Anreizmechanismen, welche die Konsumentinnen und Konsumenten sanft beeinflussen. Anreize alleine dürften jedoch kaum zu den gewünschten Effekten führen, da die Treibstoffkosten nur gerade 17 Prozent der gesamten Autokosten ausmachen. Diese Einschätzung bestätigt auch eine Studie der ETH Zürich: Der Treibstoffverbrauch ist kein ausschlaggebendes Kaufargument. Im Vordergrund stehen vielmehr die Fahrzeuggrösse, die Sicherheit und der Preis.

Da Anreize kaum wirken und die Kriegswirtschaft zu extrem ist, kommt den regulatorischen Massnahmen eine wichtige Rolle zu. Vier Massnahmen versprechen langfristig nachhaltige Struktureffekte: 1. Preiserhöhung der Treibstoffe; 2. Bonus-Malus-System für Neufahrzeuge; 3. Verbrauchsabhängige Besteuerung aller Fahrzeuge; 4. Road-Pricing in Agglomerationen.

Oft werden diese Massnahmen mit dem Argument abgelehnt, freiwillige Verhaltensänderungen würden genauso

zu einer Reduktion des Treibstoffkonsums führen. Freiwillige Massnahmen werden in der Schweiz seit 1990 vor allem von den Bundesprogrammen Energie2000 und EnergieSchweiz unterstützt. Die Schweiz verfügt heute über ein sehr kohärentes Energieeffizienzprogramm, das auch den Mobilitätssektor stark einbezieht. Trotzdem entfalten freiwillige Massnahmen nur eine beschränkte Wirkung. Die frühere SATW-Studie «Nachhaltige Mobilität. Profil der gesellschaftlichen Anforderungen» zeigte denn auch, dass freiwillige Massnahmen den Treibstoffverbrauch im besten Fall um etwas mehr als 10 Prozent zu reduzieren vermögen.

Neben marktwirtschaftlichen Instrumenten könnten auch staatliche Vorschriften zu einer Reduktion des Treibstoffverbrauchs beitragen. Wie die EU kann wohl auch die Schweiz den Gebrauch von 5-Liter-Autos nur durch strenge Vorschriften für Neuwagen durchsetzen. Es gilt zu bedenken, dass nach Erlass einer solchen Vorschrift etwa eine Dekade verstreicht, bis der Fahrzeugpark als Ganzes signifikant weniger Treibstoff verbraucht.



Schwer abschätzbare Entwicklung

Die Mobilität ist heute in der Schweiz gerecht verteilt und die Treibstoffkosten bereiten der Bevölkerung keine ernsthaften Sorgen. Wie sich höhere Preise und mögliche Versorgungsengpässe auswirken werden, lässt sich erst ansatzweise erkennen.

Der Preis der Mobilität ist heute immer noch kein Thema, das die Bevölkerung ernsthaft beschäftigt. Kein Wunder, sind die Verkehrsausgaben im Vergleich zu Miete, Steuern und Krankenkassenprämien doch relativ tief. Für Verkehr und Mobilität wendete der Schweizer Durchschnittshaushalt im Jahre 2006 in etwa 11 Prozent seines Budgets auf. Davon entfällt etwa ein Viertel auf die Treibstoffkosten. Eine markante Verteuerung von Benzin und Diesel schmälert die Kaufkraft der Haushalte also nicht entscheidend. Deshalb dürfte das reale – nicht das politisch diskutierte – Verhalten der Treibstoffkonsumentinnen und -konsumenten selbst durch hohe Preisaufschläge kaum beeinflusst werden.

Tendenziell ist in den kommenden Jahren mit steigenden Treibstoffkosten zu rechnen. Wie schwierig es ist, künftige Entwicklungen vorauszusagen, zeigen frühere Studien. Die Beratungsfirma Ecoplan untersuchte im Rahmen der Energieperspektiven des Bundes den Einfluss des Rohölpreises und kam 2007 zum Schluss, Rohölpreise über 100 US-Dollar pro Fass würden langfristig wohl nur unter extremen Annahmen erreicht. Doch bereits am 2. Januar 2008 überschritt der Rohölpreis für die Sorte WTI erstmals diese Limite. Die Verfasser der Energieperspektiven wiesen aber darauf hin, dass die Schweiz je nach Preisentwicklung markante Wohlstandsverluste erleiden würde. Diese seien im internationalen Vergleich hoch, weil die Schweiz keine fossilen Rohstoffe besitze. Auch wenn die Preisentwicklung weniger dramatisch verlaufen werde als von manchen befürchtet, müsse mit erheblichen volkswirtschaftlichen Implikationen gerechnet werden.

Keine regionalen Differenzen

Es ist anzunehmen, dass künftige Veränderungen und Einschränkungen nicht alle gleich stark treffen werden, auch wenn die Mobilität in der Schweiz heute erstaun-

lich gerecht verteilt und verfügbar ist. Das wird auch in der Mobilitätsnachfrage abgebildet. Im urbanen Raum liegen die durchschnittlichen Tagesdistanzen deutlich unter jenen des ländlichen Raums. Dies gilt vor allem für die Kerngemeinden. In den weniger zentrumsnahen Agglomerationsgemeinden werden jedoch ähnlich lange Distanzen absolviert wie im ländlichen Raum. Dabei unterscheiden sich die Anteile der Verkehrszwecke räumlich nicht sehr stark. Es sind keine Regionen auszumachen, die in einem allfälligen Krisenfall deutlich schlechter gestellt wären.

Eine andere Frage ist, wie die verschiedenen sozialen Gruppen betroffen sein werden. Die Mobilität der Männer ist heute als Folge der Erwerbstätigkeit etwa 30 Prozent höher als diejenige der Frauen. Die Männer werden sich daher im Falle eines Treibstoffmangels stärker umstellen müssen. Auch hinsichtlich des Einkommens zeigen sich Unterschiede. Personen mit höheren Einkommen haben einen grösseren Mobilitätskonsum und reagieren auf Preissignale unsensibler. In Bezug auf die verschiedenen Altersgruppen zeigt sich, dass die erwerbstätige Bevölkerung am stärksten unter einer Versorgungskrise leiden würde. Weniger stark betroffen wären die Jungen, da sie überdurchschnittlich häufig den öffentlichen Verkehr benützen, sowie die ältere Bevölkerung, die eine vergleichsweise geringere Verkehrsnachfrage aufweist und zeitlich flexibler auf den öffentlichen Verkehr umsteigen kann.

Handeln tut Not

Die Daten zum globalen Peak Oil und zur heutigen Mobilität zeigen: Die Schweiz muss in absehbarer Zeit mit Engpässen bei der Versorgung mit Erdölprodukten rechnen. Doch sie ist auf diese Situation schlecht vorbereitet. Nun gilt es, die nötigen Massnahmen rasch einzuleiten.

Erdöl ist mit Abstand der wichtigste Energieträger der Schweiz. Auch global gesehen ist Erdöl vor Kohle und Gas die wichtigste Primärenergie. Nie zuvor wurde so viel Erdöl verbraucht wie heute, und es ist damit zu rechnen, dass die Nachfrage weiterhin kräftig anziehen wird. Doch Erdöl ist nur endlich vorhanden, und die Entdeckung von neuen Erdölfeldern geht schon seit 1964 zurück. Selbst hochrangige Vertreter der Erdölindustrie räumen heute ein, dass das globale Fördermaximum in absehbarer Zeit erreicht wird.

Die Versorgungssicherheit der Schweiz mit Treibstoffen ist daher gefährdet. Wann genau der globale Peak Oil spürbare Folgen für die Schweiz haben wird, ist unklar. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Gefährdung innerhalb der nächsten 20 Jahre eintreten wird. Die Schlussfolgerung liegt auf der Hand: Die Schweiz muss sich beim Erdöl auf Unsicherheiten und hohe Preise einstellen. Die Abhängigkeit von den fossilen Energieträgern sollte daher wo immer möglich und so schnell als möglich reduziert werden.

Im Gebäudebereich ist es schon heute technisch möglich, Heizöl und Erdgas durch bessere Konstruktionen, Gebäudeisolation und nachhaltige Energiequellen zu ersetzen. Der Umbau des Gebäudeparks wird allerdings viel Zeit in Anspruch nehmen. Ganz anders verhält es sich mit der Mobilität. Benzin und Diesel werden auf absehbare Zeit die wichtigsten Treibstoffe bleiben. Die Technologieentwicklung der nächsten zehn bis zwanzig Jahre scheint daher ziemlich sicher dem verbesserten, effizienteren fossil angetriebenen Fahrzeug zu gehören. Problematisch ist, dass die Einführung von effizienteren Fahrzeugen voraussichtlich zu langsam erfolgen wird,

um auf Krisen und absehbare Verknappungen wirksam vorbereitet zu sein.

Langfristige Krisen als Herausforderung

Im Hinblick auf die kommenden Herausforderungen muss zwischen kurzfristigen Versorgungskrisen – bis 100 Tage – und langfristigen Versorgungskrisen – bis mehrere Jahre – unterschieden werden. Bei kurzfristigen Versorgungskrisen kann die notwendige Mobilität für Ausbildung, Arbeit und Versorgung in hohem Masse aufrechterhalten werden. Insbesondere könnte im Krisenfall auf die Freizeitmobilität ohne grössere Probleme verzichtet werden. Zudem bietet der sehr gut ausgebaute öffentliche Verkehr eine wichtige Alternative zum Individualverkehr. Der öffentliche Verkehr kann zumindest einen Teil der Mobilität garantieren, obschon eine Verlagerung des Individualverkehrs auf den öffentlichen Verkehr einen Kapazitätsausbau voraussetzt.

Bei langfristigen Versorgungskrisen sind jedoch alle Voraussagen schwierig. Wichtig wäre, den Treibstoffverbrauch gemäss dem Vorsorgeprinzip schon heute zu senken. Am einfachsten und schnellsten kann die Mobilität auf der individuellen Ebene reduziert werden. Für eine breite Senkung des Treibstoffverbrauches in Richtung des Drei-Liter-Autos, wie dies im Kontext von Peak Oil angezeigt wäre, sind jedoch zusätzliche staatliche Vorschriften und marktwirtschaftliche Eingriffe unabdingbar.

Weiterführende Literatur

Homepage der Association for the Study of Peak Oil (ASPO): www.peakoil.ch

Homepage des Erdölkonzerns Total: www.planete-energies.com

auto-schweiz: 12. Berichterstattung im Rahmen der Energieverordnung über die Absenkung des spezifischen Treibstoff-Normverbrauchs von Personenwagen. Bern, 2007

Bundesamt für Energie: Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2006. Bern, 2007

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): Volkswirtschaftliche Auswirkungen der LSVa mit höherer Gewichtslimite – Schlussbericht. Bern, 2007

Bundesamt für Statistik (BFS), Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): Mobilität in der Schweiz. Bern, 2007

Charles T. Maxwell über den bevorstehenden Zenit der Weltproduktion: Finanz und Wirtschaft, 14. Februar 2007

Ecoplan: Auswirkungen langfristig hoher Ölpreise. Einfluss eines hohen langfristigen Ölpreises auf Wirtschaftswachstum, Strukturwandel sowie Energieangebot und -nachfrage. Bern, 2007

International Energy Agency (IEA): Medium Term Oil Market Report. Paris, 2007

National Petroleum Council: Facing the Hard Truths about Energy. A comprehensive view to 2030 of global Oil and Natural Gas. 2007

Peter Gerling: Crude Oil and Natural Gas Liquids. In: World Energy Council: 2007 Survey of Energy Resources. London, 2007

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW): Road Map Erneuerbare Energien Schweiz. Zürich, 2007

UVEK / BFE: Die Energieperspektiven 2035 – Band 1, Synthese. Bern, 2007

Werner Zittel und Jörg Schindler: Energy Watch Group: Crude Oil. The Supply Outlook. Ludwig-Bölkow-Stiftung. Ottobrunn, 2007

European Environment Agency: Annual European Community greenhouse gas emissions inventory and inventory report 2006 (http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2006_6/en). Kopenhagen, 2006

ETH-Forschungsprojekt: Entscheidungsfaktoren beim Kauf treibstoffeffizienter Neuwagen. Medienkonferenz CLEVER UNTERWEGS. Zürich, 2005

International Energy Agency (IEA): Resources To Reserves, Oil And Gas Technologies for the Energy Markets of the Future. Paris, 2005

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): Factsheet Mobilität Schweiz. Bern, 2004

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs bis 2030 – Hypothesen und Szenarien. Bern, 2004

Interface / Haefeli U. (Hrsg. SATW): Stand des Wissens über die Akzeptanz freiwilliger Massnahmen zur nachhaltigen Mobilität im lokalen und regionalen Verkehr mit Beurteilung der Wirkung (im Rahmen der SATW-Studie: Reinhardt E. et al., Nachhaltige Mobilität. Profil der gesellschaftlichen Anforderungen. Eine Ergänzung zu CH50% – Eine Schweiz mit halbiertem Verbrauch an fossilen Energien). Zürich, 2002

Leitbild Bevölkerungsschutz. Bericht des Bundesrates an die Bundesversammlung über die Konzeption des Bevölkerungsschutzes. Bern, 2001

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW): CH-50% – Eine Schweiz mit halbiertem Verbrauch an fossilen Energien. Zürich, 1999

Schweizerisches Konsortium für Erdölforschung: Erdöl in der Schweiz. Buchdruckerei Davos AG. Davos, 1958

Impressum

SATW-Schrift Nr. 40

Zürich, August 2008

Herausgeber: Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften, Seidengasse 16, 8001 Zürich

Autoren: Dr. Daniele Ganser, Universität Basel; Ernst Reinhardt, Weesen

Wissenschaftliche Mitarbeit: Birgit Tönz

Redaktion: Dr. Felix Würsten, Zürich

Gestaltung: Andy Braun, Zürich

Übersetzung: Ars Linguae, Lausanne

Druck: Lenggenhager Druck, Zürich

Bildnachweis: Fotolia

Auflage: 5000 Ex. D, 1000 Ex. F

Der Bericht kann als PDF-Datei von der Homepage der SATW heruntergeladen werden: www.satw.ch