Boelkow2012_Layout 1 06.08.12 17:37 Seite 1

Von der Vision zur Realität

Festschrift
zum 100. Geburtstag
von Ludwig Bölkow

Herausgegeben von der
Ludwig-Bölkow-Stiftung

Boelkow2012_Layout 1 06.08.12 17:37 Seite 2

Herausgeber: Ludwig-Bölkow-Stiftung
Daimlerstrasse 15, 85521 Ottobrunn
Telefon: 089 608110-0, Telefax: 089 6099731
E-Mail: info@ludwig-boelkow-stiftung.org
Net: www.ludwig-boelkow-stiftung.org
Redaktion + Koordination: Dr. Werner Zittel
Umschlagfoto: Ludwig-Bölkow-Stiftung
Das Umschlagfoto zeigt Dr. Ludwig Bölkow an seinem 85. Geburtstag in den Räumen der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH vor einer Collage, die er zu diesem Anlass von Dr. Bernd Wiemann erhielt.

Copyright: ©2012 Ludwig-Bölkow-Stiftung, Ottobrunn
Vorstand: Dr. Werner Zittel
Stiftungsratsvorsitzender: Dr. Roger Weninger

Frehner Consulting GmbH Deutschland
Unternehmensberatung für PR

Marketing und Verlag: Frehner Consulting GmbH Deutschland
Brunnengasse 12, 87629 Füssen
Telefon: 08362 9146-13, Telefax: 08362 9146-16
E-Mail: info@frehner-consulting.de
Net: www.frehner-consulting.de
Inserentenbetreuung: Hardy Seer und René Nicklisch
Gestaltung & Produktion: PerchtMedia, 87629 Füssen
Gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier

Ein Produkt der Frehner Consulting GmbH Deutschland.
Stand: Sommer 2012

ISBN 978-3-929371-27-7

Danksagung

Folgende Firmen haben durch ihr Inserat
die Erstellung des Buches unterstützt:

- FRONIUS International GmbH (Seite 10)
- IG Windkraft Österreich (Seite 123)

Darüber hinaus haben folgende Organisationen
und Privatpersonen mit einer finanziellen Zuwendung
an die Stiftung die Herausgabe des Buches ermöglicht:

- Stiftung Werner-von-Siemens-Ring, Berlin
- Frau Brigitte Guni, Ottobrunn
- Dr. Gerhard Dressler, Stuttgart
- Mitarbeiter der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH GbR

Juli 2012
Werner Zittel

Inhaltsangabe

Vorwort (Ludwig Bölkow) 07

Einleitung (Roger Weninger) 08

Teil I: Ludwig Bölkow und die Stiftung

1. Ludwig Bölkow - Ingenieur, Unternehmer, Visionär (Werner Zittel) 12
2. Arbeiten für und mit Ludwig Bölkow (Eveline Gottzein) 20
3. 20 Jahre Ludwig-Bölkow-Stiftung und 26
   Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (Jörg Schindler)

Auszeichnungen und Ehrungen für Dr. Ludwig Bölkow 34

Teil II: Grundlegende Arbeiten

4. Wasserstoff – von der Vision zur Realität (Reinhold Wurster) 36
5. Erneuerbare Energien im Stromnetz - eine neue Herausforderung 43
   und Chance (Ulrich Bünger / Hubert Landinger)
6. Wissenschaftliche Politikberatung von lokal bis global (Matthias Altmann) 55
7. Die Energy Watch Group und ihre Bedeutung (Hans-Josef Fell) 60
8. Enegiepolitik braucht objektive Informationen: 64
   Über die Arbeit der Energy Watch Group (Thomas Seltmann)
9. SOLUX - Solarleuchten für Entwicklungsländer 69
   (Rolf Martin / Hans Mutzbauer)

Teil III: Wege in die Zukunft

10. Die Stiftung gestern und heute – Ziele und Wege (Werner Zittel) 76
11. Vison als Aufgabe – 83
    Die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (Uwe Albrecht)
12. Leindotter (Thomas Kaiser / Norbert Makowski) 88
13. Kopiloten gesucht (Holger Busche) 97
14. Verhaltensänderung als wesentlicher Baustein zur 108
    Nachhaltigkeit (Werner Brög)
15. Postfossile Mobilität (Jörg Schindler) 118

Autorenverzeichnis 124

Vorwort zur Festschrift der Ludwig-Bölkow-Stiftung anlässlich des 100. Geburtstages von Dr. Ludwig Bölkow

Mein Vater war ein Mensch, der jeden Abschnitt seines Lebens sehr bewusst und intensiv lebte und der Herausforderungen und Aufgaben mit hohem persönlichen Engagement und persönlichem Fokus auf das, was er tat, meisterte.

Sein Denken und Handeln war nicht zuletzt deshalb so erfolgreich, weil er immer nach Lösungen suchte, die den Menschen in der Gegenwart dienten, ohne dabei den Blick für zukünftige Entwicklungen zu verlieren.

Im Laufe seines Lebens erstreckte sich sein persönlicher Wirkungskreis von der Luftfahrt, Bautechnik, Medizintechnik, Verteidigungstechnik, Entwicklung früher Mobilitätskonzeptionen, der Entwicklung sozialer Themen wie zum Beispiel gleitende Arbeitszeit, Aufbau eines großzügigen Pensionsfonds bis hin zur Entwicklung von Konzeptionen im Umwelt- und Energiebereich.

Eine wichtige Rolle spielte für ihn seine ungeheure Neugier für alle unser Leben berührenden Bereiche einschließlich des Menschen selbst. Sie war eine der Triebkräfte seines Forschens und Handelns. Sie unterstützte ihn in seinem Streben nach neuen Lösungen und Wegen.

Seine ausgeprägte Beobachtungsgabe und seine geistige Offenheit gegenüber einem lebenslangen Lernprozess waren maßgebende Charaktereigenschaften, die es ihm erlaubten, ständig neue Informationen aufzunehmen und so neue Visionen und Konzeptionen zu entwickeln und darüber hinaus bestehende Lösungen aufzugreifen und richtungsweisende Alternativen zu entwickeln. Es dürfte für ihn eine wichtige Rolle gespielt haben, ein Kind seiner Zeit gewesen zu sein, einer Zeit eines schmerzlichen gesellschaftlichen Umbruchs, der Tod und Vernichtung mit sich brachte. Einer Zeit, in der sich sein gesellschafts- und politikkritisches Bewusstsein und seine soziale Grundhaltung entwickelte.

Entscheidend war für ihn immer, dass er nicht in einer geistigen Zwangsjacke steckte. Bestehende Konventionen und eingefahrene Denkschemata waren für ihn Hindernisse, die den Fortschritt potentiell verzögerten und das Beschreiten neuer innovativer Wege behinderten. Nur so konnte es ihm gelingen, Lösungen zu entwickeln, die gleichzeitig künftige Entwicklungen unterstützten und versteckten Potentialen Form und Gestalt gaben.

Ludwig Bölkow widmete die letzten 25 Jahre seines Lebens seiner bis zu diesem Zeitpunkt stillen Leidenschaft, nämlich der zunehmenden Umweltzerstörung und den erneuerbaren Energien. Er brachte in dieses Projekt all seine persönlichen Erfahrungen ein, sein Wissen um potentielle Lösungen und seine Erfahrung in der Durchsetzung schwieriger, zukunftsorientierter und nicht immer populärer Lösungen. Es ging ihm hierbei vor allem aber auch um das Wecken des kritischen Bewusstseins seiner Mitmenschen, in der Hoffnung, diese zu motivieren, an diesem unabwendbaren, die Gesellschaft verändernden Umbruch aktiv mitzuarbeiten. Erfolge wurden jedoch, trotz seines Drängens auf zeitnahe Ergebnisse, nur in kleinen Schritten erzielt.

Er durfte den Erfolg des Wirkens seiner Ideen und Ziele nicht mehr selbst erleben. Er hinterließ aber eine Leitlinie für seine Mitarbeiter, die, wie ich meine, für uns alle von Bedeutung ist:
„Nur mit Denken in Zeiträumen, die weit über unsere eigene Lebenszeit und erst recht über die Zeit des aktiven Berufslebens hinausgehen, nur so werden wir unserer Verantwortung für die nach uns kommenden Generationen gerecht."

Was bleibt, ist Ludwig Bölkow der Visionär, der „Technosoph", ich möchte fast sagen: das transparente Phänomen. Vielleicht sollten wir das, was er uns gezeigt und hinterlassen hat, auch als eine Botschaft für einen stärker nach vorne gerichteten Blick und nach vorne gerichtetes Handeln auffassen, als Aufforderung und Motivation, die Grenzen des Bestehenden, die uns alle in Zeiten des Umbruchs so verunsichern, durch dringend notwendige, neue, nach vorne gerichtete Denkansätze zu überwinden.

Ludwig Bölkow
Grausegg, den 30. Juni 2012

Einleitung

Vor 100 Jahren wurde Ludwig Bölkow in Schwerin geboren. Etwa über drei Generationen hat er in unterschiedlichen Bereichen deutsche Technikgeschichte maßgeblich mitbestimmt. In seiner ersten Schaffensphase war er als Mitarbeiter bei den Flugzeugwerken Messerschmitt in führender Funktion und als genialer Ingenieur an der Entwicklung neuer Fluggeräte beteiligt. Nach dem Krieg baute er die Luftfahrt in Deutschland wieder auf. Mit der Gründung und Leitung des Luft- und Raumfahrtkonzerns Messerschmitt-Bölkow-Blohm (MBB) wurde er zum geistigen Vater vieler Entwicklungen. Auch die Gründung und Entwicklung einer europäischen zivilen Luftfahrtindustrie, die in Airbus Industries gebündelt wurde, wurde von ihm angestoßen. Nach seinem Ausscheiden bei MBB mit dem Erreichen des Rentenalters begann seine letzte Schaffens- und Wirkensperiode, die noch einmal ein Vierteljahrhundert umspannte. Er konzentrierte seine Kraft auf die Analyse unserer Energieversorgungsstrukturen und propagierte bereits sehr früh den Umstieg auf eine nachhaltige Lebensweise, basierend auf regenerativen Energietechniken, nachhaltigen Agrarstrukturen und innovativen und angepassten Transporttechnologien. Diese letzte Schaffensperiode steht im Fokus des Gedenkens der Ludwig-Bölkow-Stiftung, da er in dieser Zeit die Stiftung gründete und deren Themen definierte.

Zur Umsetzung seiner Ideen gründete er die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH und kurze Zeit darauf die Ludwig-Bölkow-Stiftung. Mit dieser Festschrift zum 100. Geburtstag will die Stiftung an sein Wirken erinnern. Insbesondere sollen die unterschiedlichen Beiträge verschiedene Facetten in diesem weiten Feld ansprechen. Es ist unser Anliegen, bis zum Beginn vieler Projekte zurückzugehen, die vor 30 Jahren von Ludwig Bölkow angestoßen wurden. Heute haben sich viele der Probleme verschärft, aber auch viele der damals als visionär oder utopisch betrachteten Ansätze sind einer Realisierung wesentlich näher gekommen oder gar umgesetzt worden.

So gliedert sich das Buch in 15 Kapitel, die grob drei Teilbereichen zugeordnet wurden, wiewohl eine scharfe thematische Abtrennung schwer möglich ist.

In einem ersten Teil soll noch einmal das Leben von Ludwig Bölkow kurz referiert werden, wobei der Fokus vor allem auf seine letzte Schaffensperiode seit Gründung der Stiftung gerichtet ist. Hier kommen Zeitzeugen aus drei Generationen zu Wort: Werner Zittel gibt einen kurzen biographischen Überblick, Eveline Gottzein schildert ihre persönlichen Eindrücke als eine der ersten Mitarbeiterinnen in Ottobrunn, und der langjährige Geschäftsführer der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH Jörg Schindler gibt einen Überblick über die in der zweiten Phase des Wirkens von Ludwig Bölkow nach seinem Ausscheiden bei MBB angestoßenen Arbeiten.

Der zweite Teil soll einzelne Bereiche der Arbeiten noch einmal fokussieren und in den Kontext aktueller Entwicklungen einbetten. Auch bei ihm stand als Ausgangsbasis die Nichtnachhaltigkeit des damals (wie heute) vorherrschenden Energieversorgungssystems, die auf der Endlichkeit der fossilen Energieträger und den globalen Nebenwirkungen des Energieumsatzes basiert.

Wasserstoff als einziger langfristig speicherbarer Energieträger nicht fossilen Ursprungs wurde von Bölkow Zeit seines Lebens als langfristiger Ersatz für Erdgas gesehen. Er verstand ihn als notwendigen Puffer zur Speicherung regenerativ erzeugter Energieüberschüsse und ihrer Verfügbarmachung im mobilen Sektor. Reinhold Wurster, der seit den ersten Tagen der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH diese Thematik betreute, berichtet hier über die langen Linien, die von der Vision der frühen 1980er Jahre bis zur beginnenden Realisierung heute führten. Insbesondere die Kopplung stationärer und mobiler Komponenten regenerativer Energienutzung reflektieren Ulrich Bünger und Hubert Landinger, die beide in vielen nationalen und internationalen Projekten beteiligt waren und heute noch sind.

Matthias Altmann skizziert in seinem Beitrag zur wissenschaftlichen Politikberatung einige Themen, die durch die Widerlegung langlebiger Mythen wesentlich zur Akzeptanz neuer Technologien und zu politischen Einführungsmodellen beigetragen haben. Der Bundestagsabgeordnete und langjährige Protagonist des Erneuerbare-Energien-Geset-

zes (mit all seinen Vorläufermodellen) Hans-Josef Fell erinnert mit seinem Beitrag zur Gründung der Energy Watch Group an die Schwierigkeiten und Motivationen für dieses Projekt. Die Energy Watch Group war über einige Jahre das größte Projekt der Ludwig-Bölkow-Stiftung, die als sein administrativer Träger fungiert. Thomas Seltmann, mehrjähriger Projektleiter der Energy Watch Group, beschreibt in seinem Beitrag Aktivitäten und Erfolge dieser Arbeiten.

SOLUX, ein ursprünglich kleines Projekt zur Einführung solarer Leuchten in Afrika, gewann über die letzten Jahre kontinuierlich an Einfluss und Bedeutung. Rolf Martin, der dieses Projekt seit 1987 bei der Ludwig-Bölkow-Stiftung betreute und zu seinem Erfolg führte, berichtet in seinem Beitrag über die Motivation und die ersten Jahre. Rolf Mutzbauer, Geschäftsführer der SOLUX SERVICE GmbH, nimmt diesen Faden auf und schildert die inzwischen eingetretene Professionalisierung bei der Umsetzung von Solarprojekten in aktiver Entwicklungshilfsarbeit, die unter dem Aspekt der Hilfe zur Selbsthilfe angelegt ist.

Der abschließende dritte Teil des Buches widmet sich neueren Projekten und dem Blick in die Zukunft der Stiftungsarbeit. Dass der Tenor auf einer Verbreiterung der Themenvielfalt und deren Vernetzung unter dem Motto „global denken, lokal handeln" steht, zeigt sich allein schon an den unterschiedlichen Bereichen, aus denen diese Themen kommen. Zunächst wird die künftige Ausrichtung der Stiftungsarbeit selbst dargelegt. Darauf folgt ein Beitrag über die Arbeit der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, die von Ludwig Bölkow gegründet wurde und an der die Stiftung als Gesellschafter beteiligt ist. Thomas Kaiser, der für sein Lebenswerk vom Bayerischen Landwirtschaftsminister mit dem Nachhaltigkeitspreis 2010 gewürdigt wurde, gibt zusammen mit Klaus Makowski eine Einführung in die Komplexität der Züchtung von Energiepflanzen am Beispiel des Leindotters. Gerade der Agrarbereich stand in der Frühphase der Nachhaltigkeitsdiskussion im Fokus. Er wird es letztlich sein, der über das Gelingen einer nachhaltigen Lebensweise stark mitentscheiden wird, da mit dem Verschwinden fossiler Energienutzung zunehmend die Fläche wieder in den Fokus rücken wird. Der Umgang mit der Fläche wird über einen verträglichen Übergang zu nachhaltigen Strukturen entscheiden.

„Kopiloten" sucht der Geophysiker und Unternehmer Holger Busche mit seinem Beitrag über die technische und unternehmerische Umsetzung einer kundenorientierten Schienenfahrpolitik. Er zeigt auf, dass es technisch und finanziell möglich ist, in privatwirtschaftlicher Initiative ein Schienenfahrzeug auf Wasserstoffbetrieb umzurüsten, zur Pufferung von Windstrom beizutragen und damit einen Schienenverkehr aufzubauen, der den Prinzipien der Nachhaltigkeit verpflichtet ist.

In allen Energieszenarien wird der effiziente Umgang mit Energie angemahnt – und doch bildet die Umsetzung das größte Hemmnis. Das Verbraucherverhalten könne man eben nur schwer beeinflussen, zu sehr hänge unser Lebensstil von energieverschwendenden Maßnahmen ab. Dass dies aber auch ein Vorurteil ist und es sehr wohl möglich ist, das Verbraucherverhalten durch gezielte Information und einen positiv gestalteten Wettbewerb zu beeinflussen, das zeigt in eindrücklicher Weise der Beitrag von Werner Brög. Das von ihm in den 1970er Jahren gegründete Institut Socialdata sammelte über mehrere Jahrzehnte die Daten und Auswertungen vieler nationaler und internationaler Projekte. Die dort gewonnenen Erfahrungen belegen, mit empirischen Daten untermauert, wie es in einem gut geführten Informations- und Motivationsprozess möglich ist, den „Bürger" mitzunehmen.

Der abschließende Beitrag von Jörg Schindler schildert in aller Kürze die „Leitplanken" für unser Mobilitätsverhalten nach dem Zuendegehen der fossilen Ära. Trotz vieler Unsicherheiten im Detail kann man doch einige wenige, aber wesentliche Randbedingungen identifizieren, an denen sich das Mobilitätsverhalten in der Welt von morgen orientieren muss.

Diese Festschrift möchte einerseits an den Gründer der Stiftung und seine wichtige Funktion durch die Schaffung eines kleinen Think Tanks wie die Ludwig-Bölkow-Stiftung und die ihr nahestehende kommerziell agierende Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH erinnern. Sie möchte aber auch die Bandbreite der Arbeiten an ausgewählten Beispielen aufzeigen und begonnene, in die Zukunft weisende Projekte der Stiftung und ihr nahestehender Partner vorstellen. In diesem Sinne ist dies Buch auch als Werbung für diese Themen und Aktivitäten gedacht. Wenn es gelingt, damit auch neue Interessenten auf die Arbeit der Stiftung aufmerksam zu machen, dann hat sie viel erreicht. Viele dieser Projekte sind noch unzureichend finanziert und leben von dem Engagement der entsprechenden Akteure. Hier ist jede Unterstützung willkommen ...

Boelkow2012_Layout 1 06.08.12 17:37 Seite 10

Letztlich wäre die Erstellung des Buches nicht möglich gewesen ohne eine entsprechende finanzielle Unterstützung. Besonders bedanken möchten wir uns bei Dr.-Ing. Gerhard Dressel, der viele Jahre in Stuttgart die Stammhaus-Kameradschaft geleitet hat, und bei Frau Brigitte Guni, in deren Räumen die Stiftung seit ihrem Bestehen eine Heimat gefunden hat, sowie bei der „Mitarbeiter der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH GbR", die als Gesellschafter die Mitarbeiter in der GmbH vertritt.

Die Stiftung Werner-von-Siemens-Ring hat frühzeitig die Bedeutung des Lebenswerks von Ludwig Bölkow erkannt und bereits 1972 durch Verleihung des Werner-von-Siemens-Rings gewürdigt. Das Buch beschreibt die zukunftsweisenden Arbeiten der späteren Schaffensperiode Ludwig Bölkows. Besonderer Dank gilt der Stiftung Werner-von-Siemens-Ring, die einen wesentlichen Finanzierungsbeitrag zur Veröffentlichung dieser Arbeiten zur Verfügung gestellt hat.

Aber auch den Firmen, die diese Veröffentlichung über ihr Inserat unterstützt haben, fühlen wir uns besonders verbunden.

Dr. Weninger
Vorsitzender des Stiftungsrates

TEIL I

Ludwig Bölkow und die Stiftung

Kapitel 1

Ludwig Bölkow – Ingenieur, Unternehmer, Visionär

Werner Zittel*

Das Wirken Ludwig Bölkows umfasste weit mehr als eine Generation. Er hat die deutsche Industriegeschichte über mehrere Jahrzehnte maßgeblich mitgestaltet. Ich will versuchen, Ihnen einen Einblick in die Arbeit des genialen Ingenieurs, Unternehmers und Visionärs oder „Technosophen", wie er auch oft genannt wurde, zu geben. Dabei habe ich ihn in seiner letzten Schaffensperiode kennengelernt, so dass ich Ihnen auch ein paar persönliche Eindrücke vermitteln kann. Auf diese Zeit werde ich auch den Schwerpunkt meiner Ausführungen legen. Daher möge man mir nachsehen, wenn ich die früheren Schaffensphasen vielleicht nicht in der Tiefe beleuchten werde, wie es aus anderem Blickwinkel angemessen erschiene.

Der geniale Ingenieur

Der Faszination des Fliegens war Bölkow schon als Jugendlicher erlegen. Die Möglichkeit zu fliegen war noch sehr jung und übte große Anziehungskraft aus. Gerade in dieser Frühphase wurde das Fliegen noch mit einfachen Mitteln erlebbar. Als Siebenjähriger sah Ludwig Bölkow erstmals ein Flugzeug aus der Nähe, als junger Schüler begann er mit dem Flugzeugmodellbau. In der Oberstufe absolvierte er seine ersten Flüge mit einem sogenannten Zögling, einem Segelflugzeug, das an einem Geländeabfall startend von mehreren Helfern hochgezogen wurde. Hier erhielt er auch seinen ersten Unterricht, einen zweiwöchigen Kurs in Krackow südlich von Güstrow. Als späterer Praktikant bei den Heinkelwerken wurde er ein begeisterter Segelflieger. Das Fliegen eines Zöglings war damals ein Mannschaftssport. Einerlei ob beim Fliegen oder beim Fußballspielen – für Bölkow war das Gruppenerlebnis wichtiger Teil der Sportausübung, da hier das Einordnen in eine Gruppe aber auch die Durchsetzungsfähigkeit gefördert wurde. „Mannschaftsgeist und Wir-Gefühl" wurden wesentliche Teile seines Erfolgsrezeptes, die später den „Geist von Ottobrunn" prägten.

Nach der Schule absolvierte er zunächst ein Praktikum bei Heinkel und lernte schweißen. Dann folgte das Maschinenbaustudium in Berlin-Charlottenburg mit Fachrichtung Flugzeugbau. Abschluss im Januar 1939 mit der Diplomarbeit: „Beitrag zum Schnellflug über weite Strecken". Gemeint war damit die Auslegung eines Postflugzeuges für den Transport von zwei Tonnen Nutzlast über 6000 km Entfernung in einer Zeit von 10 Stunden.

Nach dem Studium geht er zu Messerschmitt, dem großen Konstrukteur der deutschen Luftfahrt, nach Augsburg. Dort beginnt er als Sachbearbeiter im Projektbüro, erhält bald aber verantwortliche Aufgabenbereiche und wird 1943 Leiter des Entwicklungsbüros.

Er befasst sich zunächst mit der Optimierung der Flugeigenschaften von Flügelprofilen. So entwickelt er die als Kippnase bekannte Konstruktion des Nach-unten-Abknickens der Flügelfrontseite. Dadurch werden die Konstruktion leichter und die Flugeigenschaften deutlich verbessert. Das Einblasen von Luft auf der Flügeloberseite führt zu wesentlich besseren Flugeigenschaften. Unzählige aerodynamische Profile werden im Windkanal getestet und verbessert. Es entstehen viele neue Flügelprofile. Heute ist es unvorstellbar, dass das erste Modell eines Pfeilflügels, das er auf einer Zugfahrt zum Testgelände in seiner Tasche mit sich führte, in einem Windkanal von nur 7 mal 10 cm getestet wurde. Erst einige Jahre später, nach dem Krieg, wird dieses Modell in den USA mit überraschend guten Flugeigenschaften realisiert.

Der Ingenieur, Unternehmer und Systemdenker

Zunächst fällt es ihm schwer, nach dem Krieg wieder Fuß zu fassen. Er beginnt als Bauschlosser in Stuttgart. Heute würde man sagen, seine Tätigkeit bestand vor allem im Rezyklieren alter Baumaschinen, die er aus dem im Übermaß

*Überarbeitetes Manuskript der Festrede zum Gedenken an den 100. Geburtstag am 28.06. 2012 im Ludwig-Bölkow-Haus der IHK zu Schwerin.

vorhandenen Bauschutt des zerstörten Stuttgart aussortierte und reparierte.

Schnell wird ihm hier klar: Wiederaufbau im wörtlichen Sinne ist das dringendste Problem. Seinem Gespür und Instinkt für robuste und angepasste Lösungen folgend entwickelt er in Zusammenarbeit mit dem damals schon bekannten Brückenbauer Fritz Leonhardt Bauverfahren für den Hochbau. Seine erste eigenständige Erfindung nach dem Krieg war im Jahr 1948 die schalenlose Konstruktion einer sofort nach dem Betonieren begehbaren Geschoßdecke aus Hohlbetonsteinen und profilierten Leichtmetallträgern. Damit konnte er die Bauzeiten deutlich verkürzen, da mit dem Baubeginn des nächsten Stockwerks nicht mehr bis zum Austrocknen des Betons gewartet werden musste. Die Einnahmen aus dieser Erfindung gaben ihm den Rückhalt, eigene Ideen zu verfolgen. Im Jahr 1948 gründete er mit drei Mitarbeitern das Ingenieurbüro Bölkow in Stuttgart.

Um den großen Bedarf nach Kanalisationsrohren in Nachkriegsdeutschland bedienen zu können, entwickelte Bölkow gemeinsam mit anderen eine vollautomatische Fertigungsstraße für Tonrohre, Dachziegel und Gasbetonbausteine. Es handelte sich um die erste vollautomatische Fertigungsstraße.

Mit Richard Bauer, dem Leiter eines Konstruktionsbüros bei Messerschmitt und früheren Weggefährten, gründete er die „Gemeinschaft für technische Entwicklungen". Schwerpunkt wurde die Weiterentwicklung einer kleinen Windkraftanlage mit 3 Metern Rotordurchmesser, deren erste Version Bauer bereits 1945 begonnen hatte und die bis 1953 über 60 mal verkauft wurde. Diese Entwicklungen führten letztlich zu größeren Anlagen, die ab 1986 von MBB unter dem Namen Monopteros serienmäßig hergestellt und verkauft wurden.

Seine Beteiligung am Flugzeugbau im Zweiten Weltkrieg hatte ihn zunächst in Deutschland isoliert. In die USA wollte er nicht gehen, obwohl es von dort interessante Angebote gab. Es wird berichtet, dass er sein Bleiben auf die ihm eigene Art begründet habe, dass die Ingenieure den „Sch..., den sie eingebrockt hätten, auch wieder auslöffeln müssten." Später formulierte er folgendermaßen: „Im Rückblick muss ich sagen, meine damalige, zunächst etwas emotionale Entscheidung, dazubleiben und nicht in die USA zu gehen, war die beste Entscheidung meines Lebens. Ich bin sicher, dass ich in Amerika nie das hätte aufbauen können, was ich hier geschafft habe."

Erst in den 1950er Jahren kommt er wieder mit dem Flugzeugbau in Kontakt. Viele Gründe waren hier ausschlaggebend, deren Erläuterung an dieser Stelle zu weit führen würde. Ein wichtiger war sicher seine auf verschiedenen Ausstellungen und einer Reise in die USA gewonnene Erkenntnis, dass die eigenen Entwicklungen bei Messerschmitt vor und während des Krieges immer noch „auf der Höhe der Zeit" waren. Einige der damaligen Ideen wurden erst in der Nachkriegszeit in den USA getestet und erfolgreich umgesetzt.

Im Jahr 1955 zog sein kleines Drei-Personen-Entwicklungsbüro, das bis dahin vorwiegend Maschinen aus dem Baubereich entwickelt hatte, von Stuttgart-Degerloch in größere Räume am Flughafen Stuttgart um. Zur Startmannschaft gehörten elf Personen. Mit diesem Gründerkreis pflegte er ein besonders vertrautes Verhältnis. Die Themenpalette der Projekte reichte von der Wehrtechnik und dem Flugzeugbau bis zur Konstruktion komplexer technischer Anlagen. Hier wurde der Grundstock für die Gründung und den Erfolg von MBB zwanzig Jahre später gelegt.

Zwei Grundsätze führt er immer wieder an, die er im Rückblick als ausschlaggebende Erfolgsfaktoren sah: Erstens suchte er in der Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber ein wirklich gutes Verhältnis aufzubauen. Als wirklich gut sah er dabei eben auch, ohne expliziten Auftrag Verbesserungsvorschläge für Teilbereiche im Betrieb des Kunden zu machen. „Wir hielten die Augen offen, entwickelten grobe Skizzen und zeigten die Vorschläge vorsichtig unseren Kunden. Meistens mit Erfolg!" Er fühlte sich dem Kunden gegenüber nie als Erfüllungsgehilfe, sondern dachte für und mit ihm gemeinsam über neue Produkte und Fertigungsmethoden nach. Bereits damals sah er die Verbindung vom reinen Auftragnehmer zum Berater, der kundenorientiert denkt, wie man heute wohl sagen würde.

Als zweite wesentliche Stärke sah er die außerordentlich hohe Flexibilität seines Teams. Oft genug mussten die Mitarbeiter nicht nur spezielle Produkte, sondern auch noch vollkommen neue Werkstoffe entwickeln, die die optimale Produktfertigung mit den gewünschten Eigenschaften erst ermöglichten. Den Mut und die Fähigkeiten, diesen Weg zu gehen, entwickelten er und seine Mannschaft in dieser Zeit. Mit den heutigen Begriffen „interdisziplinär" und „Denken

im System" wurden sie für die späteren Arbeiten bei MBB in Ottobrunn zu einem wesentlichen Qualitätsmerkmal.

Und so wurde das ursprüngliche Ingenieurbüro Bölkow mehr und mehr zum Entwicklungsbüro, das nicht nur konstruierte, rechnete und plante, sondern die Ideen auch in Prototypen und bis zur Serienfertigung umsetzte. Diese Erweiterungen waren wichtige Schritte hin zum Unternehmen.

In dessen Zentrum stand in der frühen Phase die Entwicklung kleiner Sportflugzeuge, die unter den Namen Bölkow 207, Bölkow Junior oder Bö 208 und Bo 209 Monsun in die Fluggeschichte eingingen. Mit dem Bau des weltweit ersten glasfaserverstärkten Flugzeuges aus Vollkunststoff war Bölkow seiner Zeit weit voraus. Der erste GFK-Segler Phönix flog 1957. Die acht gebauten Flugzeuge gewannen eine Reihe von Wettbewerben und erzielten Weltrekorde. Doch die Nachfrage blieb aus – man misstraute der neuen Technik wohl noch. Erst das verbesserte Nachfolgemodell wurde unter dem Namen Phoebus ein großer Erfolg. In diesen Jahren revolutionierte Bölkow mit seinen Leuten den Flugzeugbau, indem er leichte und leicht bearbeitbare Verbundmaterialien einführte. Die Serie der Kleinflugzeuge, vor allem aber das preisgünstige Vollkunststoffsegelflugzeug „Phoebus" machten ihn bekannt und begründeten seinen Ruf in der Gemeinde der Sport- und Segelflieger in Deutschland und weit darüber hinaus. Heute sind Faserverbundwerkstoffe aus dem Flugzeugbau nicht mehr wegzudenken. Sie fanden und finden im Airbus ebenso Verwendung wie in der europäischen Rakete Ariane 5 und in fast allen moderneren Produkten.

Als ein Nebenprodukt dieser Zeit wurde der weltweit erste Glasfaserski bei Bölkow entwickelt, dazu kamen Tennisschläger und Eispickel. Dies erlaubt mir, darauf hinzuweisen, dass Bölkow bis weit in seine 90er ein begeisterter Skifahrer war. Einmal erzählte er mir auch ausführlich von einer Kletterfahrt im Wettersteingebirge. Die „Zwölferkante", wie diese Tour in Bergsteigerkreisen genannt wird, ist auch heute noch ein respektables und ernst zu nehmendes Abenteuer.

Die Geschichte bis zu seinem Lebenswerk, dem Luft- und Raumfahrtkonzern Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH, den er eigenständig oder in Kooperation mit unterschiedlichen Partnern und zuletzt im Jahr 1969 mit seinem einstigen Chef Wilfried Messerschmitt und dem Hamburger Industriellen Blohm vollendete, will ich an dieser Stelle stark kürzen. Zwei Dekaden lang blieb MBB einer der bekanntesten und erfolgreichsten, sicher aber der auf fast allen Technikebenen innovativste deutsche Konzern. Erst im Jahr 1989, zwanzig Jahre später und lange nach Bölkows Ausscheiden, ging MBB in dem Nachfolger Deutsche Aerospace, der heutigen EADS, auf.

Ich möchte Ihnen an dieser Stelle einige der weltweit bekannten Produkte, die in Ottobrunn entwickelt wurden, kurz ins Gedächtnis rufen. Der 1967 entwickelte Hubschrauber Bo 105 wurde weltweit ein Erfolgsmodell. In Deutschland wurde er der breiten Öffentlichkeit bekannt, als 1970 die erste Auslieferung eines Rettungshubschraubers an den ADAC erfolgte. Dies markierte den Beginn der deutschen Flugrettung.

Die Deutsche Airbus GmbH wurde von ihm 1967 gegründet. Ohne seine Initiative zur Gründung eines europäischen Netzes zur Entwicklung eines Großraumpassagierflugzeuges als Gegengewicht zu Boeing und ohne die politische Unterstützung des damaligen Ministerpräsidenten Franz Josef Strauß hätte es derartige Aktivitäten vermutlich erst sehr viel später gegeben, falls überhaupt.

Das 1968 gebaute erste Kunststoff-Motorflugzeug LFU 205 wurde ebenso wie das erste Segelflugzeug ein großer Erfolg. Ebenfalls im Jahr 1968 wurde die Hochleistungsschnellbahngesellschaft gegründet. Die Idee und der Prototyp eines Fahrzeuges mit Magnetschwebetechnik entstanden in Ottobrunn. Diese Entwicklungen wurden von Studien und Analysen des Verkehrs-, speziell des Güterverkehrssektors begleitet, sah man in Ottobrunn das Potenzial der später „Transrapid" genannten Magnetschwebebahn doch vorwiegend im Güterverkehr, den Kollaps des Straßenverkehrsnetzes vorausahnend und nach Alternativen suchend. Die Entwicklung des ersten ICE, damals noch „Intercity Experimental" genannt, wurde auch mit viel Know-How aus dem Flugzeugleichtbau in Ottobrunn vorangetrieben.

Im militärischen Bereich sind neben den Fluggeräten die im Lauf der Jahre entwickelten Waffensysteme Cobra, Kormoran, Milan oder Roland weithin bekannt geworden.

Auch Straßenfahrzeuge wurden als Prototypen und Versuchsfahrzeuge in Kunststoffbauweise in Ottobrunn hergestellt. Der erste Airbag wurde 1971 für Düsenflugzeuge entwickelt, 1974 entstand daraus die serienmäßige Anwendung im Straßenverkehr.

Fast jeder kennt noch die Namen der ersten Forschungssatelliten ab 1974: HEOS, AZUR oder Helios. Meteosat zeigte erstmals 1977 den Fernsehzuschauern Wetterbilder aus dem All. Jede dieser Entwicklungen und noch einiges mehr hatte ihren Ursprung in Ottobrunn.

Ein letztes Gebiet will ich kurz anschneiden, nämlich die Medizintechnik. Sowohl die Erzeugung von Stoßwellen zur nichtoperativen Entfernung von Nierensteinen als auch der Laser als Operationsskalpell – auch diese Entwicklungen haben Wurzeln in Ottobrunn.

Mit Erreichen seines 65. Lebensjahres schied Ludwig Bölkow im Jahr 1977 aus der Geschäftsführung von MBB aus. Den Eintritt in das Rentenalter können wir als den Beginn seiner dritten Schaffensperiode markieren: Die Verbindung zu MBB blieb noch über das „Büro Bölkow", das als eigene Organisationseinheit innerhalb von MBB geführt wurde. Aus dieser Position heraus gründete er die Ludwig-Bölkow-Stiftung und Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. Die folgende Zeit, die nochmals 25 Jahre währte, widmete er dem Eintreten für eine Revolution in der Energieversorgung.

Doch vorher möchte ich noch an eine oder vielleicht sogar zwei Innovationen ganz anderer Art erinnern: Im Jahr 1967 wurde noch bei der Bölkow KG erstmals in Deutschland das Modell der gleitenden Arbeitszeit eingeführt. Bölkow hatte die vielfältigen Vorteile erkannt, von der reduzierten Staubildung auf den Straßen zu Arbeitsbeginn oder -ende bis hin zur Motivation der Mitarbeiter, die ihm sehr wichtig war. So wurden in Ottobrunn, lange bevor andere Firmen daran dachten, Betriebskindergarten, großzügige Urlaubs- und Altersregelungen eingeführt. Und das führt mich zur zweiten sozialen Innovation, wie ich sie hier nennen will. Als weiterer Erfolgsfaktor wurde der „Geist von Ottobrunn" bekannt. Bölkow verstand es wie niemand sonst, seine Mitarbeiter zu motivieren, ihnen das Gefühl der Teilhabe am großen Ganzen zu vermitteln, eben auch das Gefühl, dass sie gemeinsam mit ihm an etwas Besonderem arbeiteten. Dieser Geist hatte viele Facetten. Eine war sicherlich, dass Bölkow als gelernter Schweißer auch die Probleme seiner Mitarbeiter in den Werkstätten verstand. Er konnte dort über Probleme beim Schweißen ebenso mitreden – und ließ sich dort durchaus auch sehen – wie im Konstruktionsbüro oder in der Entwicklungsabteilung. Seine Mitarbeiter schätzten dies – er konnte ihnen das Gefühl vermitteln, Teil einer großen Familie zu sein, sich auch dafür einzusetzen und verantwortlich zu fühlen. Ich selbst habe es noch erlebt, als wir später einmal die dringende Umsetzung einer Grafik brauchten, wie der Mitarbeiter des Zeichenbüros ohne zu zögern einwilligte: „Wenn es für Bölkow ist, dann würden wir das auch am Wochenende machen."

Der verantwortungsbewusste Visionär

Bereits in den 1960er Jahren befasste sich Ludwig Bölkow mit dem Verhalten komplexer Systeme. Die mathematische Systemanalyse gehörte zu jeder Produktentwicklung. Die Analyse potenziell wichtiger Einflussfaktoren auf das Produktumfeld und damit auf die Eignung eines Produktes wurde in Ottobrunn zu einem wichtigen Erfolgsfaktor. Der MIT Professor Jay Forrester war damals eine führende Persönlichkeit in der dynamischen Simulation komplexer Systeme, seien es Firmen, militärische Aufgaben oder die Wechselbeziehungen einer Gesellschaft. So kam Bölkow früh mit den Werkzeugen der Systemdynamik in Kontakt. Der Bericht des Club of Rome zu den Grenzen des Wachstums, der aus dieser Schule hervorging und unter der Leitung von Dennis Meadows erstellt wurde, faszinierte ihn. Vor allem aber prägten ihn zwei Grundgedanken, die dort herausgearbeitet wurden:

- Die ökonomischen und gesellschaftlichen Zusammenhänge können nur unter Beachtung physikalischer Randbedingungen langfristig stabil ablaufen.
- Die Einführung einer neuen Infrastruktur bedarf langer Vorlaufzeiten.

Aus dem Flugzeugbau hatte er das Verstehen komplexer Zusammenhänge gelernt. Aus der Systemdynamik wurde ihm klar, dass die Einführung vollkommen neuer Systeme und der Wechsel einer Infrastruktur viele Jahrzehnte Vorlauf benötigten.

Die Energieversorgungsprobleme der Ölpreiskrisen 1973 und 1979 ließen ihn nicht mehr los. Kernenergie hatte er nie als großtechnisch verantwortbare Lösung gesehen. Zu

sehr waren ihm die Probleme der Versprödung von Schweißnähten aus der Praxis bekannt. Zu wenig konnte er, der sich im Flugzeugbau Jahrzehnte intensiv mit Sicherheitsanalysen befasst hatte, glauben, dass die Technik der Kernenergie sicher beherrschbar wäre. Zu schnell wurde ihm die Unmöglichkeit eines für Jahrtausende und darüber hinaus sicheren Endlagers klar. Zudem war ihm intuitiv bereits sehr früh bewusst, dass die Endlichkeit des Erdöls eine viel größere Bedrohung darstellt, als die Ölfirmen uns glauben machen wollen: „Det gloob ick nich" war seine Antwort auf all die Beteuerungen, dass Öl und Gas noch für Jahrhunderte reichen würden.

Und so widmete er sich in der Folgezeit diesen Fragen: Wie wird die Menschheit in Zukunft Energie erzeugen? Was sind Alternativen zur Verbrennung fossiler Energieträger? Wie müssen wir die Energiewirtschaft und vor allem die Technik gestalten, damit wir zu nachhaltigen Lösungen kommen? Ähnlich wie nach dem Kriege blieb er dem Grundsatz treu, dass die Ingenieure die Folgen ihrer Technik verantworten und dafür auch Lösungen finden müssten. War es damals der Wiederaufbau, dem er sich verpflichtet fühlte, so wurde es in dieser Zeit der Umbau der Energiestrukturen.

Wohl wissend, dass die systematische Suche nach Lösungen für diese langfristigen Fragestellungen sich nicht im Rahmen von unternehmerisch agierenden und dem Konkurrenzdruck ausgesetzten Unternehmen darstellen ließ, gründete er 1983 die Ludwig-Bölkow-Stiftung mit dem Ziel, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den Themenbereichen Energie, Agrar und Transport zu untersuchen. Nur kurze Zeit vorher hatte er eine gemeinnützige Firma gegründet, die eben diese Themen im Titel führte: EAT. Mit der Stiftungsgründung wurde sie in Ludwig-Bölkow-Systemtechnik gGmbH umbenannt, alleiniger Gesellschafter war die Stiftung. Später wurde die Firma als selbstständige GmbH abgetrennt und musste sich am Markt bewähren. Heute hält die Stiftung wieder einen Gesellschafteranteil.
Bölkow beließ es nicht bei der Gründung. Für sich selbst hatte er sich damit eine Umgebung geschaffen, die er in den kommenden 20 Jahren fast täglich nutzte, um Inhalte zu diskutieren, Ideen zu geben und Analysen durchzuführen, aber auch, um Öffentlichkeitsarbeit zu machen, um mit Politikern ins Gespräch zu kommen, um in entsprechenden Gremien gehört zu werden, und vor allem, um die Industrie selbst zu aktivieren, sich diesen Fragen zu stellen.

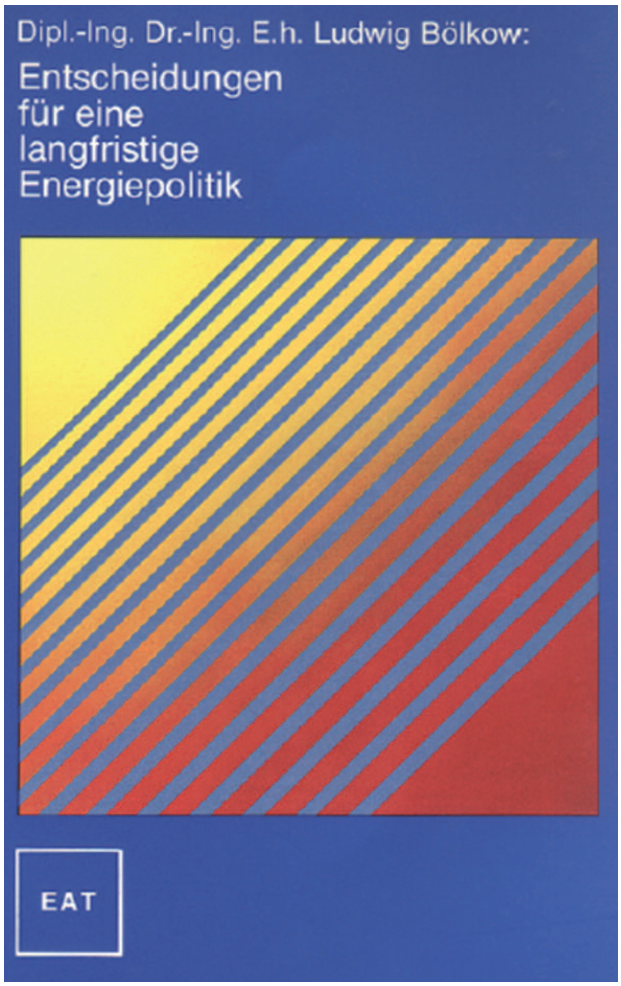
Dabei verfolgte Bölkow immer einen gemischten Ansatz: Den Analysen und Studien zur langfristigen Machbarkeit stellte er gleichberechtigt das Erproben in technischen Demonstrationsprojekten gegenüber. Damit versuchte er den Bogen von den langfristigen Zielsetzungen hin zum aktuell Machbaren zu spannen.

Auch hier sprang der „Geist von Ottobrunn" noch einmal über. Wir Mitarbeiter haben es damals auch als Privileg empfunden, mit ihm gemeinsam zu diskutieren, über die Probleme der Welt nachzudenken und nach Lösungen zu suchen.

Ludwig Bölkow (Foto: Ludwig-Bölkow-Stiftung)

Bereits früh wurde Bölkow klar, dass eine weitgehende Umstellung der Energieversorgung auf Sonne, Wind und andere regenerative Energieträger den Umbau der Energieversorgungsstrukturen mit sich bringen würde. Die Speicherfähigkeit der fossilen Energieträger wird eingetauscht gegen eine weitgehend strombasierte Erzeugung. Strom ist aber nur sehr schwer und teuer speicherbar. Daher sah er bereits frühzeitig die Notwendigkeit des Energieträgers Wasserstoff.

Neben vielen anderen Auszeichnungen wurde Ludwig Bölkow 1982 vom Peutinger Kolleg geehrt. Anlässlich der Preisverleihung hielt er einen viel beachteten Vortrag über die Zukunft der Energieversorgung. Das als kleines Büchlein herausgegebene Vortragsmanuskript wurde lange Zeit als das „Blaue Buch" bekannt, das so etwas wie ein Manifest für die künftige Energieversorgung bedeutete. Dort wurden die wesentlichen Gedanken ausgebreitet, die in der Arbeit der Stiftung und der Systemtechnik GmbH präzisiert wurden.



Titelbild des Typoskriptes des Vortrags im Peutinger Kolleg am 25. März 1982 anlässlich der Verleihung des Ehrenringes. (Foto: Ludwig-Bölkow-Stiftung)

Eduard Justi und Karl Dahlberg hatten solare Großprojekte in den nordafrikanischen Wüsten schon Jahre vorher propagiert und in entsprechenden Kreisen diskutiert. Die Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (heute DLR) in Stuttgart um Carl-Jochen Winter und Joachim Nitsch erprobte in den späten 1970er Jahren technische Komponenten einer Wasserstoffwirtschaft. Die noch junge Ökologiebewegung setzte auf die erneuerbaren Energien. Bölkows großes Verdienst aber ist es, dass er sich als Vorbild, angesehener und vielfach ausgezeichneter Ingenieur und Unternehmer vehement in öffentlichen Vorträgen, bei Politikern und in der Industrie für diesen Weg einsetzte und ein weitgehend vollständiges Bild zeichnete. Als Teil des Establishments hatte er einen anderen Zugang zu diesen Kreisen. Wieder einmal hatte er frühzeitig Gespür für den langfristig richtigen Weg bewiesen und diesen dann unbeirrt von Widerständen verfolgt. Lange vor Tschernobyl und Fukushima hatte er die großtechnische Nutzung der Kernenergie im Systemkontext als Sackgasse erkannt. Er warb darum, sich auf den richtigen Weg zu machen und sich am Umbau zu beteiligen.

Ihm ist es zu verdanken, dass über den damaligen bayerischen Ministerpräsidenten Franz Josef Strauß das Bayernwerk, der mit dem Bayerischen Staat lange verbundene Stromkonzern, im Jahr 1987 kurz nach der Katastrophe von Tschernobyl mit einem Solar-Wasserstoffprojekt im niederbayerischen Neunburg-vorm-Wald die technische Machbarkeit der solaren Wasserstofferzeugung bis hin zur Betankung eines Fahrzeuges in einem Demonstrationsvorhaben untersuchte.

Ende der 1980er Jahre führte Bölkow dann in seiner „LBST", wie die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik genannt wurde, mit Unterstützung des Deutschen Forschungsministeriums und unter Beteiligung von Industrieunternehmen eine Analyse durch, wie stark die Kosten der Solarstromerzeugung denn sinken würden, wenn man die zur damaligen Zeit vorhandenen großtechnischen Möglichkeiten in einem optimierten industriellen Umfeld nutzen würde. Große Produktionseinheiten mit Dreischichtbetrieb zum Auslasten der Anlagen und Kostenreduktion durch Großeinkauf der Ausgangsmaterialien waren die Stichworte. Und das Ergebnis überzeugte. Nur durch Übergang zu großen Produktionseinheiten würden die Kosten des Solarstroms von 3,57 DM/kWh des Jahres 1988 um den Faktor fünf bis zehn sinken. Als minimale Produktionsgröße wurde eine Fabrik mit 20 Megawatt Modulausstoß pro Jahr gesehen. Technologische Fortschritte wurden hierbei ganz bewusst nicht berücksichtigt. Auf Druck der beteiligten Großindustrie wurde vom Ministerium keine Freigabe zur Veröffentlichung des Endberichtes erteilt, obwohl die zugrunde liegenden Kostenkalkulationen gerade aus diesen Firmen stammten.

Wohl aber hatte man bereits einen Kurzbericht in einer Wissenschaftszeitschrift genehmigt. Und diese Veröffentlichung mit dem Titel „Sonnenstrom zum Groschenpreis" schrieb Geschichte. Damit war klar, dass nicht die Solartechnologie an sich teuer war, sondern nur die nichtindustriellen Produktionsmethoden. Damit wurde der Blick darauf gelenkt, dass nicht nur Forschung zu fördern sei, sondern vor allem auch die Einführung einer neuen Technologie, um das Henne-Ei-Problem zu lösen: Der Kunde kauft

nicht, weil es teuer ist. Und es ist deshalb teuer, weil der Kunde nicht kauft. Je schneller man Produktionserfahrung gewinnt und die Produktion ausweitet, umso schneller werden die Kosten sinken. Also musste man Anreize für den Kauf setzen, aber zugleich den Innovationsdruck bei den Produzenten hoch halten. In den 1990er Jahren wurde dies mit dem Instrument des degressiven Einspeisetarifes und später mit dem international anerkannten und erfolgreichen Erneuerbare-Energien-Gesetz realisiert. Die Politiker Hermann Scheer und Hans-Josef Fell hatten an dieser politischen Umsetzung einen großen Anteil. Hermann Scheer war und Hans-Josef Fell ist heute noch mit der Stiftung verbunden.

Ingenieure haben die Verpflichtung, die Probleme, die durch ihr Wirken entstanden sind, auch zu lösen. Damit hat Bölkow auch stark an die Komponente der Technik geglaubt – das war sein Umfeld, hier sah er seine größten Gestaltungsmöglichkeiten. Doch sein Einfluss ging weit über die technischen Lösungen hinaus. Dies brachte ihm auch den Ruf eines „Technosophen" ein. Das trifft es, glaube ich, recht gut. Er setzte auf technische Lösungen für durch Technik hervorgegangene Probleme, bettete diese aber gleichzeitig in das gesellschaftliche Umfeld ein.

Als ein besonderes Projekt lag ihm auch die Entwicklung einer Solarleuchte am Herzen, die er mit den Mitteln der Stiftung unterstützte. Diese Leuchte mit täglichem Ladezyklus sollte in erster Linie afrikanischen Regionen ohne Stromversorgung zugute kommen.

Ausführliche Gespräche mit dem damaligen Umweltminister Klaus Töpfer, dem Wirtschaftsminister Müller oder dem Bundespräsidenten Roman Herzog führte er bis ins hohe Alter. Insbesondere das Gespräch mit Roman Herzog im Jahr 1999 hatte er gewissenhaft vorbereitet.

Auf Einladung von Ludwig Bölkow fand im Jahr 1999 ein ausführliches Gespräch zwischen ihm und Bundespräsident Roman Herzog in den Räumen der Stiftung statt. (Foto: Ludwig-Bölkow-Stiftung)

Auch sein Engagement beim Münchner Oberbürgermeister für die Gründung einer Münchner Energieagentur belegt sein wirtschafts- und gesellschaftspolitisches Engagement bis in die letzten Jahre.

Viel wurde und wird auch heute noch um den besten synthetischen Energieträger zur Speicherung von Strom diskutiert: Methan, Methanol oder Wasserstoff. Für ihn war von Anfang an klar, dass der Wasserstoff das Rennen machen würde. Mir gegenüber erklärte er einmal, dass der Wasserstoff mit nur einem Elektron das einfachste und am wenigsten komplizierte Atom sei. Daher seien die Nebenwirkungen beim Aufbereiten wie beim Verbrennen wesentlich weniger umweltbelastend als bei komplexen kohlenstoffhaltigen Brennstoffen. Methanol hatte er mit all seinen toxischen Problemen während seiner Zeit bei Messerschmitt kennengelernt und wegen seiner Toxizität abgelehnt.

Doch trotz seines Engagements für erneuerbare Energien und die Einführung von Wasserstoff als Speichermedium in der Energiewirtschaft oder als Treibstoff für mobile Anwendungen blieb ihm eine Enttäuschung nicht erspart. Gerade die langen Vorlaufzeiten von neuen Konzepten bis hin zum serienmäßigen Einsatz sind in der Luftfahrtindustrie wohl am größten. Eine neue Entwicklungslinie, die heute begonnen wird, braucht 10 bis 15 Jahre zur Serienzulassung. Über die Lebensdauer der Flugzeuge muss also ein Betrachtungszeitraum von 50 Jahren berücksichtigt werden. Daher hat er nie verstanden, dass sich die Luftfahrtindustrie, seine eigene Branche, so zögerlich für Wasser -

stoff zu interessieren begann. Auch ich habe noch vor wenigen Jahren von Mitarbeitern aus der Forschung entsprechender Firmen die Lektion erteilt bekommen: „Flugzeuge fliegen mit Kerosin, oder mit Kerosin, oder vielleicht mit Biokraftstoffen ... oder gar nicht."

Modell eines mit flüssigem Wasserstoff betriebenen Airbus 300. Dieses Modell wurde von Mitarbeitern der Deutschen Airbus GmbH im Rahmen der EQHHPP-Aktivitäten erstellt. Dr. Gretz überreichte es Ludwig Bölkow zu seinem 85. Geburtstag. Als sicherster Platz wurde für den Flüssigwasserstofftank der Bereich über den Passagierkabinen identifiziert. In der Frontalsicht gleicht das Flugzeug aerodynamisch einem Flugzeug mit drei Hecktriebwerken, einer sogenannten Trident. (Foto: W. Zittel)

Die Rückkehr zu den Wurzeln

Seit den ersten Nachkriegstagen hatte Bölkow seine Heimatstadt Schwerin nicht mehr betreten können. Erst durch die politische Wende im Jahr 1989 wurde es ihm ermöglicht, dorthin zurückzukehren. In diesen Jahren der politischen Neustrukturierung setzte er sich für seine alte Heimatstadt ein. Er spendete dem dortigen Krankenhaus einen Operationslaser, bemühte sich um die Ansiedlung geeigneter Firmen, unterstützte die Stadtverwaltung und machte seine über die vielen Jahrzehnte gesammelten Ernst-Barlach-Skulpturen der Öffentlichkeit zugänglich.

Ludwig Bölkow verstarb in München-Grünwald im Jahr 2003 im Alter von 91 Jahren.

Dass die Stadt Schwerin ihm die Ehrenbürgerschaft verlieh und die IHK zu Schwerin ihren Sitz im neu erbauten Ludwig-Bölkow-Haus nahm, zeugt von dem klaren Bekenntnis in Ludwig Bölkow einen herausragenden Sohn der Stadt erkannt zu haben.

Literatur:

- Ludwig Bölkow, Erinnerungen, aufgezeichnet von Brigitte Röthlein, Herbig Verlag München 1994
- Ludwig Bölkow und sein Werk – Ottobrunner Erinerungen, Kyrill von Gersdorf, Bernard & Graefe Verlag, Bonn, 2. erweiterte Auflage 2002
- 20 Jahre Ludwig-Bölkow-Stiftung und Systemtechnik, Jörg Schindler, Ansprache anlässlich der EADS-Feierstunde zum 90. Geburtstag von Ludwig Bölkow, Flugwerft Schleißheim, 19. Juli 2002
- Arbeiten für und mit Ludwig Bölkow, Eveline Gottzein, Ansprache anlässlich der EADS-Feierstunde zum 90. Geburtstag von Ludwig Bölkow, Flugwerft Schleißheim, 19. Juli 2002

Ludwig-Bölkow-Haus der Industrie- und Handelskammer zu Schwerin (Foto: IHK Schwerin)

Kapitel 2

Arbeiten für und mit Ludwig Bölkow

Eveline Gottzein*

Lieber Herr Bölkow,
meine sehr verehrten Damen und Herren,
liebe Freunde,

meine Tätigkeit als Entwicklungsingenieurin bei der Bölkow-Entwicklungen KG begann am 1. Oktober 1959. Ich erhielt den Ausweis mit der Nummer 724. Etwa ein Jahr war vergangen, seit Ludwig Bölkow mit einer Mannschaft von rund 200 Mitarbeitern von Stuttgart-Echterdingen und Nabern auf das Gelände der ehemaligen Luftfahrtforschungsgesellschaft nach Ottobrunn umgezogen war. Die Zufahrt zur Firma erfolgte über die verlängerte Finkenstraße und einen befestigten Feldweg, vorbei an alten Baubaracken, Hühnerfarmen und rauchgeschwärzten Ruinenmauern. Die Zufahrt wurde öfters „plombiert", nicht vom Gerichtsvollzieher, sondern von Straßenarbeitern. So nannten wir die regelmäßige Ausbesserung der schüsselgroßen Schlaglöcher. An neuen Häusern gab es nur die ersten Flügel des Gebäudes 10, das „Blaue Haus" genannt. Die Behörden hatten die Baugenehmigung nur unter der Auflage erteilt, daß das Gebäude auch als Krankenhaus nutzbar sei, falls es mit der Luft- und Raumfahrt in Ottobrunn doch nichts würde. Das hatte viel zu kleine Zimmer zur Folge, die für Labors alles andere als optimal waren. Die Befürchtungen der Behörden waren schon bei meinem Dienstantritt in der damaligen Regelungsabteilung überholt: Arbeits- und Laborplätze der Abteilung befanden sich auf einem Verbindungsgang, alles war vollgestellt mit Schreibtischen und Tischrechnern, das Feilschen um jeden Quadratmeter hatte bereits begonnen. Aber so groß waren schon damals unsere Faszination für die Arbeit und unser Vertrauen in die Zukunft, daß wir diese Begleiterscheinungen einfach ignoriert haben.

Das war der Anfang des Technologiezentrums Ottobrunn!

Zehn Jahre später hatte die Bölkow GmbH, verteilt auf die Werksgelände Ottobrunn-Nord, -Süd und –West, bereits knapp 3000 Mitarbeiter, die Fusion der Firmengruppen Bölkow und Messerschmitt stand kurz vor dem Abschluss, die Fusion zur Messerschmitt-Bölkow-Blohm GmbH folgte. Dazu passte es, dass im Bölkow/ SIAT Report Nr. 4, 1968, ein Artikel von Ludwig Bölkow erschien mit der Überschrift „Fusion und Reorganisation". Das Thema sollte zum Dauerbrenner werden. Selbst das Betriebskasino, das 1968 eingeweiht wurde, war eine Projektion in die Zukunft. Es war für 7000 Mitarbeiter ausgelegt, damit die Kapazität auch bei der geplanten Zusammenführung aller Entwicklungsabteilungen der Firmengruppe nach Ottobrunn noch ausreichen würde.

Inhaltlich war das Technologiezentrum Ottobrunn, unter seinem vorausblickenden und wagemutigen Chef, schon auf allen Gebieten der Luft- und Raumfahrt innovativ und erfolgreich tätig und die Bölkow GmbH hatte sich zu einem hochgeachteten Konzern mit weitreichenden internationalen Kontakten entwickelt. Über die Vielzahl von Produkten, die in dieser Zeit quasi aus dem Nichts entstanden sind, wurde schon berichtet. Wie war es möglich, in so kurzer Zeit, zielstrebig und treffsicher, eine solche Aufbauleistung zu vollbringen?

Phantasie, fachliches Können, die Bereitschaft, Verantwortung zu übernehmen und kompromisslos hart zu arbeiten, sind selbstverständliche Voraussetzungen.

*Ansprache anlässlich der EADS-Feierstunde zum 90. Geburtstag von Ludwig Bölkow, Flugwerft Schleißheim, 19. Juli 2002

Entscheidend für den Erfolg von Ludwig Bölkow waren aber auch

- treffsicheres Gespür für künftig bedeutsame Komponenten und Verfahren, um überragende neue Produkte zu schaffen,
- Denken in Systemkonzepten und Systemfunktionen,
- Entscheidungen auf der Grundlage eingehender Systemanalysen und rechnergestützter Simulationen und
- diese Vorgehensweise in der Entwicklung auch konsequent zu leben.

Das war damals revolutionär und ist die Grundlage aller späteren Erfolge.

Wie zielführend und erfolgsträchtig eine Arbeitsweise aus Theorie, Rechnung und Experiment sein kann, hatte Ludwig Bölkow schon bei seiner Zusammenarbeit mit der Aerodynamischen Versuchsanstalt in Göttingen in seiner Messerschmitt-Zeit erfahren. Ich bin der Ansicht, daß diese Erfahrung seine spätere Entwicklungsführung entscheidend geprägt hat.

Die dritte Ausgabe der Firmenzeitschrift „Report" stand unter dem Leitmotiv „System". Ludwig Bölkow schrieb das Vorwort zum Thema „Systemdenken und Systemführung". Darin heißt es unter anderem: „Für die Bearbeitung von Programmen im bi- oder multilateralen Rahmen sind Systemdenken und Systemführung ebenso wichtig geworden wie der Stand der Technik der beteiligten Firmen." Auf dem Aerosalon in Paris-Le Bourget trat das soeben fusionierte Unternehmen MBB GmbH unter einem Systemsymbol auf, das die Verflechtung der Programmelemente darstellte.

Im gleichen Jahr analysierte Ludwig Bölkow in einem Vortrag auf dem Europäischen Kongress der internationalen Wissenschaftsorganisationen in Cannes den Einfluß von Forschung und Entwicklung auf die Wachstumsstrategie eines Industrieunternehmens. Die zentrale Bedeutung eines Systemverständnisses für die Ausrichtung der Entwicklungstätigkeit in seinem Unternehmen wird aus folgendem Zitat ersichtlich:

„In unserer modernen Industriegesellschaft kann der Begriff der Entwicklung nicht auf die Gestaltung und materielle Realisierung eines gegenständlichen Produkts beschränkt werden ... Der Entwickler musste lernen, zunächst abstrakt, das Gesamtsystem zu verstehen, zu optimieren und das Ergebnis zu hinterfragen, um daraus die Anforderungen an sein Produkt abzuleiten. Dieses Systemdenken ist eine der wesentlichen modernen Entwicklungstätigkeiten."

Dies waren nicht nur Lippenbekenntnisse. Analysieren des Gesamtsystems mit mathematischen Methoden als Grundlage für die Realisierung war „Entwicklungsleitlinie". Bereits 1960 wurden für die Systemanalyse mit mathematischen Methoden, Wahrscheinlichkeitsrechnung, dynamische Programmierung und Optimierung etc., in der Bölkow KG und im Entwicklungsring Süd spezielle Operations-Research-Abteilungen aufgebaut. Die Abteilung der Bölkow KG bediente vorwiegend die Sektoren Panzer- und Tieffliegerabwehr und Hubschrauber und später auch, sehr erfolgreich, Verkehrstechnik. Die Abteilung im Entwicklungsring Süd unterstützte die Flugzeugentwicklung.

Wichtige Voraussetzung für das erfolgreiche Arbeiten dieser OR-Abteilungen war das Ottobrunner Rechenzentrum mit dem „Großrechner" Siemens 2002, der dort seit Dezember 1959 in Betrieb war. Es war dies die erste volltransistorisierte Rechenanlage in einem Industriebetrieb in Deutschland.

Lassen Sie uns jetzt den Gipfel verlassen, von dessen Höhe wir die großen Linien des Vordenkers, Pioniers und Unternehmers Ludwig Bölkow aus der Distanz betrachten konnten, und schauen wir uns in den Niederungen des Arbeitsalltags um.

Der begann für mich mit

Lenkflugkörpern

Die Entwicklung des ersten Panzerabwehrflugkörpers COBRA war eine Antwort auf die Bedrohung durch die große Anzahl von Panzern in den Ostblockstaaten. Verlangt war eine einfach zu handhabende, preiswerte Lösung für den mobilen Infanterieeinsatz. Die Realisierung erforderte zahlreiche innovative Lösungen. Hier nur die wesentlichsten:

- Sprungstart, direkt vom Boden aus ohne Abschußrampe,
- störsichere Übertragung der Lenksignale über einen Lenkdraht,

- Eigenentwicklung eines billigen Kreisels, der wie ein Spielzeugkreisel über eine Zugschnur in Gang gesetzt wurde,
- Einsatz neuer nichtmetallischer Werkstoffe und Klebeverbindungen,
- Lenkübungsgerät mit Mischbildvisier zum schnellen Training einer starken Panzerabwehrtruppe.

Kurz, mit zahlreichen innovativen Lösungen war bereits die COBRA eine typische Bölkow-Entwicklung!

Ludwig Bölkow wollte die konventionelle Waffentechnik mit den Möglichkeiten moderner Lenkwaffen weiterschreiben. Durch gute Kontaktpflege mit den politischen Entscheidungsträgern fand er für seine Vorstellungen auch im Bundesministerium für Verteidigung Gehör und erhielt einen ersten Forschungsauftrag über 100 000 DM, Inhalt „Untersuchungen auf dem Gebiet der Flugabwehrlenkgeschosse für den unteren und mittleren Flugabwehrbereich".

An dieser Stelle setzte meine Tätigkeit bei Bölkow ein. Ich begann mit der Bearbeitung von Regelungssystemen für den Lenkflugkörper P250 zur Abwehr von Tieffliegern. Die P250 wurde 1964 auf französischem Versuchsgelände erfolgreich erprobt. Es war schon ein tolles Gefühl für eine junge Ingenieurin, die Versuchsaufzeichnungen zu studieren, mit den Laborsimulationen zu vergleichen und festzustellen: „Es hat genau so funktioniert."

Was war das Geheimnis dieser schnellen Erfolge?

An **erster Stelle** möchte ich das **Vertrauen** nennen, das Ludwig Bölkow seiner jungen Mannschaft geschenkt hat. Durch die Vorgabe hochgesteckter Ziele und die „lange Leine" bei der Ausgestaltung hat er in uns ungeahnte kreative Kräfte freigesetzt.

An **zweiter Stelle** steht die **Entwicklungsphilosophie**: Man beginnt mit möglichst genauen mathematischen Modellen, führt umfangreiche Systemsimulationen zur Optimierung durch und überprüft das Gesamtsystem in der Simulation mit realer Hardware und Software. Ich bin überzeugt: Es ist dieser konsequent durchgehaltenen Vorgehensweise zu verdanken, daß wir später bei über 130 Bahn- und Lageregelungssystemen für die verschiedensten Satelliten und mehr als 500 Jahren akkumulierter Betriebszeit noch nicht einen Versager hinnehmen mussten.

Als **Drittes** war es richtig, die Entwicklungskapazitäten in einem **Technologiezentrum** zusammenzuziehen. Das erleichtert nicht nur die Zusammenarbeit, sondern erzeugt auch Synergie und stimuliert Transfer von Wissen, Methode und Technologie durch alle Sparten hindurch.

So vorbereitet sind wir dann im Oktober 1964 in die Zusammenarbeit mit unserem französischen Partner, Nord Aviation, Vorgänger der späteren Aérospatiale, eingestiegen.

Ludwig Bölkow hatte bereits seit 1955, auch hier Pionier, intensiv vielfältige Auslandsverbindungen seiner Firma aufgebaut. Die Gespräche mit Nord Aviation führten 1957 zu einem „Protocole d´Accord" über zukünftige gemeinsame Flugkörperaktivitäten. Die Grundsatzvereinbarung zur gemeinsamen Entwicklung der Waffensysteme Milan, Hot und Roland wurden im September 1962 unterzeichnet. Die abschließenden Verhandlungen fanden in Paris im Hotel Trianon statt. Während die Firmenchefs die Verträge unterzeichneten, fanden im Besprechungszimmer nebenan bereits erste technische Gespräche zwischen französischen und deutschen Ingenieuren statt. Ludwig Bölkow hat auch daran regen Anteil genommen und hat sich in den Pausen ausführlich über den Verlauf berichten lassen. Damals wurde unter anderem auch festgelegt, daß Regelung und Lenkung der Roland in Ottobrunn bearbeitet würden. Die damals ausgehandelte Arbeitsteilung wurde später bei allen Gemeinschaftsprojekten mit Aérospatiale beibehalten. Die Aufgabe, das umfangreiche Regelungssystem zu simulieren, machte den Ausbau unserer Hybridsimulationsanlagen unerlässlich. Auch für diese nicht ganz billige Investition hatten wir die volle Unterstützung unserer Geschäftsführung.

Mit dem deutsch-französischen Freundschaftsvertrag vom Januar 1963 war der Weg für die Gemeinschaftsentwicklung des Klarwetter-Flugabwehrsystems „Roland" frei. Dem technisch und wirtschaftlich sehr erfolgreichen Projekt Roland folgte der Seezielflugkörper „Kormoran". Es handelt sich dabei um eine autonome, selbstgelenkte Waffe mit aktivem Zielsuchkopf. Die Erprobung der Kormoran im April 1971 an der Atlantikküste war eine Weltpremiere. Es war der erste Flug eines „Sea Skimmer´s" mit Trägheitsvorlenkung, Höhenmesser-Stützung und Radarsuchkopf. Das Konzept des Kormoran-Flugreglers, mit Stützkreis zum Kontur- und Plattformfliegen in Abhängigkeit von der

Wellenlänge, war später auch die Grundlage für die Trag- und Führregler der Magnetschnellbahn.

Mit Beginn der großen europäischen Flugzeugprogramme und Raumfahrtvorhaben konnte MBB auf dem Aerosalon in Le Bourget zu Recht als „Partner internationaler Programme" auftreten.

Für uns junge Ingenieure waren die Zusammenarbeit an gemeinsamen Programmen und die Begegnungen mit Berufskollegen aus anderen europäischen Nationen auch über das Tagesgeschäft hinaus ein großes Erlebnis.

Ein weiterer Meilenstein: Spurgeführter Schnellverkehr

Als Planungsgrundlage für zukünftige Schnellverkehrssysteme, vor allem zur Bewältigung des steigenden Güterverkehrs, wurde von der Hochleistungsschnellbahn AG im Auftrag des Verkehrsministeriums 1968/1972 eine Studie erstellt. Mitgewirkt haben dabei MBB, Strabag und Deutsche Bundesbahn. Es verwundert Sie sicher nicht zu hören, daß auch hier Ludwig Bölkow Initiator war und treibende Kraft.

Die Studie war Ausgangspunkt für eine Reihe neuartiger Lösungsansätze für die Probleme auf dem Rad/Schiene-Sektor. So baute MBB für den ICE, der hieß damals noch Intercity Experimental, den Mittelwagen mit vielfältigen Neuerungen aus der Flugzeugentwicklung und lieferte eine umfangreiche Meß- und Registrieranlage für den Versuchsbetrieb. Wir führten auch umfangreiche Untersuchungen zur Fahrdynamik und Fahrstabilität durch und schickten unsere Ingenieure zur Überprüfung der Ergebnisse zu den Fahrversuchen. Sie berichteten, dass es ziemlich beängstigend war, wenn der ICE auf dem Streckenabschnitt zwischen Gütersloh und Neubeckum 320 km/h fuhr.

Weitere Innovationen für den Schienenverkehr aus dieser Zeit sind das MBB Hochleistungsdrehgestell in Glasfaser-Kunststoffbauweise und die schlupfgeregelten Radsätze mit regelbarer Magnetpulverkupplung. Bei der Erprobung auf dem Rollprüfstand der Deutschen Bundesbahn in Freimann bei München konnten damit Geschwindigkeiten bis zu 500 km/h stabil gefahren werden.

In der HSB-Studie wurde für ein spurgeführtes Schnellbahnsystem ein flaches Betriebsoptimum bei einer Geschwindigkeit von 400 km/h berechnet. Die Ergebnisse der HSB Studie sind auch Grundlage für die Auslegung der Magnetbahn.

Bereits 1968 wurde in der Projektgruppe „Neue Verkehrssysteme" über unkonventionelle, neue Lösungen zum Erreichen hoher Geschwindigkeit nachgedacht. In Überlegung waren Luftkissen und magnetische Schwebesysteme, darunter auch das von Hermann Kemper 1935 vorgeschlagene elektromagnetische Schwebesystem.

Die Arbeiten der Fachabteilungen zur Dynamik und Regelung von Magnetbahnen begannen im April 1970 mit einem Anruf von Ludwig Bölkow. Hier der ungefähre Wortlaut des Gesprächs: „Gottzein, da sind morgen die Herren von der HSB zu einer Sitzung hier. Die werden auch über die Magnetbahn reden. Geh hin und hör dir das mal an!" Voller Vorahnung bat ich einen hilfsbereiten Kollegen, mir schnell ein einfaches mathematisches Modell für ein Fahrzeug mit Elektromagneten aufzustellen. Ich habe dann die halbe Nacht damit zugebracht, anhand der Gleichungen mir zu überlegen, wie so etwas funktionieren könnte, wie viel instabile Freiheitsgrade zu berücksichtigen sind, welche Mess- und Stellglieder entwickelt und gebaut werden müssten und welchen Einfluss die Auslegung des Fahrwegs hat. Für den Fahrkomfort schwebte mir eine Lösung vor: Kontur- und Plattformfliegen wie bei Kormoran, nur hier in Höhe Null.

Diese Vorbereitung war mein Glück; am nächsten Tag wurde ich vom MBB-Projektleiter den Sitzungsteilnehmern als die Magnetbahnexpertin des Hauses vorgestellt, die dem Kreis jetzt ausführlich erklären würde, wie die Magnetbahn funktioniert. Eine Woche später hatte ich mit meiner Mannschaft den Auftrag, „sofort", aber spätestens in 6 Monaten die Schweberegelung für das geplante „MBB Prinzipfahrzeug für Magnetfeldfahrtechnik und Wanderfeldantrieb" zu entwickeln und zu bauen.

Das Prinzipfahrzeug schwebte am 4. Februar 1971 erstmals auf der Montageschiene unter den kritischen Blicken von Ludwig Bölkow und den staunenden Augen seiner ausländischen Geschäftspartner. Die hatte er, auf meinen Anruf hin, gleich mitgebracht. Bereits am 6. Mai 1971 fand die

offizielle Vorstellung vor dem damaligen Verkehrsminister Georg Leber und dem Wissenschaftsminister Prof. Hans Leussink statt.

Die Entwicklung ging in den nächsten Jahren zügig voran. Mit weiteren Versuchsfahrzeugen wurde der Geschwindigkeitsbereich erschlossen und die Fahrzeugtechnik vorangetrieben. Der Abschluss der Entwicklung wurde mit dem Hochgeschwindigkeitspassagierfahrzeug Transrapid 06 erreicht. Mit dem TR 06 wurden auf der MVP Versuchsanlage im Emsland ab 1987 routinemäßig Geschwindigkeiten von über 400 km/h gefahren. Viele „kluge" Leute haben uns bei jedem neuen Schritt auf dem Weg dorthin erklärt: „Das geht überhaupt nicht". Wie wir damit umgegangen sind, wäre eine eigene Geschichte.

Was waren Voraussetzungen und Umfeld für diesen Erfolg?

- Die hochmotivierte Mannschaft, die jede Herausforderung angenommen hat. So wurden nicht käufliche Komponenten, wie z. B. Spaltsensoren und Magnetstromsteller, selbst entwickelt und gebaut.
- Teamarbeit über die organisatorischen und Fachgrenzen hinweg. Hier zeigte es sich, wie richtig es war, die Entwicklungskapazitäten auf einem Gelände zu konzentrieren.
- Kompromissloser Einsatz, vor allem in den Erprobungsphasen, und, das kann nicht deutlich genug gesagt werden,
- ein positives politisches Umfeld.

Es sind diese herausragenden Gemeinschaftsleistungen, an denen sich der oft zitierte „Geist von Ottobrunn" zeigt.

Satelliten und Raumsonden

Aus einer gemeinsamen Initiative der Bölkow Entwicklungen KG, der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DL) und mehrerer Institute entstand Anfang der sechziger Jahre der Vorschlag für ein wissenschaftliches Satellitenprogramm. Bei Bölkow wurde darüber hinaus zusammen mit der DL eine Denkschrift verfasst, die sich speziell mit den Möglichkeiten eines europäischen Nachrichtensatelliten befasste und den theoretischen Grundlagen für einen „Direktempfang mit Hausantenne". Die Idee wurde später im Rahmen des deutsch-französischen Gemeinschaftsprojekts zum Bau der Fernsehdirektsatelliten, TV-SAT und TDF, verwirklicht. Für Bölkow stand schon damals die kommerzielle Satellitennutzung im Vordergrund.

Der erste deutsche Forschungssatellit Azur wurde bei MBB gebaut und im November 1969 mit einer Scout-Trägerrakete gestartet. Es folgten zahlreiche weitere Satelliten zur Erforschung des erdnahen und weit entfernten Weltraums, überwiegend im Auftrag der Europäischen Raumfahrtagentur, aber auch des Wissenschaftsministeriums. Das Tätigkeitsspektrum des Unternehmens reichte von der Systemführerschaft bis hin zur Lieferung von Subsystemen, Baugruppen und Geräten. Erwähnen möchte ich die Sonnensonde Helios und die wiederverwendbare, umrüstbare Satellitenplattform SPAS: Das Konzept für SPAS wurde von MBB vorgeschlagen und im Auftrag des BMFT realisiert. Als ASTRO-SPAS fand es Verwendung zur Vermessung der Sternspektren im Ultraviolettbereich und zur Bestimmung der Dichte von Spurengasen in der Erdatmosphäre mit nie dagewesener Auflösung. Zu nennen ist auch die erste vollelektronische Weltraumkamera „MOMS". SPAS und MOMS sind Ottobrunner Innovationen, aber darüber hinaus auch Beispiele dafür, wie aus enger Zusammenarbeit über die Firmengrenzen hinweg technische Höchstleistungen entstehen.

Der Schwerpunkt der Raumfahrtaktivitäten lag bei MBB aber im Bereich **kommerzieller Satellitenprogramme**. Bis in die siebziger Jahre wurden kommerzielle Kommunikationssatelliten in der westlichen Welt ausschließlich mit Drall-Stabilisierung gebaut. Dieses Stabilisierungskonzept setzt Sendeleistung und Genauigkeit der Satelliten enge Grenzen. Daher werden, seit etwa 15 Jahren, alle Kommunikationssatelliten nur noch mit Drei-Achsen-Stabilisierung ausgerüstet.

Der Zeit weit voraus war die Initiative der Firmen MBB und Aérospatiale für das deutsch-französiche Gemeinschaftsprojekt Symphony. Die 1967 unterzeichnete Regierungserklärung war eine Pionierleistung beider Länder. Inhalt des Programms war, erstmalig in Europa, Entwicklung und Start von zwei Nachrichtensatelliten mit Drei-Achsen-Stabilisierung.

Alles an diesem Programm war Pilotfall: Organisationsform, Arbeitsteilung und technische Lösung. Zur Abwicklung des Vorhabens wurde das FAS-Konsortium gegründet, wichtigste Partner waren die Raumfahrtfirmen MBB und

Aérospatiale; MBB erhielt die Entwicklungsaufträge für Bahn- und Lageregelung, 400N Apogäumsantrieb und Korrekturtriebwerke von je 10N Schub, Integration und Erprobung und Teile der Bodenanlagen. Überwachung und Steuerung beider Satelliten erfolgten vom französischen Kontrollzentrum der CNES in Toulouse aus und von der Bodenstation der DFVLR (jetzt DLR) in Oberpfaffenhofen.

Beide Satelliten haben ihre Missionsprogramme 10 Jahre lang erfüllt. Für Deutschland und für Frankreich und für die beteiligten Firmen bedeutete die erfolgreiche Erprobung von Symphony den Einstieg in die internationale Arena des kommerziellen Satellitengeschäfts.

Seit dieser Zeit haben wir und unser damaliger Partner technisch und wirtschaftlich erfolgreich zahlreiche Nachrichtensatelliten gebaut, als Systemführer und Hauptauftragnehmer und seit 1990 im zunehmenden Umfang als Lieferanten von Subsystemen. Beispielsweise wurden bis heute 134 Bahn- und Lageregelungssubsysteme geliefert, das entspricht einem Geschäftsvolumen von etwa einer Milliarde Euro. Unser technischer und geschäftlicher Erfolg ist auch das Ergebnis der über die Jahre konsequent weiterentwickelten und verbesserten Prozesse bei Entwicklung und Herstellung.

Lieber Herr Bölkow, Ihrer Initiative und Weichenstellung in den sechziger Jahren verdanken wir auch diese Erfolgsgeschichte!

Und was war sonst noch?

Der schweizer Philosoph Hans A. Pestalozzi hat erkannt: Nicht Fachwissen allein ist entscheidend, sondern die Fähigkeit zu ganzheitlichem Denken und vernetztem Beurteilen. Dieser Satz steht auch über dem Lebenswerk von Ludwig Bölkow, das sich nicht nur im wissenschaftlich-technischen und industriellen Bereich erschöpft. Zur Verpflichtung des Ingenieurs in unserer Gesellschaft vertrat er auch damals schon die Auffassung: „Der Ingenieur muss auch die gesellschaftlichen Konsequenzen seines Tuns erkennen und berücksichtigen." Diese erweiterte Sicht verlangte er auch von seinen Mitarbeitern. Führungsseminare und Bildungsprogramm, initiiert und inspiriert von Dr. August Sahm, geben davon Zeugnis. Sie boten neben technisch-wissenschaftlichen Vortragsreihen und berufsspezifischen Kursen auch Veranstaltungen zu grundsätzlichen und aktuellen Fragen aus Politik und Gesellschaft. Zwei dieser Veranstaltungen sind mir besonders in Erinnerung geblieben. Die Veranstaltung mit dem Religionswissenschaftler Pinchas Lapide zum Thema „Physik, Philosophie und Religion" und der gemeinsame Besuch des Schauspiels „ In der Sache J. Robert Oppenheimer" von Heinar Kipphardt, das 1964 mit Peter Lühr in der Hauptrolle in den Münchner Kammerspielen uraufgeführt wurde.

Die Einführung sozialer Einrichtungen entsprang nicht nur dem Bestreben, die Mitarbeiter durch gute Arbeitsbedingungen zu motivieren, sondern auch seinem Wunsch, dort, wo notwendig, zu helfen. Hierzu gehört der Unterstützungsfonds für in Schwierigkeiten geratene Mitarbeiter und deren Angehörige. Den Anstoß zur Einrichtung des Fonds gab ein schwerer Unfall, durch den ein Mitarbeiter in Not geraten war. Eine persönliche Erfahrung war es auch, die zur Einführung des Urlaubsgeldes geführt hat, lange vor der tariflichen Regelung. Ihrer Zeit voraus waren werksärztlicher Dienst, Betriebskindergarten, Gleitzeitregelung und Altersversorgung und das glücklicherweise auch heute noch legendäre Betriebskasino.

In allen Phasen großer Herausforderung und Anspannung waren Sie, lieber Herr Bölkow, in der täglichen Arbeit einer von uns. Ihr Führungsprinzip war das Vorbild, sowohl in fachlichem Können als auch in der Bereitschaft, Verantwortung zu übernehmen, selbstständig zu handeln und hart zu arbeiten. Sie haben uns ehrgeizige Ziele gesetzt, aber dann viel Freiraum zur Gestaltung gegeben und gelegentliche jugendliche Kapriolen verständnisvoll akzeptiert. Kann es für junge Ingenieure einen größeren Ansporn geben?

Ich möchte daher das Zitat aus Ihrer Rede zum 50. Geburtstag an Ihrem 90. Geburtstag fortschreiben:

„Es war nicht nur eine unheimliche Gemeinschaftsleistung, es hat auch unheimlich viel Spaß gemacht."

Für diese großartige Zeit gemeinsamer Arbeit danke ich Ihnen, stellvertretend auch im Namen der Mitstreiter aus alter Zeit. Zu Ihrem 90. Geburtstag von uns allen herzliche Glückwünsche und für die Zukunft gute Gesundheit, innere Heiterkeit und weiter Freude an anspruchsvollen Herausforderungen.

Kapitel 3

20 Jahre Ludwig-Bölkow-Stiftung und Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Jörg Schindler*

Sehr verehrte Gäste, lieber Herr Dr. Bölkow!

Dr. Ludwig Bölkow wird heute vor allem wegen seiner industriellen Verdienste gewürdigt. Er gründete die Messerschmidt-Bölkow-Blohm GmbH, und die hohe Zeit seiner unternehmerischen Tätigkeit fand in Ottobrunn statt und währte genau zwei Jahrzehnte, von 1958 bis 1978. Ebenfalls 20 Jahre währt mittlerweile seine zweite „Karriere" als Stifter und Visionär einer anderen Energiezukunft. In diesem Beitrag soll davon die Rede sein, was Bölkow in den letzten 20 Jahren bewegt hat, was die äußeren Anstöße waren, auf die er reagiert hat und in welchem Umfang es gelungen ist, einen Einfluß auf den Gang der Ereignisse zu nehmen. Das Ergebnis sei hier schon vorweggenommen: Die Anstrengungen der letzten 20 Jahre waren nicht vergeblich – es sind viele Anstöße gegeben worden. Es ist Dr. Bölkow gelungen, in der energiepolitischen Debatte mit einer eigenen und neuen Stimme gehört zu werden.

Einflüsse und Motivation

Was hat Bölkow nach dem Ende seiner Tätigkeit bei MBB in den späten 70er Jahren bis Anfang der 80er Jahre bewegt? Was waren die Einflüsse und Motive, die ihn veranlaßt haben, selbst aktiv zu werden und schließlich eine Stiftung zu gründen? Bölkow war sehr stark von der Ölpreiskrise 1979 beeinflusst. Die Energiepreiskrisen der 70er Jahre haben die Industrienationen aufgerüttelt und unsere Abhängigkeit von endlichen fossilen Energieträgern deutlich gemacht. Seitdem ist Bölkow geprägt von dem Gedanken, dass die fossilen Energieträger Kohle, Öl und Gas endlich sind. Die Arbeiten des Club of Rome waren sicher ebenfalls ein wichtiger Einfluss, was die Wahrnehmung von Begrenzungen anging. Auch die beginnende Diskussion um die drohenden Klimaveränderungen bildete einen weiteren wichtigen Anstoß.

Sehr beschäftigt hat Bölkow auch die Problematik der Atomenergie. Insbesondere beunruhigten ihn die Fragen der Sicherheit und der Entsorgung, aber auch die Frage begrenzter Uranvorräte.

Zum ersten Mal ist damals einer breiteren Öffentlichkeit bewusst geworden, dass unser Energiesystem - wie wir es heute ausdrücken würden - nicht nachhaltig ist. Bölkow hat dies als eine Herausforderung an „die Ingenieure" begriffen. Er sah darin die große Zukunftsaufgabe für die Naturwissenschaftler, Ingenieure und Techniker, ihren Beitrag zur Lösung der erkannten Probleme zu leisten: Schließlich haben sie mit den von ihnen entwickelten Techniken ja die Probleme wesentlich mitverursacht.

Ansätze

Wo aber waren die Lösungen zu suchen? Welche methodischen und inhaltlichen Ansätze brauchte es dafür? Bölkows' Sichtweisen waren stark von seinen Erfahrungen in der Wehrtechnik und von den Studien bei MBB in der Verkehrstechnik geprägt – einerseits war es das Denken in Systemen, andererseits das Denken in langen Zeiträumen.

Die Methodik der „Operations Research" hat eine neue Sichtweise in die Wehrtechnik gebracht. Man darf die Probleme nicht eindimensional analysieren. Es hat sich gezeigt, dass man komplexe und vernetzte Zusammenhänge mit umfassenden mathematischen Modellen abbilden und so zu überlegenen Lösungsansätzen kommen kann. Dies war eine wichtige Wurzel dessen, was man dann „Systemdenken" nennen sollte.

*Ansprache anlässlich der EADS-Feierstunde zum 90. Geburtstag von Ludwig Bölkow, Flugwerft Schleißheim, 19. Juli 2002

Das andauernde Interesse für Fragen des Verkehrs baute auf auf den Aktivitäten von MBB im Bereich der Schienenfahrzeuge und der Entwicklung neuer Verkehrssysteme (reichend von Systemstudien über Kabinenbahnen und die Magnetschwebebahn bis hin zu Verkehrsleitsystemen). Durchgängig ist die Fragestellung, welchen Beitrag verbesserte Systemtechniken und Technologien zu einer umweltverträglicheren und sozialverträglicheren Gestaltung des Verkehrs leisten können.

Auch hier spielte das Denken in Systemen, aber vor allem auch die langfristige Perspektive eine wichtige Rolle. Die 1971 fertiggestellte Hochleistungs-Schnellbahn-Studie (HSB-Studie) war dabei von besonderer Bedeutung. Diese große Systemstudie zur Neugestaltung des Güterverkehrs war die umfangreichste Systemstudie auf dem Verkehrssektor, die in Deutschland je unternommen wurde.

Einen sehr starken Einfluß übten die Studien von IIASA in Laxenburg bei Wien auf Bölkow aus – vor allem die Studie „Energy in a Finite World". Die wesentliche Botschaft dieser Arbeiten war, dass so grundsätzliche Veränderungen wie die Einführung eines neuen Energieträgers sehr lange brauchen, bis sie im Markt nennenswerte Anteile erlangen. Die Marktdurchdringung folgt einer logistischen Kurve – lange Zeit sind die Zuwachsraten sehr niedrig, dann steigen sie plötzlich stark an und gehen dann nach einiger Zeit wieder zurück. Der Umbau unserer Energiewirtschaft ist eine Aufgabe für Jahrzehnte.

Wegen seiner Skepsis gegenüber der Kernenergie suchte Bölkow nach Lösungen, die nicht ihrerseits wieder unzumutbare Gefahren an anderer Stelle heraufbeschwören und die trotzdem machbar sind. Auf dieser Suche haben ihn die Arbeiten von Justi und Dahlberg sehr beeinflusst, nämlich die Vision einer solaren Energieversorgung der industrialisierten Länder durch den Import von Sonnenenergie aus dem Sonnengürtel der Erde.

Bölkow unternahm während seiner Zeit bei MBB viele Reisen, insbesondere auch in Schwellenländer. In den Bereichen High-Tech in Luftfahrt und Militär gab es auch mit diesen Ländern Kooperationen und Hilfestellung, gewisse Technologien umzusetzen. Andererseits hat er bemerkt, dass es keine Bereitschaft gab, auch die Energie- und Umweltprobleme mit einem ähnlichen Elan anzugehen, weder bei der Energie noch im Agrarsektor noch im Transportsektor. Er sah deshalb die Notwendigkeit, hier mehr zu tun.

Gründung der EAT Systemtechnik und der Ludwig-Bölkow-Stiftung

Für Bölkow bestand deshalb die Aufgabe darin, den Umbau der Energieversorgung der Welt auf erneuerbare Energien, auf Sonnenenergie, mit allem was dazugehört, voranzubringen. Bölkow führte viele Gespräche, um gangbare Wege zur Umsetzung seiner Ideen auszuloten. In dieser Zeit entstand auch der Gedanke, wenn erforderlich eine Stiftung zu gründen. Zunächst wandte Bölkow sich mit seinen Ideen an Dr. Vogels, seinen Nachfolger bei MBB zur damaligen Zeit. Bölkow sah bei MBB viele Aktivitäten, die zu seinen Gedanken passten (so auf den Gebieten Biomassevergasung, Photovoltaik, Wind und Neue Verkehrssysteme). Vogels war offen für Bölkows Ideen und er nutzte seinen Einfluss, um zur Bearbeitung der angedachten Themen eine „Arbeitsgemeinschaft Systemtechnik" zu gründen.

An dieser Arbeitsgemeinschaft, die im Mai 1980 gegründet wurde, beteiligten sich vier Unternehmen: MBB, Krauss Maffei, Fritz Werner Industrie und Imbert Energietechnik. Nachdem absehbar war, dass die Arbeitsgemeinschaft Systemtechnik wegen fehlender Unterstützung der Partnerfirmen nicht zum Ziel kommen würde, entschloss sich Bölkow, den Weg alleine zu gehen.

Im November 1982 wurde die EAT als gemeinnützige Gesellschaft von Bölkow persönlich zusammen mit Friedemann Striegel gegründet. Dabei standen die Buchstaben EAT für „Energie", „Agrarwesen" und „Transporttechnik". Laut Satzung war der Zweck der EAT die Förderung umwelt- und sozialverträglicher Technologien.

Von Anfang an verband Bölkow mit der Gründung der EAT auch die Absicht, eine Stiftung zu gründen. Bölkow hatte aus den Erfahrungen mit der Arbeitsgemeinschaft Systemtechnik gelernt, dass zum damaligen Zeitpunkt diese Themen nicht in einem rein kommerziellen Kontext behandelt werden konnten und dass die Politik ebenfalls Schwierigkeiten mit dem Thema hatte. Dies ist insbesondere auch begründet durch die vorherrschenden Zeitmaßstäbe dieser Institutionen - sowohl in der Wirtschaft als auch in der Po-

litik. Die Zeithorizonte dort waren und sind geprägt von einem 4- oder 5-Jahres-Rhythmus von Parlamenten, Regierungen und Unternehmensvorständen, wohingegen die Lösungen der angesprochenen Probleme Zeiträume von Jahrzehnten brauchen. Die Folge ist, dass diese langfristigen Fragen ohne aktuelle krisenhafte Zuspitzungen im Rahmen unserer eigentlich dafür zuständigen Institutionen vielfach ignoriert und vielfach geleugnet, auf jeden Fall aber meist nicht rechtzeitig aufgegriffen und gelöst werden.

Im Dezember1983 hat Bölkow die Ludwig-Bölkow-Stiftung gegründet, und in der Folge wurde die EAT von ihren Gesellschaftern in die Stiftung eingebracht. Diese wurde dann später in Ludwig-Bölkow-Systemtechnik umbenannt. Nach einer Änderung der steuerlichen Regelungen für gemeinnützige Gesellschaften hat Bölkow 1998 die kommerzielle L-B-Systemtechnik gegründet und die Geschäfte in diese Gesellschaft überführt. Ausgehend von all diesen Einflüssen, Gedanken, Beweggründen sind auch die Stiftungsziele formuliert. In der Satzung heißt es knapp: „Die Stiftung dient der Förderung von Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Energie-, Agrar- und Transporttechnik." Im Stiftungsprospekt hieß es ergänzend: „Auf dem Energiegebiet untersucht die Stiftung vor allem die Realisierbarkeit eines primärseitig auf Sonnenenergie und sekundärseitig auf Wasserstoff und Strom beruhenden umweltfreundlichen und unerschöpflichen Energiesystems."

Die ersten programmatischen Vorarbeiten

Die ersten programmatischen Vorarbeiten fanden ihren Niederschlag in einem Vortrag vor dem Peutinger Kollegium, der für viele Jahre prägend für die Ausrichtung der Stiftung sein sollte und die Wahrnehmung von Bölkows Ideen in der Öffentlichkeit bestimmt hat. Dieser Vortrag mit dem Titel „Entscheidungen für eine langfristige Energiepolitik" wurde im März 1982 noch vor Gründung der EAT in einer Broschüre veröffentlicht (intern wegen seines Umschlags lange nur als das „Blaue Buch" bezeichnet).

Die wesentlichen Gedanken in diesem „Blauen Buch" sollen hier noch einmal kurz dargestellt werden.

- Die erste Grundthese ist, dass die Strukturen der Energiewirtschaft nur sehr langfristig änderbar sind. Alle Änderungen in der Vergangenheit haben viel Zeit gebraucht und sind am Anfang sehr langsam erfolgt (neue Energieträger haben sich immer nur entlang dem Verlauf der sogenannten „logistische Kurve" durchsetzen können).
- Die zweite Beobachtung bezieht sich auf den sehr unterschiedlichen Energieverbrauch der Menschen in verschiedenen Ländern und Regionen der Welt – die Unterscheidung in Arm und Reich läßt sich insbesondere auch am Energieverbrauch festmachen.
- Es folgt die Auseinandersetzung mit der Frage, wie sich der Energiebedarf der Welt in den nächsten Jahrzehnten bei einem erwarteten Anstieg der Weltbevölkerung auf 8 bis 10 Milliarden Menschen entwickeln wird.
  Kritisch setzte sich Bölkow mit der Debatte um den künftig zu erwartenden Energieverbrauch in der Bundesrepublik auseinander und bezog eine eindeutige Position. Es war für ihn schon damals klar, dass das bisherige Wachstum des Energieverbrauchs in Deutschland gestoppt werden kann durch eine intelligentere und effizientere Nutzung von Energie.
- Als nächstes wandte er sich der Frage zu, wie angesichts der Schadstoffbelastung durch das Verbrennen fossiler Energierohstoffe und angesichts der langfristigen Begrenztheit der fossilen Vorräte eine Bedarfsdeckung vorstellbar sein könnte. Die Diskussion um die Kernkraft war in vollem Gange, insbesondere auch um den Schnellen Brüter und um den Hochtemperaturreaktor. Er sah die Zukunft der Kernkraft verbunden mit dem Gelingen des Schnellen Brüters. Aber gerade bezüglich der Sicherheitsfragen des Brüters war er äußerst skeptisch.
- Insgesamt war seine Haltung zur Kernenergie in Deutschland eher abwartend und unentschieden, soweit es den damaligen Anteil der Kernkraft an der Energieversorgung betraf. Aber eine Ausweitung der Kernkraft als Ersatz der fossilen Energieträger konnte er nicht als eine Option für die langfristige Sicherung der Energieversorgung der Erde sehen.
- Dann beschäftigte er sich ausführlich mit der Option einer solaren Versorgung der Welt. Insbesondere auch mit der Vision einer Energiewirtschaft mit solarem Wasserstoff, produziert im Sonnengürtel der Erde, als einem wesentlichen Baustein. In einer umfassenden Nutzung der Sonnenenergie sah er die aussichtsreichste Option, weil sie überall auf

der Welt zu realisieren ist, weil sie die wenigsten Gefahren aufweist und weil sie am verträglichsten für Natur und Gesellschaft ist.
- Schließlich plädierte Bölkow eindringlich dafür, den notwendigen langfristigen Umbau unserer Energieversorgung als große und langfristige gesellschaftliche Aufgabe zu begreifen und dafür die politischen Weichen heute zu stellen.

In dieser Gesamtschau waren die Thesen des „Blauen Buchs" sehr progressiv für die damalige Zeit und was noch wichtiger und bemerkenswerter ist: Sie haben die zwei Jahrzehnte ganz gut überstanden – in wesentlichen Grundzügen sind die Einschätzungen und Auffassungen gleich geblieben.

Bölkows Name ist insbesondere wohl wegen der Thesen des „Blauen Buches" lange gleichgesetzt worden mit dem Szenario einer großtechnischen Erzeugung von Strom und Wasserstoff sowie dem Transport über große Entfernungen. An dieser Stelle soll auf ein tiefliegendes und bis heute selten erkanntes Missverständnis zwischen Bölkow und seinem Publikum hingewiesen werden:
Bölkow wollte mit diesem Bild die grundsätzliche Machbarkeit einer solaren Energieversorgung der Welt nachweisen – er wollte Vertrauen schaffen dafür, dass sich die Gesellschaft auf einen solchen Weg einlässt. Wobei die sich dann ergebende tatsächliche Vielfalt der sinnvollen Lösungen keineswegs ausgeschlossen werden sollte.

Bölkow wollte mit seinen Ausführungen zeigen, dass der technologische Schritt von der heutigen Technologie, aber insbesondere von der heutigen Infrastruktur zu einem dauerhaften Energiesystem eher klein ist, dass die Umsetzung aber trotzdem zeitaufwändig und daher dringlich ist.
Er hat allerdings nicht damit gerechnet, dass die meisten Menschen die Strukturen unseres gegenwärtigen Energieversorgungssystems nicht kennen und deswegen erschrocken waren von den Dimensionen des von ihm gezeichneten Bildes. Wahrscheinlich ist Bölkow nie auf die Idee gekommen, dass jemand vielleicht nicht weiß, wie unsere Welt technisch funktioniert.

Projektlinien

Es folgt nun eine kurze Schilderung von wichtigen Projektlinien. In der zweiten Hälfte der 80er Jahre lag ein Schwerpunkt der Arbeiten auf dem Gebiet des Verkehrs. Themen waren Fragen des Alpentransits, Fragen des kombinierten Verkehrs und die Vision des leisen Zuges. Ziel war dabei die Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene. Die Unterstützung der Bundesbahn in einem großangelegten Forschungsprojekt „Strategieprogramm Kombinierter Verkehr" bildete einen Schwerpunkt in dieser Zeit.

Daraus ergab sich Anfang der 90er Jahre dann auch eine Mitwirkung an einer großen Systemstudie „Güterverkehr 2000" zum kombinierten Verkehr im Daimler-Konzern. Dann gab es kleine Beiträge zu den Arbeiten der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages „Bedingungen und Folgen von Aufbaustrategien für eine solare Wasserstoffwirtschaft" mit Aufbauszenarien zur Photovoltaik und zum Wind.

Ein weiterer Beitrag war eine Analyse der Methanemissionen aus der Energiewirtschaft. Bei Messungen der LBST in Sibirien wurde festgestellt, dass die Methanemissionen aus der Erdgasproduktion in Russland nicht über denen in westlichen Fördergebieten liegen.

Die LBST hat in umfangreichen Untersuchungen die grundsätzliche Machbarkeit des Transports von Wasserstoff über große Entfernungen in Pipelines bestätigt. Dadurch angeregt wurde in einer Studie gemeinsam mit den Stadtwerken München untersucht, inwieweit auch die Verteilung von Wasserstoff im Erdgas-Ortsnetz möglich ist. Es wurde festgestellt, dass bis zu Zumischraten von ca. 15 Prozent nur geringe technische Änderungen im Münchner Netz erforderlich sind. Diese Arbeiten bildeten den Grundstein für eine weitere Untersuchung der LBST zum Einsatz von Brennstoffzellen in der Hausenergieversorgung, die von den Berliner Stom- und Gasversorgern und dem Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag in Auftrag gegeben wurde. Für den Einsatz von erdgasbetriebenen Brennstoffzellen in einem liberalisierten Energiemarkt mit dezentralen Versorgungsstrukturen konnte ein großes Marktpotenzial abgeleitet werden.

Photovoltaik war ein weiteres Thema, mit dem sich die Systemtechnik seit Ende der 80er Jahre beschäftigte. Die Photovoltaik übte eine große Faszination aus – die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Strom. Die ersten Anwendungen erfolgten in der Raumfahrt, und diese Technologie sollte nun auch sozusagen auf die Erde geholt werden. Ist eine breite terrestrische Anwendung denkbar? Wie kann diese so attraktive, aber damals unerschwinglich teure Technologie wirtschaftlich gemacht werden? Die Grundidee war, Fertigungsprozesse in industrieller Größenordnung zu realisieren – oder salopp ausgedrückt „die Photovoltaik aus dem Labor und aus der Garage zu holen und in die Fabrik zu bringen".

In einer vom BMFT geförderten Studie wurde eine Fabrik konzipiert, deren Größe und Fertigungsverfahren es ermöglichen sollten, die Kosten der Herstellung von PV-Modulen um einen Faktor 5 bis 10 zu reduzieren. Ihre offizielle Veröffentlichung ist aber nie erfolgt, weil einige Firmen gegen die Veröffentlichung im Ministerium interveniert haben. Die Aussage der Studie, dass man Photovoltaik entscheidend billiger machen kann, wenn man nur entsprechend investiert, war nicht opportun. Die herrschende Lehre damals war, dass man erst noch viel forschen müsse bevor man an eine Markteinführung denken könne. Trotzdem hat die Studie in Fachkreisen Anerkennung gefunden. Sie hat wegen ihrer transparenten Methodik Maßstäbe gesetzt. Und so hat diese Studie, insbesondere auch durch einen ausführlichen Bericht im „Bild der Wissenschaft", eine große Wirkung entfaltet.

Ein halbes Jahrzehnt später gab es eine Aktualisierung im Auftrag von Greenpeace unter dem Titel „Solarfabrik 2000". Nach dem damals drohenden Rückzug der Photovoltaikhersteller aus Deutschland sorgte eine Kampagne von Greenpeace, die sich auf diese Studie stützte, für neuen Wind in der Solarszene. Inzwischen ist die Photovoltaik nach Deutschland zurückgekehrt, und dank breiter Markteinführungsprogramme in Deutschland und in Japan erleben wir jetzt die Phase der Industrialisierung.

Ein wichtiges Projekt der Stiftung ist auch SOLUX, eine Solarleuchte für Entwicklungsländer zum Ersatz der Petroleumlampe. Inzwischen sind 20 000 Leuchten und Module in Werkstätten in Entwicklungsländern montiert worden.

Wie kann der Weg zu einer zunehmend regenerativen Energieversorgung gangbar gemacht werden? Dazu gab es Ende der 80er und Anfang der 90er Jahre einige Projekte, an denen die LBST beteiligt war. Ich will hier nur einige davon nennen:

• „Block 103". In diesem Projekt in Berlin-Kreuzberg wurde die Kombination von Photovoltaik mit einem Blockheizkraftwerk und einer Heizanlage erprobt.

• Das Photovoltaik „Megawatt Projekt Berlin". Eine Aufgabe dieses Pionierprojektes war es, das Photovoltaik-Potenzial in einer städtischen Dachlandschaft zu untersuchen und zu quantifizieren.

• Photovoltaik- und Wasserstoffprojekt in den Landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf. Dort wurden verschiedene Pilotanlagen aufgebaut.

• Von großer Bedeutung für die weitere Entwicklung unserer Arbeit war dann das europäisch-kanadische Wasserstoffprojekt EQHHPP (Euro-Québec Hydro-Hydrogen Pilot Project).

Mitte der 80er Jahre hat sich Dr. Joachim Gretz vom Forschungszentrum der Europäischen Kommission in ISPRA mit der Idee eines internationalen Wasserstoffprojektes an die Öffentlichkeit gewandt und das Projekt initiiert. Im Rahmen eines wissenschaftlichen Kooperationsabkommen zwischen der Europäischen Kommission und der kanadischen Regierung wurde ein Hydro-Wasserstoff-Projekt in großem industriellen Maßstab untersucht.

Eine Durchführbarkeitsuntersuchung wurde koordiniert von der Ludwig-Bölkow-Stiftung und dem Stromversorger Hydro Quebec. Obwohl das analysierte Projekt zur Erzeugung von Wasserstoff aus Wasserkraftelektrizität, nicht im geplanten Umfang realisiert wurde, hat man sich auf die Entwicklung und Realisierung unterschiedlichster Anwendungstechniken im Bereich Stadtbusse, stationäre Brennstoffzelle, Flugzeugtriebwerke und Wasserstoffspeicherung und –transport geeinigt und diese in den 90er Jahren in Demonstrationsvorhaben in Europa und Quebec umgesetzt.

Unter dem Dach dieses Projektes waren 80 Firmen und Forschungsinstitute aus 7 europäischen Ländern und Kanada tätig. Das Projekt hat weltweit Aufsehen erregt und war praktisch Vorbild für das japanische WE-NET. Insbesondere dieses Projekt war die Basis für viele und dauerhafte inter-

nationale Kontakte der LBST und auch für Folgeprojekte. Das EQHHPP hat den Wasserstoff erst wieder auf die europäische Agenda gebracht, mit einer Wirkung, die bis heute anhält.

Seit Anfang der 90er Jahre hat sich die LBST verstärkt mit Fragen alternativer Antriebskonzepte und alternativer Kraftstoffe befasst. Das Ergebnis einer ersten systematischen Studie in den Jahren 1993-1996 in Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie war, dass Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieben in Verbindung mit aus erneuerbaren Energiequellen hergestelltem Wasserstoff die größten Potenziale für eine Reduzierung der lokalen und globalen Emissionen bieten und daher eine aussichtsreiche Option darstellen, den Straßenverkehr umweltverträglicher zu machen. Dieses Ergebnis ist damals weder im Forschungsminsterium noch bei der Automobilindustrie auf große Begeisterung gestoßen. Man war der Meinung, dass sowohl die Brennstoffzellenantriebe im Verkehr als auch erneuerbare Kraftstoffe allenfalls eine Vision für eine sehr ferne Zukunft darstellen.

Trotzdem war diese Studie letztlich ausschlaggebend dafür, dass die LBST wenige Jahre später (1998) in die Initiative wichtiger Firmen der deutschen Automobilindustrie und aus der Energieversorgung mit einbezogen wurde. In der „Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie" versucht die Industrie, langfristig aussichtsreiche Kraftstoffpfade zu identifizieren, die die Emissionen des Verkehrs nachhaltig reduzieren können.

Auf die Arbeiten für die „Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie" folgte ein Auftrag von General Motors für eine große europäische Well-to-Wheel Studie, die diesen Sommer fertig wird.

Eine weitere Fortsetzung dieser Arbeiten wird es auf europäischer Ebene geben. Die Ergebnisse dieser Studie werden mit eine Grundlage sein für die Formulierung einer langfristigen Kraftstoffstrategie der Europäischen Union. Auch die Entwicklung des ersten bayerischen Brennstoffzellenbusses von den Firmen MAN, LINDE und Siemens ist von der LBST mit initiiert worden. Dieses Vorhaben ist vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie gefördert worden. Staatsminister Wiesheu hat sich persönlich für dieses Projekt eingesetzt, nachdem man in Bonn der Meinung war, dass Brennstoffzellen und Wasserstoff im Verkehr nicht aussichtsreich seien.

Für uns ist in dieser Abfolge der Projekte eine große Linie zu erkennen: Es hat sich mehr und mehr bestätigt, dass ein Übergang im Verkehr zu anderen Antriebssystemen in Verbindung mit einer Einführung von erneuerbar produzierten Kraftstoffen notwendig ist. Zunehmend geht es nicht mehr um das „ob", sondern nur noch um das „wie" und natürlich auch um das „wann".

Es gibt noch vieles, von dem heute aus Zeitgründen nicht die Rede sein kann:

- die Aktivitäten unserer Niederlassung in Dresden,
- unsere Auftritte im Internet zu Wasserstoff, zu Brennstoffzellen, zur Verfügbarkeit von Öl und Gas,
- unsere Rolle als Koordinatoren in wichtigen EU-Projekten auf dem Gebiet des Wasserstoffs und vieles mehr.

Nun noch zum Thema der künftigen Verfügbarkeit von Öl und Gas. Bölkow hat instinktiv allen Äußerungen misstraut, die da lauteten, dass für die nächsten Jahrzehnte mit einer Verknappung bei Öl und Gas nicht zu rechnen sei. Daher ist von ihm die intensive Beschäftigung mit der Endlichkeit fossiler Energien immer wieder angestoßen worden. Als Ergebnis vieler Recherchen und auf Grund der Kontakte vor allem auch mit Geologen hat sich unsere Sichtweise in den letzten Jahren grundlegend geändert. In aller Kürze lassen sich unsere Einschätzungen wie folgt zusammenfassen. Im Gegensatz zu der üblichen Frage „Wieviele Jahre reichen die bekannten Ölreserven beim gegenwärtigen Produktionsniveau?" lautet die relevantere Frage „Bis zu welchem Niveau läßt sich die Weltölförderung ausweiten und wann werden wir das irgendwann unvermeidliche Maximum erleben?". Die Frage nach dem „letzten Tropfen Öl" verstellt den Blick auf die schon in naher Zukunft zu erwartenden Verknappungen.

Wir sind der Meinung, dass die Welt sich in naher Zukunft dem Produktionsmaximum von Erdöl nähern wird. Dies wird einen Strukturbruch darstellen. Zum ersten Mal wird dann die Endlichkeit von Erdöl auch auf den Märkten spürbar werden, was zu einer Neuorientierung des „energiepolitischen Kompasses" der Welt führen wird. Dies ist ein Schock für unser Weltbild, das dadurch geprägt ist, dass wir zwar im Prinzip die Endlichkeit fossiler Energien akzeptieren, aber trotzdem meinen, dass dies mit unserem eigenen Leben praktisch nichts zu tun hat.

Inzwischen haben wir den von den meisten Beobachtern unerwarteten und, wie es aussieht, bleibenden Anstieg der Ölpreise im Jahr 2000 um fast den Faktor 3 erlebt. Und wie wir seit kurzem wissen, ist die Weltölproduktion im Jahre 2001 gegenüber 2000 erstmals seit vielen Jahren zurückgegangen, und es sieht so aus, als würde die Produktion auch in diesem Jahr stagnieren.

Damit erleben wir gerade ein dreijähriges Plateau der Ölförderung – im Gegensatz zu allen offiziellen Prognosen – und seit 20 Jahren den größten Einbruch. Ob dieses Plateau bildlich gesprochen ein „Basislager" darstellt, von dem aus dann der weitere Anstieg zum Gipfel erfolgt, oder ob wir vielleicht sogar den Gipfel schon erreicht haben – wir wissen es nicht, und die Informationen, um das heute schon entscheiden zu können, sind nicht verfügbar. Erst im Rückblick in einigen Jahren werden wir besser verstehen, in welcher Situation wir uns gerade befinden. Auch wenn noch ein weiterer Anstieg möglich sein sollte, so wird er offensichtlich schon zunehmend beschwerlicher.

Anstöße

Ludwig Bölkow, die Stiftung und die Systemtechnik haben im Laufe der Jahre auch Anstöße gegeben für neue Projekte und auch die Entstehung neuer Institutionen unterstützt, die sich eine nachhaltige Energiewirtschaft zum Ziel setzen.

Das Projekt Neunburg vorm Wald der Solar-Wasserstoff-Bayern GmbH geht wesentlich auf eine Initiative von Bölkow zurück. Bölkow hatte seine Energievisionen natürlich auch Ministerpräsident Strauß vorgetragen und dafür geworben, die technischen Vorraussetzungen für die Umsetzungen dieser Visionen zu schaffen.

Dies ist bei Franz Josef Strauß auf fruchtbaren Boden gefallen. Strauß hat dafür gesorgt, dass sich das Bayernwerk beteiligt. Vorüberlegungen für das spätere Projekt wurden bei der EAT angestellt, und das Bayernwerk hat einen geeigneten Standort in Neunburg vorm Wald gefunden.

Ende 1986 wurde dann für dieses Projekt die Solar-Wasserstoff-Bayern GmbH (SWB) gegründet, von den Firmen Bayernwerk, BMW, Linde, MBB und Siemens als Gesellschafter. Bölkow war während der gesamten Lebensdauer der SWB stellvertretender Aufsichtsratsvorsitzender.

1995 auf dem Klimagipfel in Berlin gehörten Ludwig Bölkow und die Systemtechnik zu den Gründungsmitgliedern von e^5, dem European Business Council for a Sustainable Energy Future. e^5 hat in den vergangenen Jahren insbesondere auf den Klimakonferenzen vor und nach Kyoto als Business NGO eine wichtige Rolle gespielt.

Im Jahre 1996 haben Ludwig Bölkow und die LBST als Gründungsmitglieder den Deutschen Wasserstoff-Verband mit begründet. Ludwig Bölkow und die LBST haben eine wichtige Rolle gespielt, um die Gründung einer Energieagentur in München anzustoßen. Wesentlich dabei war auch die Unterstützung durch die Niedersächsische Energieagentur. Im Jahre 1995 hat das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie eine Initiative ergriffen, die Wasserstoffaktivitäten in Bayern zu bündeln. Einige der dafür eingerichteten Arbeitskreise wurden von der LBST koordiniert. Aus diesen Arbeiten ist dann die Koordinationsstelle der Wasserstoffinitiative Bayern (WIBA) hervorgegangen.

Das Profil der Stiftung / Systemtechnik

Wodurch hat Bölkow gewirkt und eine Stimme in der energiepolitischen Debatte in Deutschland bekommen? Nicht nur durch die Thesen, die er vertreten hat, sondern insbesondere auch durch seine Person. Dadurch, dass Dr. Bölkow dieses Thema aufgegriffen hat, dass er als erfolgreicher und anerkannter Unternehmer sich mit derartigen Themen und Thesen identifiziert hat, hat er eine große Wirkung entfaltet. Gleichzeitig hat er genau deswegen auch für Teile des Establishments ein Ärgernis dargestellt, weil man gezwungen war, sich mit seinen Argumenten auseinanderzusetzen.

Er hat damit wesentlich mit dazu beigetragen, bestimmte Sichtweisen „salonfähig" zu machen, und es ist ihm gelungen, breite Kreise mit diesen Ideen anzusprechen – auch im buchstäblichen Sinne: Durch die vielen Vorträge, die er dazu noch bis vor wenigen Jahren gehalten hat.

Die besondere Note im Profil der Stiftung und der Systemtechnik ist zweifellos die durch Bölkow geprägte Technologieorientierung. Aber im Unterschied zu den rein technisch orientierten Instituten an den Hochschulen und anderswo haben wir stärker die wirtschaftliche, gesellschaft-

liche und politische Einbindung der Probleme mitgedacht und mitbearbeitet.

Bölkow hat immer offen seine Meinung gesagt. Er hat seine Ideen entwickelt, ohne sich davon leiten zu lassen, ob das Ergebnis gefällt oder nicht. Es ist auch klar, dass diese Unabhängigkeit ihren Preis hatte und die geschäftlichen Interessen oft zurückstehen mussten. Bölkow hat sich seine Unabhängigkeit etwas kosten lassen. Eine der großen Stärken von Dr. Bölkow war und ist seine Fähigkeit, andere Menschen für seine Ideen zu begeistern. Dies ist auch der Grund für die besondere Kontinuität der Mitarbeiter. Dieser Stab von erfahrenen und engagierten Mitarbeitern und ihre starke internationale Vernetzung bildet eine wichtige Basis für unsere Arbeit.

Schlussbemerkungen

Der Titel des „Blauen Buches" vor 20 Jahren lautete „Entscheidungen für eine langfristige Energiepolitik". Viele sehr unterschiedliche Wege in die Zukunft sind möglich und eine Auswahl kann nur politisch erfolgen: Was wollen wir, wofür gibt es gesellschaftliche Zustimmung und Mehrheiten? Der gerade eben von der Enquête-Kommission des Deutschen Bundestages „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung" vorgelegte Bericht zeigt, wie heftig umstritten diese Fragen nach wie vor sind und dass wir noch weit von einem Konsens entfernt sind. Das Thema hat seine Aktualität in 20 Jahren nicht verloren, es ist im Gegenteil drängender denn je.

Ein Szenario des Berichts dieser Kommission befasst sich mit den Möglichkeiten einer solaren Vollversorgung Deutschlands bis zum Jahre 2050 und weist seine grundsätzliche Machbarkeit nach. Das zeigt, dass Gedanken, die vor 20 Jahren als Vision gegolten haben (sprich als komplett unrealistisch), dabei sind, an Respektabilität zu gewinnen.

Zum Schluss noch eine persönliche Bemerkung. Alle Mitarbeiter, die das Glück hatten, mit Dr. Bölkow im Verlauf der letzten 20 Jahre zusammenzuarbeiten, haben ein außerordentlich intensives und befriedigendes Arbeitsfeld erlebt, das wohl in dieser Form sehr selten, wenn nicht einmalig ist. Dafür möchten wir uns bei Ihnen, lieber Herr Dr. Bölkow, ganz herzlich bedanken.

Auszeichnungen und Ehrungen für Dr. Ludwig Bölkow:

1952 Ehrenring Verein Deutscher Ingenieure
1969 Bayerischer Verdienstorden
1969 Diesel-Medaille in Gold
1972 Verleihung des Ludwig-Prandtl-Rings der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR)
1972 Verleihung des Werner-von-Siemens-Rings
1972 Großes Verdienstkreuz des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland
1974 Verleihungsurkunde zum Dr.-Ing. E.h. der Technischen Hochschule Stuttgart
1978 Goldmedaille der Royal Aeronautical Society, London
1984 Verleihung des Goldenen Ehrenrings des Deutschen Museums
1984 Verleihung des Bayerischen Maximiliansordens für Wissenschaft und Kunst
1985 Verleihung der Grashof-Gedenkmünze des Vereins der Deutschen Ingenieure
1986 Verleihung der Goldenen Peutinger-Medaille für die Verdienste um die Einführung alternativer Energiequellen
1987 Großes Verdienstkreuz mit Stern des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland
1987 Verleihung der Ehrendoktorwürde durch die Universität der Bundeswehr, München/Neubiberg
1994 Verleihung der Guggenheim-Medaille in Washington
1994 Verleihung des Mentor-Preises der Mannheimer Versicherung
1998 Goldene Ehrenmünze der Stadt München
1999 Verleihung des Großen Verdienstkreuzes mit Stern und Schulterband des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland
2000 Verleihung der Ehrenbürgerschaft der Landeshauptstadt Schwerin

Collage, die nach Skizzen von Dr. Bernd Wiemann erstellt wurde. Wiemann, der ehemalige Geschäftsführer von mannesmann pilotentwicklungen (mpe) überreichte das Bild Ludwig Bölkow anlässlich seines 85. Geburtstages. (Foto: W. Zittel)

TEIL II

Grundlegende Arbeiten

Kapitel 4

Von der Vision zur Realität des Wasserstoffs

Die Verdienste von Ludwig Bölkow zur Etablierung von erneuerbaren Energien und Wasserstoff in Deutschland

Reinhold Wurster

Motivation hinsichtlich Wasserstoff

Bereits Ende der 1970er und zu Beginn der 1980er Jahre beschäftigte sich Bölkow mit der Frage, wie eine vollständig klimaneutrale Energieversorgung der Bundesrepublik Deutschland realisierbar wäre. Sehr schnell kam er als Ingenieur zu der Erkenntnis, dass dies nur mit entweder der Kernenergie oder der Solarenergie möglich wäre. Den Gedanken an die Kernenergie verwarf er bereits in den 1980er Jahren, weil er sie für nicht verantwortbar hielt. So sah er eine mögliche Lösung allein in der Solarenergie mit all ihren Ausprägungen – mit dem größten Potenzial für die Konversion der direkten Sonnenstrahlung in elektrischen Strom. Als Ingenieur war es Bölkow sehr schnell klar, dass die meisten erneuerbaren Energien, insbesondere diejenigen hohen Potenzials, also solare Einstrahlung und Windenergie, nicht kontinuierlich verfügbar waren. Deshalb würde es für Zeiten schwachen Angebots, sei es während eines Tages, einer Woche, eines Monats oder über die Jahreszeiten, einer Speicherung für den aus ihnen erzeugten elektrischen Strom bedürfen. Heute wie damals zeigt sich, dass es keine bezahlbaren und ausreichend ressourceneffizienten direkten Stromspeichermethoden für große Energiemengen über längere Zeiträume von mehr als zwei Tagen gab.

Es bedurfte also eines chemischen Speichermediums, das relativ leicht erzeugbar, sauber und überall einsetzbar war. Bölkows Wahl fiel bereits damals auf den Wasserstoff – lange bevor man an einen Brennstoffzelleneinsatz in Fahrzeugen dachte. Diese Entscheidung war vornehmlich davon bestimmt, einen Energieträger zu finden, der leicht und mit möglichst wenigen Wandlungsschritten in ein Stromsystem integrierbar war und der es außerdem ermöglichte, das Energiesystem klimaneutral zu gestalten. In der ersten Hälfte der 1990er Jahre eröffnete der brennstoffzellenelektrische Antrieb, mit dem Daimler damals zu experimentieren begann, dann noch die Möglichkeit einer sehr effizienten Nutzung des Wasserstoffs in der Mobilität auf der Straße. Bölkow war damals auch einer der ersten in Deutschland, die selbst ein Elektroauto erprobten (ein BMW mit NaS-Batterie).

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen und Entwicklungen waren es Ludwig Bölkow, die Ludwig-Bölkow-Stiftung und die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik, die im Laufe der Jahre auch Anstöße für neue Projekte gaben und die Entstehung neuer adäquater Institutionen unterstützten, die sich eine nachhaltige Energiewirtschaft zum Ziel setzen.

Chronologie der Projekte mit Wasserstoff-Kontext

Das Projekt der Solar-Wasserstoff-Bayern (SWB) in Neunburg vorm Wald geht wesentlich auf eine Initiative von Bölkow zurück. Bölkow hatte seine Energievisionen natürlich auch dem damaligen bayerischen Ministerpräsidenten Franz Josef Strauß vorgetragen und dafür geworben, die technischen Voraussetzungen für die Umsetzungen dieser Visionen zu schaffen. Dies ist bei Herrn Strauß auf fruchtbaren Boden gefallen. Er hat dafür gesorgt, dass sich das staatliche Bayernwerk beteiligte. Vorüberlegungen für das spätere Projekt wurden bei der LBST Anfang 1985 angestellt und im Sommer 1985 mit dem Bayernwerk in einer ersten konkreten Diskussion angegangen.

Im Mai 1986 geschah der schreckliche Atomunfall in Tschernobyl. Im Sommer 1986 präsentierte das Bayernwerk

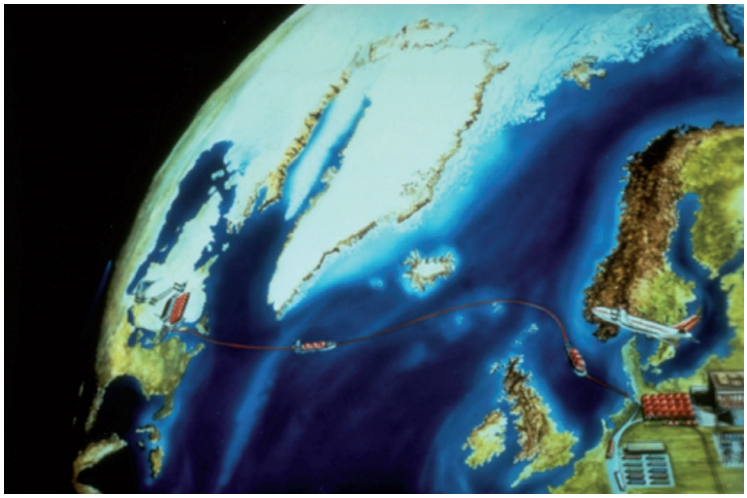
erstmals das Konzept des Solar-Wasserstoff-Projektes und erntete positive Verwunderung, so schnell mit einem neuen Ansatz auf Tschernobyl reagiert zu haben.

Luftaufnahme der Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald (Foto: Solar-Wasserstoff-Bayern GmbH)

Ebenfalls im Sommer 1986 hat das Bayernwerk gemeinsam mit der LBST mehrere Standorte im Raum Schwandorf untersucht und einen geeigneten Standort in Neunburg vorm Wald gefunden. Ende 1986 wurde dann für dieses Projekt die Solar-Wasserstoff-Bayern GmbH (SWB) mit den Firmen Bayernwerk, BMW, Linde, MBB und Siemens als Gesellschaftern gegründet. Bölkow war während der gesamten Lebensdauer der SWB stellvertretender Aufsichtsratsvorsitzender.

An der ebenfalls Ende 1986 begonnenen sogenannten Dechema-Studie beteiligte sich die Ludwig-Bölkow-Stiftung mit der Analyse des Gesamtsystems zu Erzeugung, Transport, Verteilung und Anwendung von Wasserstoff. Die technischen Detailuntersuchungen wurden von Anlagenbauern, Verfahrenstechnikern, Schiffsbauern, Flugzeug- und Fahrzeugherstellern durchgeführt. Die Studie untersuchte erstmals die Machbarkeit, die in Québec in Kanada existierenden (auch heute noch) nicht genutzten Wasserkraftpotenziale in den Schwachlastzeiten elektrolytisch in Wasserstoff umzuwandeln und zur Nutzung nach Europa zu transportieren. Die Dechema-Studie untersuchte folgende Transportvektoren: Flüssigwasserstoff (per Schiff und per Flugzeug) sowie Methylzyklohexan/Toluol und Ammoniak für den Schiffstransport. Der Einsatz des angelieferten Wasserstoffs war in Fahrzeugen, Flugzeugen und in stationären Anwendungen angedacht. Die Studienergebnisse wurden 1987 veröffentlicht.

Bereits Mitte der 1980er Jahre hatte sich Dr. Joachim Gretz vom Forschungszentrum der Europäischen Kommission in ISPRA mit der Idee eines internationalen Wasserstoffprojektes an die Öffentlichkeit gewandt. Nach der auch von ihm initiierten rein deutschen Dechema-Studie (im internationalen Sprachgebrauch als „Phase I" bezeichnet) wurde dann innerhalb eines wissenschaftlichen Kooperationsabkommens zwischen der Europäischen Kommission und der Regierung von Québec ab 1989 ein Hydro-Wasserstoff-Projekt in großem industriellen Maßstab im Rahmen des sogenannten EQHHPP (Euro-Québec Hydro-Hydrogen Pilot Project) in sehr viel detaillierterer Form untersucht. Die 1989-1990 laufende zweijährige Durchführbarkeitsuntersuchung wurde von der Ludwig-Bölkow-Stiftung und dem Stromversorger Hydro Québec koordiniert. Dieses europäisch-québeckische Wasserstoffprojekt war für die weitere Entwicklung der Arbeiten der LBST, aber auch für den Fortschritt des Wasserstoffs in ganz Europa und vielleicht sogar weltweit von großer Bedeutung.



Artist View des EQHHPP Projektkonzeptes, Wasserstoff in Kanada mit Wasserkraft zu erzeugen, zu verflüssigen, per Schiff nach Hamburg zu transportieren und dort verschiedenen Endanwendungen zuzuführen.
(Grafik: Ludwig-Bölkow-Stiftung)

Obwohl das analysierte Projekt zur Erzeugung von Wasserstoff aus Wasserkraft-Elektrizität später nicht im geplanten Umfang realisiert wurde, hat man sich zwischen 1991 und 1999 auf die Entwicklung und Realisierung unterschiedlichster Anwendungstechniken im Bereich Stadtbusse, stationäre Brennstoffzelle, Flugzeugtriebwerke und Wasserstoffspeicherung und –transport geeinigt und diese in ver-

schiedenen Demonstrationsvorhaben in Europa und Québec umgesetzt. Unter dem Dach dieses Projektes waren über fast ein Jahrzehnt 80 Firmen und Forschungsinstitute aus 7 europäischen Ländern und Québec tätig. Das Projekt hat weltweit Aufsehen erregt und war Vorbild für das japanische WE-NET, wie die damaligen Besuche japanischer Delegationen bei der Stiftung in Ottobrunn bezeugen.
Im Rahmen des EQHHPP wurden über etwa eine Dekade rund 45 Mio € Industrie- und EU-Fördermittel eingesetzt. Das EQHHPP wurde in den folgend beschriebenen Phasen und Zeiträumen durchgeführt:

- **Phase II Feasibility Study 1989-1991**
  Untersuchung der Eignung der 140 MW Überschusselektrizität in Québec aus bestehenden Wasserkraftwerken zur elektrolytischen Wasserstofferzeugung, Transport nach Europa und Nutzung in geeigneten Endanwendungen. Diese Machbarkeitsuntersuchung war auf 15 Prozent Kostengenauigkeit ausgelegt. Die über 1 000 Seiten umfassende Studie ist bei der Ludwig-Bölkow-Stiftung verfügbar.

  Zwischen 1990 und 1992 wurde eine forschungsorientierte Ergänzung durchgeführt. Zwischen 1990 und 1992 wurden innerhalb der Phase III.0-1 zusätzliche konkrete wissenschaftliche und technische Fragestellungen untersucht. Dies beinhaltete z. B. die Frage nach der Klimarelevanz von wasserstoffbetriebenen Flugzeugen und einer Kosten/Nutzen-Analyse der Umstellung des öffentlichen Verkehrs und des Flugverkehrs der Städte Los Angeles, London und München auf Wasserstoff im Vergleich zu anderen Alternativen. Erstmals wurden Genehmigungsfragen zur Anlandung von flüssigem Wasserstoff im Hamburger Hafen erörtert. Dies war die erste Studie weltweit, die sich dieser Fragestellung widmete.

- **Phase II Supplementary Task Activity 1990-1992**

Konkrete Teilprojekte waren die folgenden Pilotvorhaben, die den Grundstock für spätere industrielle Aktivitäten legten:

- o Systemuntersuchung und Betrieb eines Brennstoffzellenbusses in Mailand (Ansaldo Ricerche);
- o Massenspektroskopische Analyse der NOx-Emissionen aus der Wasserstoffverbrennung in Ottomotoren (BMW AG);
- o NO-Emissionsreduktion in sauerstoffreichem Abgas (Daimler-Benz AG);
- o Betriebstechnische, wirtschaftliche und umweltrelevante Analysen zum Betrieb eines Wasserstoffflugzeuges (Deutsche Airbus GmbH);
- o Untersuchungen zur Langzeitstabilität von Brennstoffzellen und Gasdiffusionselektroden (Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt, DLR);
- o Systemanalyse von Wasserstoff als Energievektor (Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, ISI);
- o Druck- und Temperaturentwicklung in Flüssigwasserstofftanks (Germanischer Lloyd);
- o Sicherheitsanalyse von Systemkomponenten im konkreten Einsatzgebiet in Hamburg (Germanischer Lloyd);
- o Ergänzende Untersuchungen für alternativen Wasserstofftransport in Methylzyklohexan gebunden (Holinger GmbH);
- o Mit Wasserstoff betriebener Bus mit Ottomotor im öffentlichen Stadtverkehr von Brüssel (Hydrogen Systems N.V.);
- o EQHHPP Checkliste für sauberen öffentlichen Stadtverkehr durch Wasserstoffbusse (Industrial Consultants Ltd., ICIL);
- o Umfülleinrichtungen zur Betankung von Flüssigwasserstoff-LKWs aus Schiffscontainern (L'Air Liquide S.A., AL);
- o Ermittlung der Abdampfverluste in Flüssigwasserstofftanks, „Slush Hydrogen Speicherung", Speicherungsmöglichkeiten von unterkühltem flüssigem Wasserstoff sowie LH_2-Tankeinrichtung (Linde AG);
- o Untersuchung der Infrastrukturaufwendungen und Kostenrechnung von aus norwegischer Wasserkraft einer stillgelegten Stickstoffproduktionsanlage erzeugtem und nach Deutschland exportiertem Wasserstoff (Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH);
- o Spezialventile zum Einbau in Wasserstofffahrzeugen (MesserGriesheim GmbH);
- o Superisolierte Transportcontainer für flüssigen Wasserstoff (Messerschmitt-Bölkow-Blohm, DASA-MBB);
- o Analyse der MCH-Aromatisierung und Reformierung unter Nichtgleichgewichtsbedingungen (Metkon S.A.);
- o Verbesserungspotenziale und Analyse der Dehydrogenisierungseffizienz durch optimierte Katalysatormaterialien und Reaktionschemie (Paul Scherrer Institut, PSI);

- o Material- und Komponentensicherheitsanalysen des EQHHPP und Erstellung eines Expertensystems zur Evaluierung eines LH_2 Speichersystems bezüglich der Materialzähigkeit und des „Leak before break"-Verhaltens. (Staatliche Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart, MPA);
- o Untersuchung möglicher mit MCH betriebener Kleinanwendungen (UWA Umweltanalytik GmbH);
- o Untersuchung zur Koppelproduktion von Strom, Wärme und Trinkwasser aus mit Wasserstoff betriebener Gasturbine, Brennstoffzelle und Entsalzungsanlage (Union Electrica Fenosa S.A.);
- o Simulation und Experimente einer mit Sauerstoff oder Luft betriebenen Brennstoffzelle mit Phosphorsäure (DLR);
- o Berichterstellung der im ergänzenden Arbeitspaket zusammengefassten Projekte (Continental Contractors GmbH, CONOC).

- **EQHPV Euro-Québec Hydrogen Project Venture 1992-1993**

Parallel zur ingenieursmäßigen Planung der Projekte wurde 1991/1992 eine Finanzierungsplanung für die Umsetzung des Gesamtprojektes durchgeführt. Das erforderliche Investitionsvolumen von ca. 1 Mrd. US$ konnte nicht über eine gemeinsame Finanzierung durch die beteiligten Firmen, nationale Regierungen und die Europäische Kommission aufgebracht werden. Deshalb wurde auf Empfehlung der Europäischen Kommission der Fokus auf die Entwicklung, Realisierung, Erprobung und Demonstration von Schlüsseltechnologien der Wasserstoffanwendung gelegt. Die Demonstrationsphasen III.0-2 von 1992-1995, III.0-3 von 1993-1999 und III.0-4 von 1994 – 1998 erbrachten vielfältige Erfahrungen und technologische Erkenntnisse, die als Grundlage für fast alle nachfolgenden Projekte dienten. Die Inhalte dieser Projekte werden im Folgenden kurz zusammengefasst.

- **Phase III.0-1 Pre-Approval Activities 1991**
  - o Umweltverträglichkeitsstudie (Holinger GmbH);
  - o Sicherheitsanalyse des Transportes von flüssigem Wasserstoff innerhalb von Hamburg (Germanischer Lloyd);
  - o Übertragung und Integration der Ergebnisse einer Risikoanalyse in den Gesamtkontext (CONOC GmbH);
  - o Übertragung und Anwendbarkeit von Flüssigerdgasregelwerken auf Flüssigwasserstoff (Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung, BAM);
  - o Detailplanung der Hafenanlagen für die Wasserstoffanlandung, Speicherung und Umladung (Holinger GmbH);
  - o Anpassung und Testbetrieb eines stationären Dieselmotors auf H_2/CH_4-Gasmischungen von 0-100% Wasserstoffanteil inklusive einer Emissionsanalyse (Technische Universität Hamburg-Harburg, TUHH);
  - o Untersuchung der Umweltauswirkungen und –schäden über den Lebenszyklus der Anlagen zur Wasserstofferzeugung aus kanadischer Wasserkraft, des Transportes nach Europa und der Endanwendungen in Deutschland (Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, LBST).

- **Phase III.0-2 Hydrogen Demonstration 1992-1995**
  - o Demonstration eines Stadtbusses mit flüssigwasserstoffbetriebenem Verbrennungsmotor in Erlangen und München (MAN);
  - o Demonstration eines Stadtbusses mit flüssigwasserstoffbetriebenem Verbrennungsmotor in Belgien (Hydrogen Systems);
  - o Erprobung und Betrieb eines mit Flüssigwasserstoff betriebenen Brennstoffzellenbusses in Italien (Ansaldo);
  - o Betrieb eines mit einem Methan/Wasserstoffgemisch betriebenen Busses in Montreal;
  - o Die Deutsche Airbus GmbH ermittelte im Rahmen der Arbeiten NO_x-Reduktionspotenziale für optimierte wasserstoffbetriebene Brennkammern und Richtlinien für die spätere Entwicklung realer wasserstoffbetriebener Triebwerke. Diese Untersuchungen erbrachten, dass mit entsprechend ausgelegter Brennkammer die NOx-Emissionen um den Faktor 20 gegenüber konventionell mit Kerosin betriebenen Brennkammern reduziert werden können;
  - o Die LBST ermittelte gemeinsam mit europäischen und québeckischen Partnern in einer sozioökonomischen Studie die Emissionen und die Umweltschadenskosten (sozialen Kosten) bzw. Einsparungen am Beispiel der Städte London, Los Angeles und München in einer vergleichenden

Analyse von konventionellen Kraftstoffen, optimierter künftiger Nutzung konventioneller Kraftstoffe, Erdgas und Wasserstoff.

- **Phase III.0-3 Hydrogen Demonstration 1993 – 1999**
  - o Fortführung der drei europäischen Busprojekte in Italien, Belgien und Deutschland (Erlangen/München);
  - o Fortführung des Luftfahrtprojektes (Daimler-Benz Aerospace Airbus GmbH);
  - o Sicherheits- und Genehmigungsanalysen zur Speicherung und Handhabung von Wasserstoff (Germanischer Lloyd);
  - o Bau und Betrieb eines mit Wasserstoffbrennstoffzelle betriebenen Schiffes auf dem Lago Maggiore (Ansaldo);
  - o Betrieb einer 200-kW-Brennstoffzelle mit Strom- und Wärmeerzeugung zur Versorgung eines Wohngebäudes in Hamburg (Consulectra GmbH);
  - o Kraft-Wärmekopplungsprojekt mit H_2-Verbrennungsmotor in Belgien (Hydrogen Systems NV).

- **Phase III.0-4 Hydrogen Demonstration 1994-1998**
  - o Harmonisierung und Standardisierung von Wasserstoffspeicherung und Transport (CONOC/LBST);
  - o Entwicklung und Test von Flüssigwasserstofffahrzeugtanks aus Verbundmaterialien (MesserGriesheim, FRE Composites, BMW);
  - o Klassifizierung, Zertifizierung, Test und Analyse der Infrastrukturaufwendungen eines Flüssigwasserstoffspeichers in einem Container mit üblichen Maßen zum Transport auf Containerschiffen (Germanischer Lloyd/BAM/Holinger);
  - o Untersuchungen zur Zertifizierung zylindrischer Speicher für Transport und Speicherung von flüssigem Wasserstoff (Germanischer Lloyd/BAM);
  - o Untersuchung von Wind-Wasserstoffsystemen zur lokalen Energieversorgung im ländlichen Raum (LBST/CONOC);
  - o Studie zur Evaluierung des EQHHPP Projektes und Vorschläge für weiterführende Forschungsaktivitäten (LBST/CONOC).

Insbesondere dieses Projekt war die Basis für viele und dauerhafte internationale Kontakte der LBST und für Folgeprojekte. Das EQHHPP hat den Wasserstoff erst wieder auf die europäische Agenda gebracht, mit einer Wirkung, die bis heute anhält.

Im Jahre 1995 hat das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie eine Initiative ergriffen, die Wasserstoffaktivitäten in Bayern zu bündeln und mit Privatisierungserlösen Forschungs- und Demonstrationsaktivitäten zu fördern. Einige der dafür eingerichteten vorbereitenden Arbeitskreise wurden von der LBST koordiniert. Aus diesen Arbeiten ist dann die Wasserstoffinitiative Bayern (WIBA) hervorgegangen.

Im Jahre 1996 haben Ludwig Bölkow und die LBST als Gründungsmitglieder den Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verband mitbegründen helfen. Die LBST ist bis heute Firmenmitglied im DWV.

Nachdem im EQHHPP der erste deutsche Wasserstoffbus mit Verbrennungsmotor von MAN entwickelt worden war, wurde dieser zwischen 1996 und 1998 mit Förderung des Bayerischen Umweltministeriums in Erlangen, München und Nürnberg fast 50 000 km erfolgreich betrieben. Mehrere Jahre hielt dieses Fahrzeug den Weltrekord für den am längsten betriebenen Wasserstoffbus.

Auch die Entwicklung des ersten bayerischen Brennstoffzellenbusses von den Firmen MAN, LINDE und Siemens wurde von der LBST mitinitiiert. Dieses Vorhaben ist vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie zwischen 1998 und 2000 gefördert worden (eines der ersten von der WIBA betreuten Projekte). Staatsminister Wiesheu hatte sich persönlich für dieses Projekt eingesetzt, nachdem man damals in der Bundeshauptstadt Bonn noch der Meinung war, dass Brennstoffzellen und Wasserstoff im Verkehr nicht aussichtsreich seien. Siemens lieferte die Brennstoffzellentechnik sowie den Elektroantrieb, Linde die Wasserstoffspeicher und die Gasversorgung und MAN integrierte den BZ-Bus zu einem Gesamtsystem. Der Bus hatte damals bereits einen sehr hohen Innovationsgrad, weil alle Nebenaggregate (z. B. Lenkung, Brems - luft) elektrisch umgesetzt wurden. Innerhalb eines halben Betriebsjahres absolvierte der Bus in Nürnberg und Erlangen rund 7 000 km erfolgreich im öffentlichen innerstädtischen Busbetrieb.

MAN-Brennstoffzellenbus im öffentlichen Einsatz in Erlangen im Jahr 2000 (Foto: R. Wurster)

Eine Fortsetzung des EQHHPP in seiner ursprünglich konzipierten Form war nach 1999 wegen geänderter Förderrahmenbedingungen nicht mehr möglich. Eine angedachte Erweiterung führte zum sogenannten EIHP (European Integrated Hydrogen Project) [www.eihp.org], in welchem zwischen 1998 und 2004 verschiedene sicherheitstechnische und zulassungsrechtliche Fragestellungen für den wasserstoffbetriebenen Straßenverkehr detailliert untersucht wurden. Schlussendlich haben diese Arbeiten die Grundlage für die heute existierende EU27-weit gültige Verordnung zur Typprüfung von Wasserstoffstraßenfahrzeugen nach EC 79/2009 i.V.m. EC 406/2010 gelegt.

Das aus dem EIHP heraus entwickelte EU-Projekt HyApproval [www.hyapproval.org] hat zwischen 2005 und 2007 erstmals europaweit mit globaler Einbettung (China, Japan, USA) die Genehmigungsfähigkeit von Wasserstofftankstellen untersucht und Vorschläge unterbreitet, wie man in Europa zu einem vereinheitlichten Verfahren für die Genehmigung kommen kann. Bis heute existiert ein solches Verfahren in vielen europäischen Ländern noch nicht einmal auf nationaler Ebene.

Eine erste europäische Roadmap für die Einführung von Wasserstoffstraßenfahrzeugen bis 2050 hat das ebenfalls von der LBST geleitete Projekt HyWays [www.HyWays.de] zwischen 2004 und 2007 erfolgreich untersucht und skizziert. Weitere EU-geförderte Projekte wie HyLights [www.hylights.org], Next-HyLights [www.nexthylights.eu], H2movesScandinavia [www.h2moves.eu] sowie HyLift-Demo [www.hylift-demo.eu] haben den Einsatz von Wasserstoff in Demonstrationsvorhaben in der 2. Hälfte des

Deckblatt der deutschsprachigen Kurzfassung des HyApproval-Handbuches (2007)

letzten Jahrzehnts schrittweise einer Realisierung näher gebracht und in diesem Jahrzehnt geholfen, dies zu beschleunigen.

Unter anderem auch durch die Wasserstoffvorhaben im Mobilitätssektor angeregt hat sich die LBST seit Anfang der 1990er Jahre verstärkt mit Fragen alternativer Antriebskonzepte und alternativer Kraftstoffe befasst. Das Ergebnis einer ersten systematischen Studie [NEA – Niedrigemissionsantriebe für städtische Nutzfahrzeuge] in den Jahren 1993-1996 in Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie war, dass Fahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieben in Verbindung mit aus erneuerbaren Energiequellen hergestelltem Wasserstoff die größten Potenziale für eine Reduzierung der lokalen und globalen Emissionen bieten und daher eine aussichtsreiche Option darstellen, den Straßenverkehr umweltverträglicher zu gestalten. Dieses Ergebnis ist damals weder im Forschungsministerium noch bei der Automobilindustrie auf große Begeisterung gestoßen. Man war der Meinung, dass sowohl die Brennstoffzellenantriebe im Verkehr als auch erneuerbare Kraftstoffe allenfalls eine Vision für eine sehr ferne Zukunft darstellen.

Trotzdem war diese Studie ausschlaggebend dafür, dass die LBST wenige Jahre später (1998) in die Initiative wichtiger Firmen der deutschen Automobilindustrie und aus der Energieversorgung miteinbezogen wurde. Die „Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie" (VES) war der erste gemeinsame Versuch der Industrie, langfristig aussichtsreiche Kraftstoffpfade zu identifizieren, die die Emissionen des Verkehrs nachhaltig reduzieren können. Die LBST hat im Rahmen der ersten Untersuchungen der VES als Transparenzdienstleister für die Evaluierung der unterschiedlichen Antriebs-Kraftstoff-Kombinationen für die Industrie gearbeitet.

Auf die Arbeiten für die „Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie" folgte ein Auftrag von General Motors für die große europäische General Motors Well-to-Wheel Studie in den Jahren 2001/2002 [http://www.lbst.de/ressources/-docs2002/TheReport_Euro-WTW_27092002.pdf], die das europäische Gegenstück zur US-Studie der Argonne National Laboratories für GM darstellte.

Eine weitere Fortsetzung dieser Arbeiten auf europäischer Ebene erfolgt bis heute in den Arbeiten der LBST für CONCAWE/EUCAR/JRC [http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/]. Die Ergebnisse dieser Studienarbeiten stellen eine Grundlage für die Formulierung einer langfristigen Kraftstoffstrategie der Europäischen Union dar. Konkret hat die LBST u. a. die Lebenszyklusbilanzen erstellt, die als sogenannte „typical values", also als Orientierungswerte, in die RED (Renewable Energy Directive = Erneuerbare Energien-Richtlinie) 2009/28/EG eingegangen sind.

Die letzte Ergänzung und Detaillierung solcher Arbeiten auf nationaler Ebene in Deutschland findet gegenwärtig (2012) im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung unter Teilnahme der LBST statt.

Für die LBST ist in dieser Abfolge der Projekte eine große Linie zu erkennen: Es hat sich mehr und mehr bestätigt, dass ein Übergang im Verkehr zu anderen Antriebssystemen in Verbindung mit einer Einführung von erneuerbar produzierten Kraftstoffen notwendig ist. Zunehmend geht es nicht mehr um das „ob", sondern nur noch um das „wie" und natürlich auch um das „wann". Die über rund zwei Jahrzehnte in der LBST erfolgte Weiterentwicklung des Wasserstoffs zusammen mit Industriepartnern zu einem neuen Energieträger, -speicher und Fahrzeugkraftstoff hat sicherlich dazu beigetragen, dass dieser Ansatz über alle Aufs und Abs in dieser Zeit kontinuierlich weiterverfolgt wurde, Vertrauen in die Technologie erhalten blieb und weiter gekräftigt wurde. Die Arbeiten wurden zu einer wichtigen Grundlage, um Wasserstoff als Fahrzeugkraftstoff für Nullemissionsmobilität neben batterieelektrischer Mobilität in den nächsten Jahren wettbewerbsfähig zu etablieren. Es wird jetzt erkennbar, dass mehrere international tätige Automobilhersteller aus Europa, Asien und den USA zwischen 2015 und 2020 in die Massenfertigung und den Verkauf von Brennstoffzellen-PKWs einsteigen werden. Parallel wird die Wasserstoff-Tankstellen-Infrastruktur aufgebaut. Die in Deutschland gestartete H2-Mobility-Initiative, die diesen parallelen Hochlauf von Fahrzeugeinführung und Tankstelleninfrastruktur entwickelt, koordiniert und vorantreibt, hat bereits Nachahmer in Großbritannien und Skandinavien gefunden, und Frankreich sowie die Schweiz werden folgen. Eine Verstärkung der Aktivitäten ist auch in Kalifornien, Japan und Korea erkennbar. Diese Entwicklung angestoßen und mitgestaltet zu haben ist ein herausragendes Verdienst von Ludwig Bölkow und seiner LBST.

Well-to-Wheel Analysen von Argonne/GM, LBST/GM und CONCAWE/EUCAR/JRC

Kapitel 5

Erneuerbare Energien im Stromnetz – eine neue Herausforderung und Chance

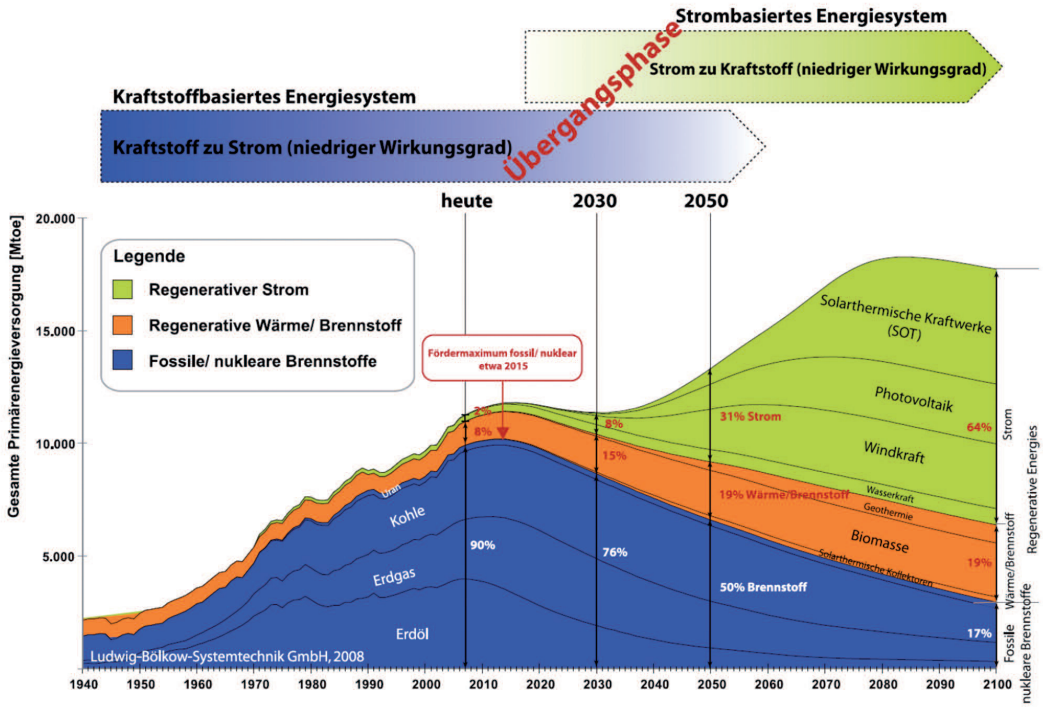
Ulrich Bünger,
Hubert Landinger

Ludwig Bölkows Vision eines weltumspannenden Energiesystems aktueller denn je

Bereits vor der Gründung der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) hatte sich Ludwig Bölkow intensiv mit der Zukunft unserer Energieversorgung, insbesondere aus Sicht des Transportsektors, beschäftigt. Dabei war er auf Basis anderer Arbeiten zu zentralen Einsichten gelangt, die uns heute womöglich als selbstverständlich erscheinen, damals aber eine ungeheure industriepolitische Sprengkraft in sich trugen. Ludwig Bölkows besonderer Verdienst bestand darin, diese Einsichten aus systemtechnischer und naturwissenschaftlicher Perspektive und bezüglich ihrer Auswirkungen auf die Zukunft unserer Energieversorgung miteinander in Beziehung zu setzen:

- Die Vorräte von Erdöl, Erdgas und Kohle sind begrenzt und werden bald in ihrer Verfügbarkeit nachlassen.
- Die Kernenergienutzung ist auf die Elektrizitätserzeugung beschränkt, wird auf Grund der begrenzten natürlichen Uranressourcen auch in Zukunft wohl nicht mehr als die heute genutzten 3 Prozent zur Weltendenergieversorgung beitragen und damit - global betrachtet – unbedeutend bleiben.
- Die einzig nachhaltige Möglichkeit zur Deckung des künftigen Weltenergiebedarfs besteht in einem drastischen Ausbau der erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger massiver Energiebedarfsreduktion und Steigerung der Nutzungseffizienz. Hierbei werden vor allem die stromproduzierenden Technologien wie Wasserkraft, Windkraft, Photovoltaik, solarthermische und geothermische Stromerzeugung eine wichtige Rolle spielen.
- Die Umstellung der Energieversorgung des internationalen Verkehrs (Transport von Personen sowie Austausch von Gütern) auf erneuerbare Energien auf Grund der Verknappung des heute vornehmlich eingesetzten Erdöls wird den Nachfragedruck auf die erneuerbaren Energien global erhöhen. Die primärenergieseitig erforderliche Umstellung des Transportsektors auf erneuerbaren Strom wird dabei neue Antriebs- und Speicherkonzepte erfordern.
- Einige der erneuerbaren Energien (Windkraft, Photovoltaik) stehen über Tages- und Jahreszeitläufe nur fluktuierend zur Verfügung. Es bedarf daher geeigneter großtechnischer Speichertechnologien, um diese Schwankungen sowohl kurz- als auch langfristig auszugleichen. Da sich Windenergie und Solarenergie im Jahresmittel gut ergänzen, ist vermutlich keine saisonale Energiegroßspeicherung erforderlich. Dennoch müssen große Energiemengen über mehrere Wochen gespeichert werden, was nur in Form chemischer Energieträger möglich ist.
- Die abnehmende Verfügbarkeit fossiler Energieträger ist unausweichlich, der künftige Ausbau des Anteils erneuerbarer Energien ist von vielen Unwägbarkeiten abhängig. Der künftige Bedarf wird sich dieser Verfügbarkeit anpassen müssen, wie auch immer diese im Detail aussehen mag. Was nicht über eine deutliche Effizienzsteigerung erreicht werden wird, das wird durch freiwillige oder unfreiwillige Einsparung geleistet bzw. erzwungen werden.

Die nachfolgende Abbildung fasst diese Spannungsfelder der künftigen Energieversorgung grafisch zusammen.

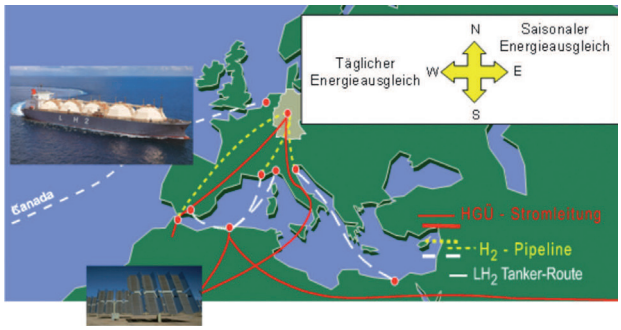


Herausforderungen für die Gestaltung der Weltenergieversorgung von morgen (LBST 2008)

Ludwig Bölkows zweites großes Verdienst ist es, eine globale Vision für ein weltumspannendes Energieversorgungssystem aus seiner Sicht als Ingenieur und „Technikgläubigem" zu skizzieren. Den grundsätzlichen Nachweis der Umsetzbarkeit seiner Vision und damit verbundener technischer Konzepte konnte er dabei noch miterleben. Diese waren im Einzelnen:

- Strom muss mit Hilfe der Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) entlang sogenannter Stromautobahnen über weite Entfernungen verlustarm transportiert werden. Der Stromtransport wird vornehmlich (a) aus Tageszeitzonen mit Sonneneinstrahlung in solche ohne, d. h. in Ost-Westrichtung, (b) saisonal aus Zonen mit hoher Solareinstrahlung in solche mit niedriger, d. h. in Nord-Südrichtung und (c) aus Zonen mit prinzipiell hoher in solche mit niedriger Solarstrahlung, Windintensität bzw. nutzbarer Wasserkraftpotenziale erfolgen.
- Über Entfernungen bzw. Gelände, die sich schlecht oder prinzipiell gar nicht mit HGÜ-Leitungen überbrücken lassen, muss Strom auch in chemischer Form mit Energieträgern hoher Energiedichte sowie hoher systemtechnischer Integrierbarkeit transportiert und verteilt werden. Wasserstoff als Energieträger spielte bei diesen Analysen wegen seiner Universalität immer eine besondere Rolle. Erste Untersuchungen zu Ferntransport von Wasserstoff in Pipelines wurden bereits durchgeführt.
- Der chemische Energieträger mit der spezifisch höchsten gravimetrischen Energiedichte, Simplizität erforderlicher Produktions-, Verteil- und Nutzungstechnologien und zugleich Kompatibilität mit dem Stromsystem ist Wasserstoff. Für diesen forderte Ludwig Bölkow ein eigenes, zur Elektrizitätsversorgung paralleles Energieverteilsystem sukzessive zu installieren, basierend auf den heutigen Erdgasnetzstrukturen und Anwendungstechnologien. Dabei hilft die grundsätzliche Universalität von Wasserstoff, der auch aus fossilen Energien mit einfachen technischen Verfahren wie z.B. der Erdgasdampfreformierung hergestellt werden kann.
- Mit der Einführung von Wasserstoff steht in allen Endverbrauchssektoren auch eine prozesstechnische Revolution bevor. Ludwig Bölkow erkannte in der Elektrolyse von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff mit hohem Wirkungsgrad (~70 %) eine Schlüsseltechnologie zur Energieumwandlung von regenerativem Strom zu Wasserstoff. Sie stellt ein Bindeglied zwischen den beiden Energieträgern dar. Die zweite Technologie, die als Kernbaustein in Ludwig Bölkows Vision noch fehlte, ist die der Brennstoffzellen, die sich durch eine hohe Effizienz bei der Rückumwandlung von Wasserstoff und

Sauerstoff zu Strom (50-60 %) und Wärme (30-40 %) ohne Umwege über thermische oder mechanische Prozesse auszeichnet.



Energieverteilungsstrukturen in einem künftigen weltumspannenden Energiesystem auf Basis erneuerbarer Energien (Ludwig Bölkow, 1988)

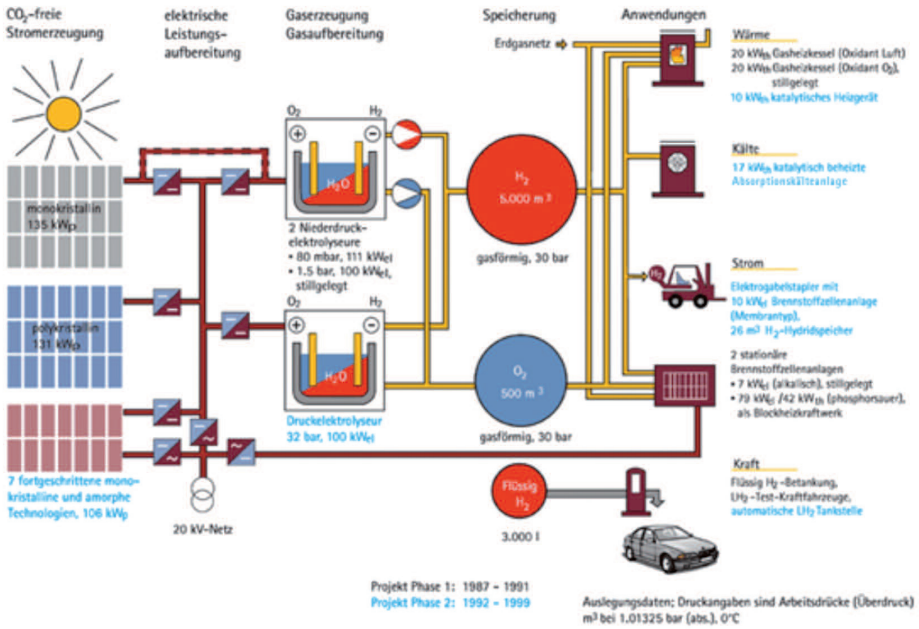
Diese frühe Vision Ludwig Bölkows enthielt bereits alle Ingredienzien der heute wieder intensiv und in noch nie dagewesener Offenheit diskutierten Zukunft unserer Energieversorgung; Substitution fossiler durch erneuerbare Energien (vornehmlich Strom), Notwendigkeit eines leistungsfähigen Stromnetzes, Bedarf an großtechnischer Energiespeicherung mit unterschiedlichen zeitlichen Profilen in Form chemischer Energie (vornehmlich Wasserstoff und Methangas) und überregionale Verknüpfung unterschiedlicher Regionen mit einer effizienten Energietransport- und –verteilinfrastruktur.

Mit Ausnahme der Notwendigkeit einer stärkeren energieseitigen Einbindung des Verkehrssektors werden damit die wesentlichen Vorschläge Ludwig Bölkows heute wieder in weiten Fachkreisen intensiv diskutiert.

Die Energiezukunft nach Fukushima – Ein neues Paradigma

Am schnellsten lernt die Menschheit ganz offensichtlich aus Katastrophen. Das lässt sich insbesondere nach der Rückschau auf die Natur- (Erdbeben und Tsunami) und Technikkatastrophe (Kernschmelze im Kraftwerk Fukushima Daiichi) am 11. März 2011 in Japan feststellen. Auch Ludwig Bölkow hat diesen Zusammenhang nachhaltig erlebt, als am 26. April 1986 das Kernkraftwerk Tschernobyl nahe Kiew in der Ukraine durch eine Kernschmelze so zerstört wurde, dass sich eine radioaktiv verseuchte Graphitwolke über weite Teile Europas legte, mit nachhaltigen Folgen für Natur und Mensch.

Dank seiner guten Verbindungen in Politik und Industrie aus seinen Zeiten als Vorstand von Messerschmidt-Bölkow-Blohm (MBB) und seiner anerkannten energietechnischen Kompetenz konnte Ludwig Bölkow darauf hinwirken, dass in Bayern in einem prototypischen Testfeld zur Veranschaulichung die gesamte Energiekette von der Solarenergie (Photovoltaik) über Strom und Wasserstoff (Elektrolyse) und Verteilung (Wasserstoffspeicherung unter Druck und flüssig) bis zum Verbraucher (stationäre Brennstoffzellen, Verbrennungsmotor im PKW) getestet wurde. In diesem Testfeld der Solarwasserstoff Bayern (SWB) wurden neben dem Nachweis der grundsätzlichen Machbarkeit auch Schlüsseltechnologien entscheidend weiterentwickelt.



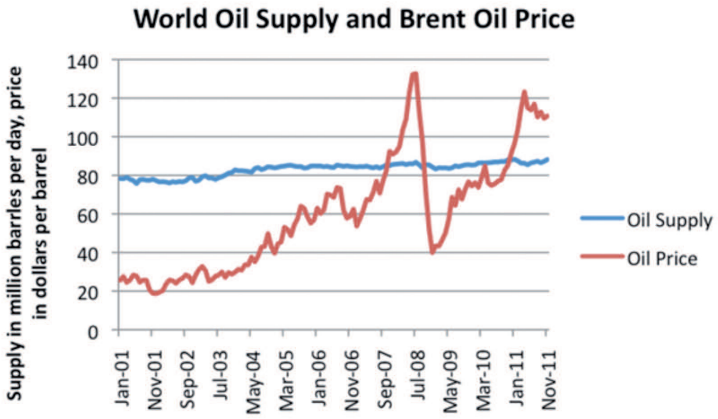
Prinzipbild der Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald (SWB 1997)

Obwohl das SWB-Projekt zu vielen technologischen Durchbrüchen in der Wasserstofftechnologie führte, diente es seinerzeit und nachdem die Katastrophe von Tschernobyl weitgehend aus dem kollektiven Gedächtnis der Bevölke-

rung getilgt war, manchen Kreisen auch dazu, nachzuweisen, dass diese Technologie (a) aus ökonomischen Gründen in weiter Ferne liege (billige fossile und nukleare Energie ohne Berücksichtigung der externen Kosten war näherliegend) und (b) ohnehin nicht für klimatisch gemäßigte Zonen wie Mitteleuropa nutzbar sein könne (teure Photovoltaik und Wasserstofftechnologie).

Im Gegensatz zu den Entwicklungen nach Tschernobyl scheint der Eindruck der Ereignisse im Kernkraftwerk Fukushima durchschlagender zu sein. Vor dem drohenden Verlust von Wählerstimmen wurden in Deutschland nicht nur auf Bundes-, sondern auch auf Länderebene (z. B. Bayern, Baden-Württemberg) mit jeweils nur wenigen Wochen Vorlauf bestehende und bisher verkrampft verfochtene Überzeugungen zu erneuerbaren Energien und zur Kernenergie auf den Kopf gestellt. So wurde z. B. die bayerische Energiestrategie von einem Fokus auf „regenerativ (Wasserkraft und Biomasse) und Kernenergie" auf „regenerativ (Wind und PV) und Gasstützkraftwerke" revolutioniert.

Die Besonderheit der durch die Katastrophe in Fukushima ausgelösten Entwicklung ist die Gleichzeitigkeit mit anderen Entwicklungen und damit die aus dem Unglück erwachsene Chance zum Umdenken. Die vorangegangene Weltökonomiekrise 2009, die kräftigen Ausschläge des Weltrohölpreises mit Spitzen von fast 150 U.S.$/bbl 2008 und die zunehmenden politischen Konflikte um den Zugang zu den Energieressourcen als Ausdruck einer bevorstehenden globalen Verknappung fossiler Energieressourcen und die steigende Gefahr eines durch klimawirksame Gase ausgelösten Treibhauseffekts machen deutlich, dass ein Wechsel zu neuen Strukturen, aber auch zu neuen Verhaltensmustern, unausweichlich wird. Die Zeiten der „billigen Energie im Überfluss" scheinen dauerhaft vorüber zu sein. Die zunehmende Preisvolatilität und die schwindende Preiselastizität am Weltmarkt sind nur ein Zeichen für die Verknappung am Beispiel Öl. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft den Rohölpreis von 2001 bis 2011.



Weltölproduktion und Brent Ölpreisentwicklung 2001 – 2011 (Countercurrents 2012)

Trotz aller von ihm vorgeschlagenen technikbasierten Lösungsansätze hat Ludwig Bölkow auch stets postuliert, dass vor allen Maßnahmen der sorgsame Umgang mit Energie, also die Energieeinsparung, steht. Die Erklärung von Energieeinsparzielen als oberstes politisches Gebot, das 80-Prozent-Erneuerbare-Ziel bis 2050 und das Zurückweisen der Energieindustrie in die Schranken volkswirtschaftlicher Sinnhaftigkeit (endgültige Vereinbarung eines Kernenergieausstiegs für Deutschland bis 2022 per Gesetzesbeschluss vom 5. August 2011) sind daher wichtige grundlegende Voraussetzungen für alle technischen Lösungskonzepte.

Die Rolle der Energiespeicherung in einer künftigen Energieversorgung – Systemdenken gefragt!

Bereits im Jahre 2007 hatte sich in der Energietechnischen Gesellschaft (ETG) im Verband der Elektrotechnik (VDE) eine Arbeitsgruppe aus Vertretern von Politik, Industrie und Wissenschaft aus der Einsicht zusammengetan, dass sich die Energiespeicherung zu einem wichtigen energiewirtschaftlichen Thema entwickeln wird. In einem ersten Bericht (VDE-Speicherstudie I) wurde dokumentiert, dass man künftig Energiespeicher für verschiedene Speicherdauern bzw. Energiemengen und Leistungen benötigen wird [VDE 2008]. Es wurde u. a. auch festgestellt, dass in einem Energiesystem mit großen Anteilen erneuerbaren Stroms neben der kurzzeitigen Speicherung eher kleiner Energiemengen auch große Energiemengen über Zeiträume von Tagen oder Wochen zur Überbrückung von Zeiten niedrigen Ertrags aus volatiler erneuerbarer Erzeugung gespeichert werden müssen.

Aus einer tieferen Analyse konventioneller Großspeichertechnologien ergab sich auch, dass chemische Energiespeicher die einzige Option bieten, um ausreichend Speichermengen überhaupt oder auch preiswert verfügbar machen zu können. Rein mechanische Systeme wie z. B. die unterirdische Druckluftspeicherung (Compressed Air Energy Storage - CAES) oder Pumpspeicherkraftwerke sind dazu nicht in der Lage. Obwohl der Zyklenwirkungsgrad einer geschlossenen Strom-zu-Strom Energiekette mit Wasserstoff als Speichermedium nur ca. 40 Prozent beträgt, ist diese Form der Großspeicherung die einzige mit entsprechenden Speicherpotenzialen auch in Deutschland. Da zur großtechnischen Wasserstoffspeicherung unterirdische Kavernen erforderlich sind, die nur in monolithischen Salzstrukturen erstellt werden können, beschränkt sich diese Möglichkeit weitgehend auf den Norden Deutschlands.

In einigen Studien für Auftraggeber aus unterschiedlichen Industriebranchen wurde in den letzten Jahren versucht, den Energiespeicherbedarf zum Ausgleich fluktuierenden erneuerbaren Stromes kurz-, mittel- und langfristig zu bestimmen. Dabei reicht das Spektrum von nur wenigen TWh/Jahr [Leitstudie 2011] bis 90-180 TWh/Jahr [Linke 2012] im Jahre 2050. In aktuellen Arbeiten wird zusätzlich darauf hingewiesen, dass dieser Speicherbedarf kurzfristig jeweils in nur wenigen 100 Betriebsstunden pro Jahr anfällt [Wietschel, 2012], was den Betrieb entsprechender Anlagen spezifisch extrem teuer machen würde. Auf Basis konservativer Schätzungen (ideale Szenarienannahmen zum Stromnetzausbau, keine Synergien mit anderen Energiesektoren wie Transport, Gas, Industrie) ist mit einem Bedarf an Langzeitspeichern nicht vor 2020 zu rechnen [VDE 2012].

Wasserstoff als chemischer Energieträger zur großtechnischen Energiespeicherung

Nachdem die VDE-Speicherstudie I im Jahre 2008 zunächst Wasserstoff trotz des niedrigen Gesamtwirkungsgrads und der hohen spezifischen Betriebskosten mit der Begründung der nutzbaren Potenziale in Deutschland als einzige Möglichkeit zur großtechnischen Energiespeicherung aufgezeigt hat, haben weiterführende Studien technische und ökonomische Voraussetzungen und Implikationen untersucht. Einige dieser Studien wurden unter Federführung der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH erstellt. Insbesondere wurde das Anwendungsspektrum für den aus ansonsten ungenutztem Windstrom produzierten Wasserstoff erweitert. Damit erweiterte sich der im Rahmen der VDE-Speicherstudie I analysierte Raum der wirtschaftlichen Möglichkeiten um ein Vielfaches.

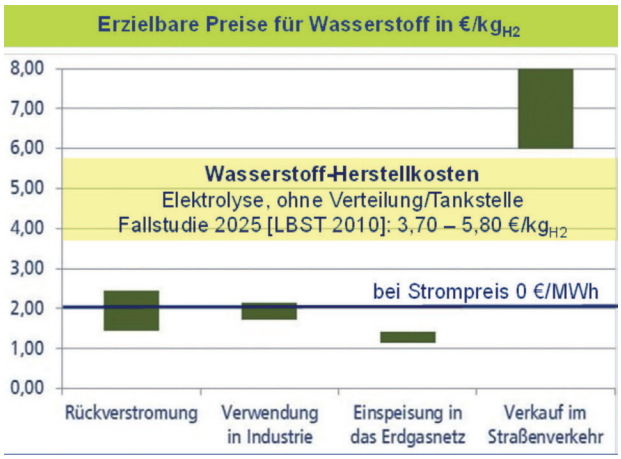
Da ist zunächst die Studie für die Stadt Hamburg und das Land Schleswig-Holstein zu nennen, in der die Nutzung wirtschaftlich regional verfügbarer Potenziale der Windenergie vorwiegend im Offshore-Bereich vorgeschlagen wird, um den heute vorhandenen und künftig entwickelbaren Wasserstoffbedarf der Region zu decken [LBST 2010]. Gleichzeitig wurde qualitativ untersucht, welche regionalen Vorteile die Großspeicherung von Wasserstoff in Norddeutschland hat und ob sich wirtschaftliche Synergien aus dem Einsatz von Wasserstoff als Endenergie und zur Speicherung ergeben können.

Mehrere Absatzmärkte wurden zu diesem Zweck im Rahmen der Studie untersucht:

- Es konnte gezeigt werden, dass sich bis 2020 in unterschiedlichen Industrien ein Wasserstoffbedarf von 270 Mio. m^3/a entwickeln könnte. Diesen kann man künftig durch Wasserstoff aus erneuerbarem Strom abdecken. Darin enthalten ist ein Absatzpotenzial für große Mengen von Wasserstoff in der Stahlindustrie (Arcelor-Mittal, frühere Hamburger Stahlwerke), mit dem Erdgas als Energieträger substituiert werden kann. Hier ist man heute jedoch noch weit von wirtschaftlichen Wasserstoffkosten entfernt. Ein weiterer großer Anteil der potenziellen Industrienachfrage für Wasserstoff bündelt sich im Bereich der Elbmündung nahe Brunsbüttel, d. h. in der Nähe der Leitungen, die den Offshore-Windstrom aus der Nordsee anlanden.
- Dazu steht zu erwarten, dass sowohl der Individualverkehr (PKW) als auch der öffentliche Nahverkehr (Stadtbusse, Vorortzüge ohne Oberleitungs-Infrastruktur) kurz- und mittelfristig Wasserstoff zur Versorgung von brennstoffzellenbetriebenen Antrieben nachfragen werden (bis 2020 etwa 44 Mio. m^3/a). Mittelfristig ist auch denkbar, dass zumindest für einen Teil des Luftverkehrs (Brennstoffzellen zur Bordstromversorgung) Wasserstoff bereitgestellt werden muss.
  Im Gegensatz zur Wasserstoffinfrastruktur für die Industrie, mit der nur wenige Kunden mit großen Mengen Wasserstoff versorgt werden müssen, erfordert die Versorgung des Transportsektors mit

Wasserstoff ein engmaschiges Verteilnetz für vergleichsweise kleine Mengen qualitativ hochwertigen Wasserstoffs bei 700 bar Druck. Während, wie bereits heute Industriepraxis, zentrale Großkunden eher eine on-site-Erzeugung von Wasserstoff vorziehen, steht für die Bereitstellung von Wasserstoff als Kraftstoff für den Verkehrssektor noch nicht abschließend fest, welche Technologien und Konzepte sich langfristig durchsetzen werden.[1]

- Die Studie verwies trotz der in naher Zukunft fragwürdigen Wirtschaftlichkeit auch auf zwei weitere Wasserstoffnutzungsoptionen. Danach kann aus andernfalls ungenutzter Windenergie erzeugter und gespeicherter Wasserstoff entweder rückverstromt oder als „Grünes Gas" ins Gasnetz eingespeist werden. Die folgende Abbildung zeigt jedoch sehr deutlich, dass die erwirtschaftbaren Wasserstoffpreise für den Transportsektor wesentlich höher sind als für alle anderen möglichen Optionen. Dabei sind allerdings die vielfältigen, dieser Analyse zugrunde liegenden Annahmen zu berücksichtigen, wie z. B. die Steuerfreiheit für Wasserstoff als Kraftstoff in einer Einführungsphase, aber auch noch weitere Entwicklungspotenziale bei konventionellen Verbrennungsmotoren. Generell lässt sich als Trend aus dieser Studie feststellen, dass zumindest kurzfristig die Nutzung von Wasserstoff im Transportsektor bessere Absatzchancen verspricht als die Verwendung in der Industrie, die Rückverstromung oder die Einspeisung ins Erdgasnetz.



Erzielbare Preise für Wasserstoff in unterschiedlichen Märkten (LBST 2012)

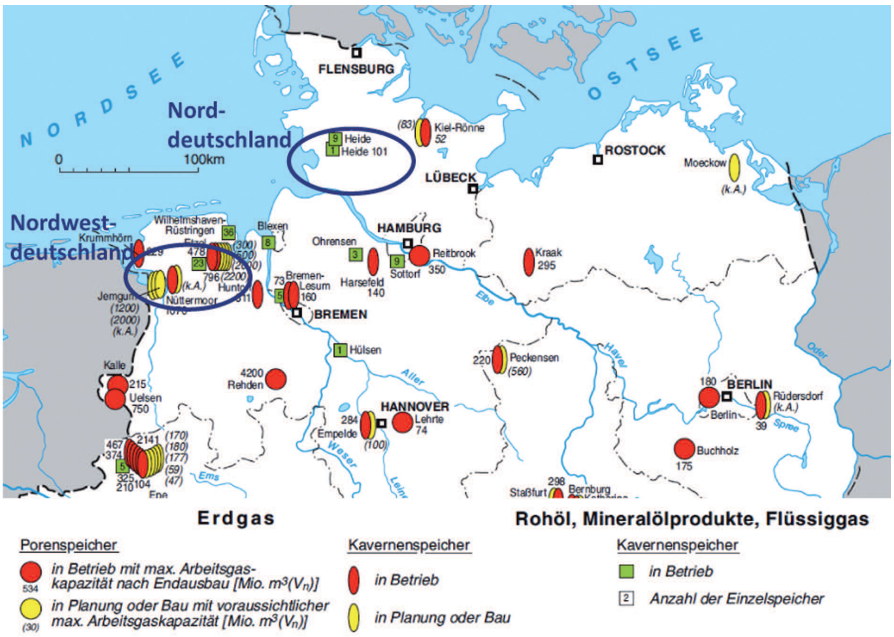
Für „Verteilung und Tankstelle" sind den Wasserstoffproduktionskosten ca. 3 €/kgH2 hinzuzuaddieren. Der Kraftstoffpreis für Wasserstoff als Kraftstoff im Verkehr ist hierbei ohne Steuern gerechnet, was realistisch nur in einer Einführungsphase angenommen werden kann. Dagegen steht, dass mittel- bis langfristig die fossilen Energiepreise steigen werden. Dies wiederum könnte die Referenzpreise deutlich über die hier angenommenen 6 bis 8 €/kgH2 erhöhen.

In weiteren Analysen wurden dann die genauen technischen und ökonomischen Einsatzbedingungen der Wind-Wasserstoffspeicherung in Salzkavernen unter Berücksichtigung der unter- und oberirdischen Anlagentechnik untersucht. Ein wichtiges Ergebnis war unter anderem, dass sich ein Rückverstromungswirkungsgrad von über 40 Prozent selbst unter Annahme der höchsten Anlagenintegration (auch thermisch über rekuperative Nutzung von Abwärmeströmen) auch langfristig nicht erreichen lässt.

Im Rahmen einer Untersuchung für Volkswagen hat die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik anschließend und zum Teil gemeinsam mit Experten der KBB Underground Technologies analysiert, welche unterirdischen Salzkavernenvor-

[1] Die Gründe dafür sind vielschichtig: In einer Übergangsphase noch preisgünstigen Erdgases kann Wasserstoff hocheffizient und CO2-emissionsmildernd aus Erdgas hergestellt werden. Insbesondere die on-site-Elektrolyse befindet sich derzeit auf einem steilen Entwicklungsgradienten (Materialwahl, spez. Investkosten, Akzeptanz dynamischer Betriebsweise, Kaltstartfähigkeit, Überlastfähigkeit, etc.), sodass sie sich künftig nicht nur wirtschaftlich, sondern auch technisch besser für die lokale Wasserstofferzeugung eignen könnte. Dazu wird systemanalytisch der beste Pfadmix aus Strom- und Wasserstoffverteilung unter Berücksichtigung regionaler Voraussetzungen (Stromnetz, Straßennetz, Nachfrage, etc.) für jede Entwicklungsperiode und Investitionsentscheidung genauestens zu prüfen sein.

kommen in Norddeutschland am besten für die Großspeicherung von Wasserstoff geeignet sind [LBST-1 2011]. Dabei wurde nicht nur die Anlagentechnik (Elektrolyseure, Wasserstoffprozesstechnik und unterirdische Anlagen) genau analysiert und dimensioniert, sondern aus logistischen Gesichtspunkten erwogen, welche von den heute bereits für die Erdgasspeicherung genutzten Standorten sich am besten eignen könnten. Im Sinne einer hohen Aussagekraft der Ergebnisse dieser Studie wurde ein praxisnaher Kriterienkatalog entwickelt. Dazu wurden das verfügbare Erdgas- und Elektrizitätstransportnetz, die heutige konventionelle und die erforderliche Wasserstofftankstelleninfrastruktur sowie die Nähe der Salzkavernen zu Stromtrassen für die Anlandung von Offshore-Windstrom untersucht. In der Analyse wurde aber auch die derzeitige politische Interessenlage berücksichtigt.

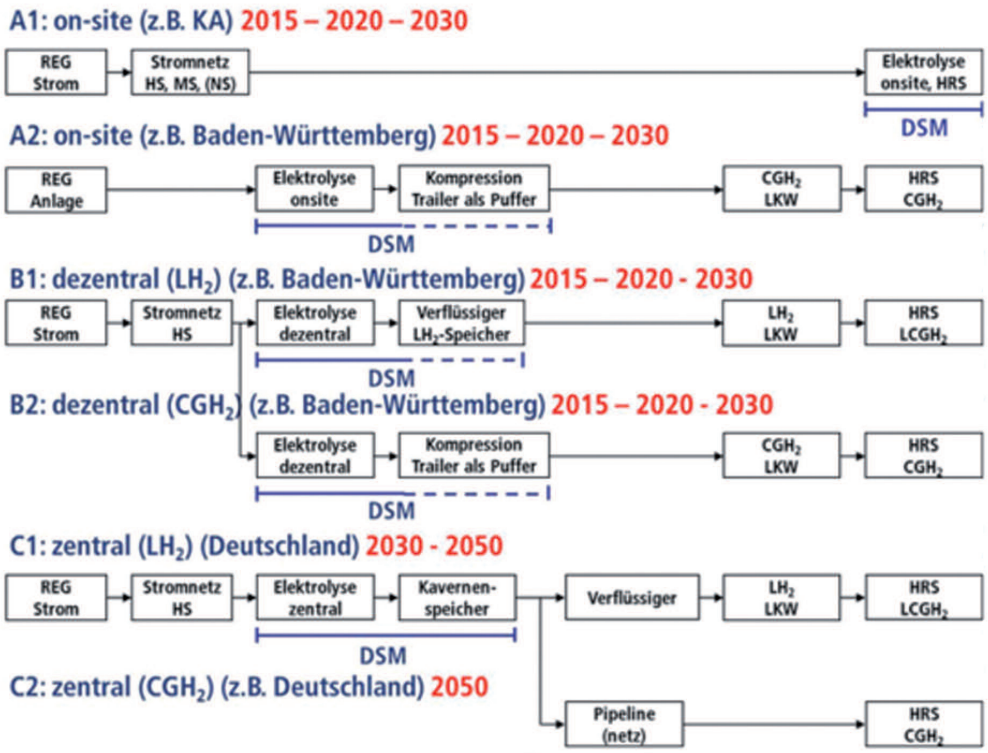


Orte unterirdischer Speicherung für Erdgas und andere Energieträger in Deutschland (LBEG 2011), ergänzt um Informationen von (LBST 2012)

Als wichtigste Erkenntnisse dieser Studie für die Automobilindustrie ging einerseits hervor, dass sich geeignete prototypische Standorte identifizieren lassen. In der folgenden Abbildung sind diese markiert, einer im äußersten Nordwesten Deutschlands und einer im südlichen Schleswig-Holstein nahe den wasserstoffnutzenden Industriestandorten in Brunsbüttel. Zum anderen wuchs die Einsicht, dass eine Nutzung des aus ansonsten abgeregelter Windenergie erzeugten Wasserstoffs wirtschaftliche Synergien erschließen kann. Damit wurde der „gordische Knoten" der VDE-Speicherstudie I durchschlagen. Es konnte nämlich gezeigt werden, dass bereits alleine durch eine andere Nutzung des ansonsten gestrandeten Stromes, d. h. ohne Rückverstromung, eine wichtige und ökonomisch relevante Regelaufgabe im Strommarkt geleistet wird. Der ökonomische Mehrwert liegt in einer Verknüpfung der passiven (geldwerten) Stromregelleistung auf der Erzeugerseite mit dem lukrativsten Verkauf des erzeugten Wasserstoffs auf der Nutzerseite.

In einer Studie für die Elektrizitätswirtschaft, nämlich die Energie-Baden-Württemberg AG (EnBW) [LBST-2 2011], wurden in einem weiteren Schritt unterschiedliche Prozessketten für die Bereitstellung erneuerbaren Wasserstoffs bzw. dessen kostengünstigste Bereitstellung aus Netzstrom mit hohen fluktuierenden Anteilen erneuerbaren Stroms untersucht. Im Rahmen dieser Studie reifte als Ergebnis detaillierter dynamischer Jahresbetriebsszenarien die Erkenntnis, dass künftig verstärkt regionale Aspekte in einem zunehmend dezentral strukturierten Energieversorgungssystem eine Rolle spielen werden.

Als Folge davon können sich unterschiedliche Wasserstoffbereitstellungspfade ausprägen. Diese hängen von der jeweiligen erneuerbaren Energiebereitstellung, geologischen (Salzkavernenspeicherung) sowie geographischen Faktoren wie Sonneneinstrahlung für die Nutzung von PV, Windaufkommen für die Nutzung von Windenergie, Höhenprofil für die Nutzung von Wasserkraft, Bevölkerungsdichte oder Oberflächenprofil für den Aufbau von Gas- oder Stromversorgungsinfrastrukturen ab. Die folgende Abbildung fasst diese Aspekte noch einmal zusammen.



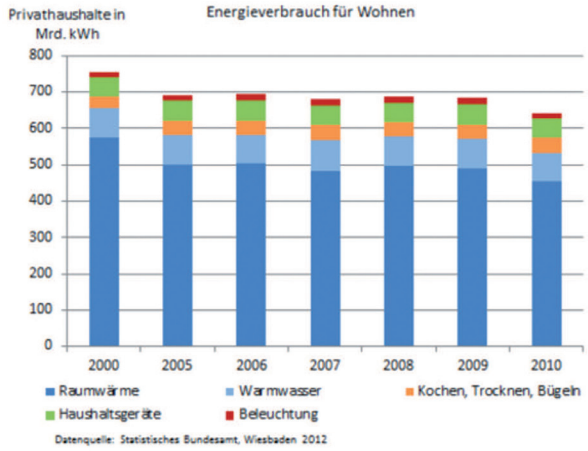
Optionale Energieketten für die Versorgung von Baden-Württemberg mit erneuerbar hergestelltem Wasserstoff als Kraftstoff (LBST-2 2011)

Des Weiteren ergaben sich Postulate an die Hersteller prozesstechnischer Anlagen (z. B. Elektrolyseure: hohe Dynamik, hohe Überlastfähigkeit, niedrige spezifische Investitionskosten) und an die Politik (fiskalische oder ordnungsrechtlich steuernde Maßnahmen, die Wasserstoff als erneuerbaren Energieträger mit Energiespeicherfunktion begünstigen). Soll die Speicherfunktion dezentral bereitgestellten Wasserstoffs als Mehrwert für die begünstigte Einführung von erneuerbaren Energien genutzt werden, so müssen den Betreibern von wasserstoffproduzierenden Anlagen kostendämpfende Maßnahmen zugute kommen (z. B. Gewährung eines Speicherbonus, Befreiung von Netznutzungsentgelten, bevorzugter Zugriff auf besonders günstigen Netzstrom mit Anrechnung von Treibhausgaseinsparungen).

In einer Studie der LBST zusammen mit den Fraunhofer IWES für das Hessische Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz wurden die mögliche Rolle des Wasserstoffs in der zukünftigen Energieversorgung Hessens untersucht und Potenziale und Handlungsoptionen für einen verstärkten Wasserstoffeinsatz in Hessen herausgearbeitet.

Erdgas als chemischer Energieträger zur großtechnischen Energiespeicherung

Etwa zeitgleich mit der VDE-Speicherstudie I reifte in der deutschen Erdgasindustrie die Erkenntnis, dass sich durch die politische Verordnung von drastischen Energieeinsparmaßnahmen im Wärmesektor gerade im Hausenergiebereich die gewohnte Erdgasabsatzsteigerung künftig nicht mehr aufrechterhalten lässt. In nur 5 Jahren ging der Raumwärmebedarf in Deutschland um ca. 10 Prozent zurück, der von Erdgas um 11,4 Prozent (siehe auch folgende Abbildung) [DStatis 2012], womit der Kernmarkt der deutschen Erdgasindustrie wegbricht. Erschwerend für die Erdgasindustrie kommt hinzu, dass das Substitutionspotenzial von mineralölbasierten Feuerungseinrichtungen in Westdeutschland und Kohlefeuerungen in Ostdeutschland weitgehend ausgeschöpft ist.

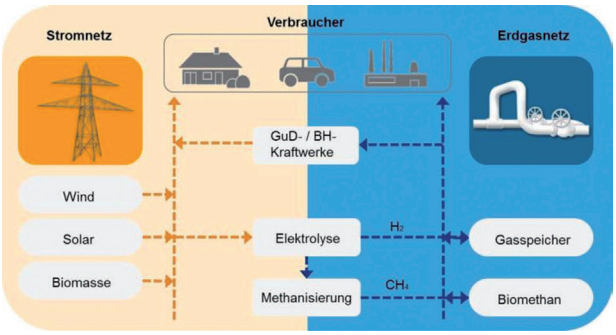


Endenergieverbrauch Haushalte in Deutschland (DStatis 2012)

Daher wird derzeit intensiv nach neuen Absatzmärkten für Erdgas gesucht. Dabei wurden sowohl der Kraftstoffmarkt (CNG, eingeschränkt auch LNG) als auch der Energiespeichermarkt als neue Tätigkeitsfelder identifiziert. Während der deutschen Erdgasindustrie in der Vergangenheit kein Glück im Schulterschluss mit der deutschen Automobilindustrie beschieden war, die sich bereits im Rahmen der Verkehrswirtschaftlichen Energiestrategie (VES) für einen möglichst raschen Übergang auf regenerativ basierte alternative Kraftstoffe und nicht für CNG für den Straßenverkehr ausgesprochen hatte [VES 2002], so wird das Energiespeicherthema zur Zeit mit großem Interesse verfolgt [Linke 2012]. Die Idee ist, das Erdgasnetz als riesigen bereits vorhandenen Energiespeicher für erneuerbaren Strom anzubieten. Im Gegensatz zur Energiespeicherkapazität des deutschen Stromnetzes von ca. 0,04 TWh (Pump- und Druckluftspeicher) mit ca. 6 h Reichweite beträgt die heutige Speicherkapazität des deutschen Erdgasnetzes etwa 217 TWh mit 2 000 h Reichweite.

Innerhalb der Erdgasindustrie werden derzeit zwei alternative Lösungskonzepte verfolgt. Während das eine Konzept auf die direkte Beimischung von aus Windstrom via Elektrolyse erzeugtem Wasserstoff zum Erdgas setzt, verfolgt man beim anderen Konzept das Ziel, Wasserstoff dem Erdgas nur mittelbar über den (effizienzmindernden) Umwandlungsschritt der Methanisierung als synthetisches Erdgas beizumischen. Beiden Konzepten ist gemein, dass sie die Elektrolysetechnologie in einem zunehmend rege - nerativ versorgten „Naturgassystem" als Schlüsseltechnologie nutzen und dass die dringend erforderliche Nutzung der Synergien mit dem Transportsektor weitgehend unberücksichtigt bleibt. Diese wird bisher nur von wenigen Akteuren als bedeutend angesehen. Der potenziell große Marktanteil der Brennstoffzellenfahrzeuge als wichtige Option der Elektromobilität mit dem nach Batteriefahrzeugen besten Klimagas- und Schadstoffemissionspotenzial wird derzeit nur im Ansatz diskutiert. Eine Infrastrukturschnittstelle zur Bereitstellung von Kraftstoff ist heute zwar erkennbar, bezieht sich aber hauptsächlich auf Erdgasfahrzeuge mit Verbrennungsmotor (siehe nachfolgende Abbildung).

Ergebnisse detaillierter Machbarkeitsanalysen (maximal erlaubte Zumischraten, Sicherheit, Umstellung der Anlagentechnik etc.) und Wirtschaftlichkeitsanalysen stehen als wesentlicher Bestandteil einer nachhaltigen „Power-to-Gas"-Strategie der deutschen Erdgasindustrie derzeit noch aus.



Power-to-Gas im Energiesystem der Zukunft (dena 2012)

Quo Vadis – Was kann die Vision einer Energiezukunft für die Umsetzung konkreter Maßnahmen im Hinblick auf eine zukunftsfähige Energiespeicherstrategie beitragen?

Wir befinden uns in einer Zeit starker Umbrüche der Energiemärkte, die durch Unsicherheiten über die große zukünftige Linie der Umwandlungs- und Nutzungsstrategien und der erforderlichen Infrastrukturen geprägt ist. Daher müssen die unterschiedlichen Lösungsoptionen mit genügend Entscheidungs- und Versuchsspielraum geprüft werden, um den Akteuren am Markt eine Chance zu geben, sich auf die neuen Strukturen einzustellen. Dieses erfordert einen offenen politischen Diskurs, aber auch eine ordnende politische Hand, die zudem die Kompatibilität eines deutschen Ansatzes im europäischen und internationalen Kontext sicherstellt.

Könnte man Ludwig Bölkow heute nach seiner Meinung zu den nächsten Schritten in der Energiepolitik fragen, so würde er vermutlich eine kritische Prüfung einfordern, ob kurzfristige, d. h. meistens vornehmlich ökonomisch getriebene Lösungsansätze für die Gestaltung unserer Energiemarktstrukturen auch langfristig Bestand haben können. Für diese Prüfung wären nicht nur die grundsätzliche technische und ökonomische Machbarkeit von Bedeutung, sondern auch Kriterien der Nachhaltigkeit, also die Gewähr der Umsetzbarkeit der geplanten Maßnahmen ohne Nachteile für Natur und Mensch. Diese Prüfung sollte unter anderem im Nachweis langfristig ausreichender Energie- und Materialressourcen sowie der Vermeidbarkeit schädlicher Umwelteinflüsse bestehen.

Insbesondere wäre im Geiste von Ludwig Bölkow auch eine Gesamtschau auf das Energiesystem zwingend notwendig. Hierzu gehört die Vernetzung von Einzelstrategien genauso wie die Analyse einer Vernetzung der Energieversorgung des Stromsektors mit den anderen Sektoren. Ebenso muss untersucht werden, wie sich diese Vernetzung auf die Versorgung mit erneuerbaren Energien bezüglich ihrer (regionalen) Potenziale samt der erforderlichen Verteilinfrastrukturen auswirkt.

Im Systemzusammenhang stellt sich daher auch heute die Frage, inwieweit die in letzter Zeit vorgeschlagenen nicht vernetzten Lösungsansätze für den Ausgleich fluktuierend bereitgestellter erneuerbarer Energie wie z.B. „Power to Gas" oder „Großspeicherung elektrolytisch erzeugten Wasserstoffs in Salzkavernen" im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Vernetzung der Energieverbrauchssektoren bestehen können.

In der Realität entwickelt sich jedoch derzeit die Debatte leider nicht so harmonisch, wie dieser „ideale Ansatz" zur Konsensfindung erfordern würde. Ein verdeckter Streit ist dabei sowohl um Zeitpunkt und Umfang des Speicherbedarfs als auch um die technologischen Speicherkonzepte entbrannt, der eher interessengetrieben geführt wird.

Bezüglich einer Abschätzung des Energiespeicherbedarfs stehen sich in der aktuellen Debatte zwei derzeit voneinander unabhängige Denkansätze gegenüber, die es miteinander in Einklang zu bringen gilt. Im Elektrizitätssektor wird auf die Modellierung mit stark vereinfachten Annahmen im Stromnetz fokussiert (z. B. räumlich und zeitlich perfekter Ausbau der Stromverteilungsinfrastruktur, Synergien mit anderen Energiesektoren bleiben unberücksichtigt, Energieversorgungsstrukturen folgen ausschließlich ökonomischer Ratio, eher moderate Annahmen zur Preisentwicklung fossiler Energien). Das führt naturgemäß zu der Annahme eines eher geringen und sich spät entwickelnden Speicherbedarfs für nur wenige 100 Stunden im Jahr. Damit würde der Elektrizitätssektor die Großspeicherung zugunsten eines verbesserten Stromtransportnetzes und verbrauchsgenauer Erzeugung durch fossile Stützkraftwerke eher vermeiden. In der Erdgasindustrie wird dagegen von einem nennenswerten Großspeicherbedarf ausgegangen mit dem Ziel, das Erdgasnetz als Speicher möglichst schnell anzubieten, bereits etwa ab 2020 bis 2025.

Aus Sicht des Kunden, z. B. der Regionen und Endnutzer, ist jedoch unabhängig von industriellen Einzelinteressen ein Ansatz gefragt, der eine sichere und nachhaltige Energieversorgung in allen Endanwendungssektoren unter Berücksichtigung aller zu erwartenden Entwicklungen gewährleistet. Dieser Ansatz wurde allerdings bisher nur modellhaft verfolgt und geht eher von dezentralen, d. h. regional vielfältigen Strukturen in Umwandlung, Verteilung und Nutzung, aber eben auch Speicherung, aus. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass die Entwicklung des zukünftigen Energiesystems nicht ausschließlich ökonomischen Zwängen folgt, und somit nicht durch eine ideale, zentrale Netzplanung wirtschaftlich optimiert umgesetzt werden kann.

Im Gegenteil wäre es vorteilhaft, wenn sich die neuen Energieversorgungsstrukturen organisch entwickeln könnten, d. h. Zeit zur Entfaltung und zum Ausprobieren der jeweils besseren Variante hätten und dabei die unterschiedlichen Sektoren (Haushalte, Industrie und Verkehr) unter Erschließung ökonomischer Synergien, aber auch im Sinne der Nachhaltigkeit, zusammenwachsen könnten. Dieses wird in heutigen Energiemodellen allerdings noch nicht berücksichtigt.

Für die Speicherung fluktuierenden erneuerbaren Stroms in Deutschland mit Hilfe von Wasserstoff kann das z. B. bedeuten, dass sie abhängig von geographischen Gegebenheiten zentral in Salzkavernen (Norddeutschland) oder dezentral in oberirdischen bzw. oberflächennahen Druckspeichern am Ort der Nutzung (z. B. „Energiestelle" statt „Tankstelle" in Süddeutschland) erfolgen kann. Die Ausprägung der technischen Installationen hängt dabei nicht ausschließlich von ökonomischen Gesichtspunkten der Rückverstromung ab, sondern insbesondere auch von der örtli-

chen Verteilung von Energieumwandlung und -nutzung. Je nach geografischen Erfordernissen und Möglichkeiten können auch andere Speicheroptionen an Bedeutung gewinnen. Neben den klassischen Techniken wie Pump- oder Druckluftspeicher können z. B. Batterien von Elektrofahrzeugen oder installierte Speicherbatterien zum dezentralen Lastmanagement genutzt werden.

In Norddeutschland koinzidiert die Großspeicherung von Wasserstoff in Salzkavernen mit der zentral angelandeten großen Energiemenge aus Offshore-Wind, für die geeignete Netztransportstrukturen fehlen. Durch die Verteilung auf die Energieträger Elektrizität und Wasserstoff wird die Transportinfrastruktur für Strom durch die Infrastruktur für Wasserstoff ergänzt und somit wesentlich entlastet, d. h. die Energiemengen lassen sich sowohl als Strom durchs Netz, gleichzeitig aber auch als chemisch gespeicherte Energie gasförmig unter Druck als Kraftstoff für den Transportsektor oder Grundstoff für die Chemieindustrie und ggf. auch zur Energieversorgung von Haushalten mit Kraft-Wärme-Kopplung transportieren und verteilen. Durch die zentrale Anlagentechnik lassen sich alternativ auch Effizienzpotenziale in der Verflüssigung von Wasserstoff (wegen des hohen Kavernenspeicherdruckes entfällt der erste Prozessschritt der stromintensiven Vorverdichtung) erschließen, wodurch Energie bei hoher Energiedichte z. B. auf der Straße transportiert werden kann.
Ganzheitlichen Ansätzen und der Einsicht in die Notwendigkeit von Speichern großer Energiemengen stehen heute zwei Entwicklungen entgegen. Zum einen ist es der strenge Glaube an die Vorhersehbarkeit der bevorstehenden Energiemarktentwicklungen durch genaue ökonomisch basierte Modelle, zum anderen die der sektoral abgegrenzten Industriestrategien:

- **Glaube an die Aussagekraft ökonomischer Modelle**: Die intuitive Einsicht, dass es auch in Zukunft keinen Homo Oeconomicus geben wird, lässt erahnen, dass die Zukunft der Energieversorgung eher durch Vielfalt bei der Umwandlung, Verteilung und Nutzung zunehmend heimischer, d. h. dezentraler Energieressourcen geprägt sein wird. Grund dafür sind unter anderem Autonomiebestrebungen einiger Regionen bezüglich ihrer Energieversorgungsstrukturen. Perfekte ökonomische Modelle müssen daher hier versagen. Obwohl diese natürlich eine wichtige Funktion für die Abschätzung von Investitionsbedarf haben, darf man ihre Aussagekraft nicht überbewerten. Sie gehen im Allgemeinen heute davon aus, dass, so lange genügend preisgünstige fossile Energien zur Verfügung stehen, der Betrieb von fossil befeuerten Stützkraftwerken in Verbindung mit nahezu idealen Stromtransportnetzen aus Wirtschaftlichkeitsgründen immer groß angelegten Stromspeichern vorzuziehen ist.

- **Sektorales Partikulardenken**: Wichtig ist für eine umfassende Analyse der Einsatzmöglichkeiten von Wasserstoff als Energiespeichermedium eine im Zusammenspiel aller Akteure erarbeitete gemeinsame Strategie von Transport-, Erdgas-, Mineralöl- und Elektrizitätsindustrie. Es ist vor allen Dingen eine politische Aufgabe, die Akteure an einen Tisch zu bringen, um die Potenziale von Wasserstoff als Energieträger neben Strom nicht nur in zentralen, sondern auch in dezentralen Einrichtungen auszuloten und ausschöpfen zu können. Derzeit ziehen alle Protagonisten an unterschiedlichen Strängen und in unterschiedliche Richtungen.

In Ergänzung zu Bölkows Vision einer zukünftigen Energiewirtschaft haben wir heute die Chance, die zentralistisch organisierte Energiewirtschaft in ein dezentrales, demokratisches und partizipatives System zu transformieren, wie es Anna Leidreiter vom World Future Council erst kürzlich formuliert hat [WFC 2012].

Eine wichtige Rolle dabei spielen bereits heute die erneuerbaren Energien, die künftig auch in den Verkehrssektor einziehen werden. Eine andere wichtige Rolle wird die Energiespeicherung mit Batterien oder chemischen Energieträgern übernehmen, hier hauptsächlich in Form von Wasserstoff als universellste Option. Damit lässt sich eine robuste, weniger von oligopolistischen Strukturen abhängige Energieversorgung realisieren.

In Norddeutschland werden Salzkavernen für Wasserstoff gebaut oder umgewidmet werden, um den zentral angelandeten Offshore-Windstrom in großen Mengen zu speichern. Dieser wird dann später zu den Verbrauchern im Verkehr oder in Industrie und Haushalten per Tanklastwagen oder Pipeline verteilt werden. Das Gasnetz wird statt Erdgas zunehmend mit Wasserstoff angereichertes Erdgas oder später auch reinen Wasserstoff aufnehmen. Daneben wird es in Süddeutschland dezentralere Strukturen geben, wo

Tankstellen zu dezentralen „Energiestellen" für die Versorgung von Strom und Wärme für Haushalte und Kraftstoff für den Transportsektor mutieren. Diese werden sich dann vornehmlich aus lokaler erneuerbarer Energie mit lokaler Wasserstofferzeugung und -speicherung speisen.

Wenn wir diese Ziele erreicht haben, werden große Teile von Ludwig Bölkows Vision umgesetzt sein.

Literatur

- (Countercurrents 2012) Webseite der Countercurrents.org.
- (DStatis 2012) Webseite Statistisches Bundesamt, 2012.
- (dena 2012) Webseite dena: http://www.powertogas.info/power-to-gas/strom-in-gas-umwandeln.html in Anlehnung an Sterner et al. 2010.
- (LBEG 2011) Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG): Erdöl und Erdgas in der Bundesrepublik Deutschland 2011, Ausschnitt aus Übersichtskarte der Untertagespeicher für Erdgas, Rohöl, Mineralölprodukte und Flüssiggas, S. 78, http://www.lbeg.niedersachsen.de/download/67965/Erdoel_und_Erdgas_in_der_Bundesrepublik_Deutschland_2011.pdf.
- (LBST 2010) Potenziale der Wind-Wasserstoff-Technologie in der Freien und Hansestadt Hamburg und in Schleswig-Holstein. Studie der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik im Auftrag der Wasserstoffgesellschaft Hamburg e.V., der Freien und Hansestadt Hamburg und des Landes Schleswig-Holstein, April 2010.
- (LBST-1 2011) Wasserstoff aus erneuerbaren Energien: Produktion, Kavernenspeicherung und Nutzung. Detaillierte techno-ökonomische Betrachtung anhand realitätsnaher Annahmen. Studie der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik gemeinsam mit KBB Underground Technologies und DEEP. Underground Engineering für die Volkswagen AG, Februar 2011.
- (LBST-2 2011) EE ZU H2 – Integration von erneuerbaren Energien und H2-Elektrolyse in Deutschland und Baden-Württemberg. Studie der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik für die Energie Baden Württemberg AG, November 2011.
- (LBST 2008) J. Schindler, R. Wurster, M. Zerta, H. Landinger, P. Schmidt, W. Weindorf, V. Blandow: Wasserstoff und Brennstoffzellen – starke Partner erneuerbarer Energiesyteme, Broschüre für den Europäischen Wasserstoffverband (EHA) und den Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellenverband e.V. (DWV), erstellt durch die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, 2008
- (LBST 2012) U. Bünger, J. Michalski, Ch. Stiller, F. Crotogino, S. Donadei, O. Kruck, F. Zündel, J. Muth, J. Hentschel, St. Schmerbeck, F. Seyfried: The role of hydrogen in future energy markets - beyond transport fuel, World Hydrogen Energy Conference XVIX, Toronto, 6. Juni 2012.
- (Leitstudie 2011) Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. Schlussbericht BMU - FKZ 03MAP146, Arbeitsgemeinschaft DLR-Stuttgart, FhG-IWES, IFNE, 29. März 2012.
- (Linke 2012) Linke, G.: Smart gas grids – Anforderungen und Möglichkeiten zur EE-Integration, ETP-Konferenz Energy Innovation Days, Berlin, 13.-14. März 2012.
- (SWB 1997) Reiner, H.: Das Solar-Wasserstoff-Projekt in Neunburg vorm Wald - Erzeugung und verkehrstechnische Anwendung von Wasserstoff auf der Solar-Wasserstoff-Anlage in Neunburg vorm Wald. Schriftenreihe Solarer Wasserstoff, Solar-Wasserstoff-Anlage Nr. 24, Manuskript von 06 / 1997.
- (VDE 2008) Energiespeicher in Stromversorgungssystemen mit hohem Anteil erneuerbarer Energieträger – Bedeutung, Stand der Technik, Handlungsbedarf. VDE Verband der Elektrotechnik, Arbeitskreis ETG, Dezember 2008.
- (VDE 2012) Energiespeicher für die Energiewende - Speicherungsbedarf und Auswirkungen auf das Übertragungsnetz für Szenarien bis 2050. Studie der Energietechnischen Gesellschaft im VDE (ETG), Juni 2012.
- (VES 2002) Verkehrswirtschaftliche Energiestrategie (VES) – eine gemeinsame Initiative von Industrie und Wirtschaft. Zweiter Zwischenbericht der Task-Force an das Steering Committee, Juni 2002.
- (WFC 2012) Leidreiter, A.: Energiewende: Transformation einer Oligopolwirtschaft? EurActiv, 7. Juni 2012.
- (Wietschel 2012) Wietschel, M.: Welche Rolle spielt die Speicherung erneuerbarer Energien im zukünftigen Energiesystem? ETP-Konferenz Energy Innovation Days, Berlin, 13.-14. März 2012.

Boelkow2012_Layout 1 06.08.12 17:37 Seite 55

Kapitel 6

Wissenschaftliche Politikberatung von lokal bis global

Matthias Altmann

Auf lokaler, regionaler, nationaler und europäischer Ebene ist die Politik auf neutrale Informationsquellen und unabhängige, wissenschaftliche Analysen angewiesen. Dazu bedient sie sich teilweise eigener Strukturen, wie beispielsweise dem Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) oder auf europäischer Ebene der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission. Dies wird ergänzt durch die Vergabe von Beratungsaufträgen an externe Institutionen, sowohl teilweise grundfinanzierte, öffentliche Forschungseinrichtungen als auch privatwirtschaftliche Beratungsunternehmen wie die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST).

Seit ihrer Gründung im Jahr 1982 ist die LBST auf den unterschiedlichen politischen Ebenen beratend tätig.

Ist Nachhaltigkeit möglich?

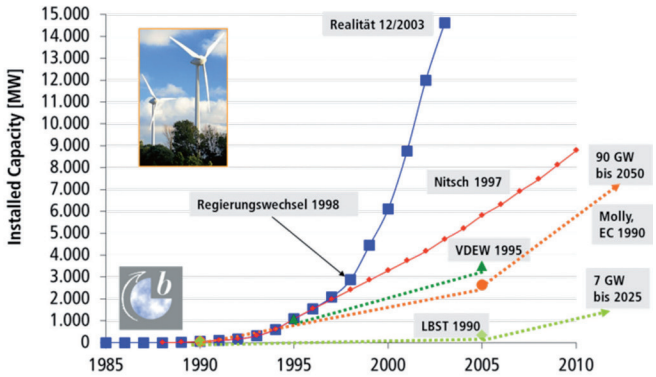
Bereits im Jahr 1988 führte die LBST eine wegweisende Analyse im Auftrag des Bundesministerium für Forschung und Technologie durch: „Kostendegression Photovoltaik: Fertigung multikristalliner Solarzellen und ihr Einsatz im Kraftwerksbereich". Diese Studie untersuchte erstmals systematisch die industrielle Photovoltaikfertigung vom Solarsilizium bis zum Modul. In detaillierten Interviews mit den Entwicklungsabteilungen deutscher im Photovoltaikbereich aktiver Unternehmen wurde jeder Fertigungsschritt einzeln unter die Lupe genommen. Die Frage „Wie würde dieser Fertigungsschritt aussehen, wenn Sie den Durchsatz von einem Stück pro Minute auf 1 000 Stück pro Minute steigern würden?" war den Entwicklern bis dahin noch nie gestellt worden. Die erste Antwort war oft ein Schulterzucken, verwertbare Antworten gab es meistens erst einige Zeit später. Zielsetzung der Analyse war es, das Potenzial zur Kostensenkung bei industrieller Fertigung innerhalb von 5 Jahren aufzuzeigen. Daher wurden ausschließlich bekannte Technologien und Verfahren berücksichtigt und zu einer virtuellen Produktionsanlage mit einer Kapazität von 20 Megawatt Modulleistung pro Jahr zusammengestellt. Aus heutiger Sicht sind die berechneten Kostensenkungen durch Massenproduktion nicht überraschend, 1988 jedoch grenzten sie ans Fantastische. Das Forschungsministerium veröffentlichte die Studie nicht, über die Gründe dafür kann nur spekuliert werden. Allerdings war die grundsätzliche Veröffentlichung der Ergebnisse vertraglich zugesichert worden, so dass ein vielbeachteter Artikel den Mythos der „unbezahlbaren Photovoltaik" erstmals ankratzte.

Titelblatt der Veröffentlichung in Bild der Wissenschaft 1988

In einem aufwändigen und umfangreichen Arbeitsprogramm untersuchte wenig später die Enquête-Kommission des Deutschen Bundestags „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre" die erneuerbaren Energien. Der Abschlussbericht von 1990 umfasste rund 1 700 Seiten. Allein die Übersicht der Handlungsempfehlungen für internationale, EU-weite und nationale Maßnahmen sowie für die Ausgestaltung einer Internationalen Konvention über Klima und Energie umfasste 50 Seiten. Auch die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik trug zwei Studien zur Windenergie sowie zu energiebedingten Methanemissionen bei, koordinierte alle Arbeiten und trug die Ergebnisse zusammen. Diese systematische und umfassende Arbeit wurde zum Standardwerk und gab der Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland einen wesentlichen Schub.

Wie führt man Nachhaltigkeit ein?

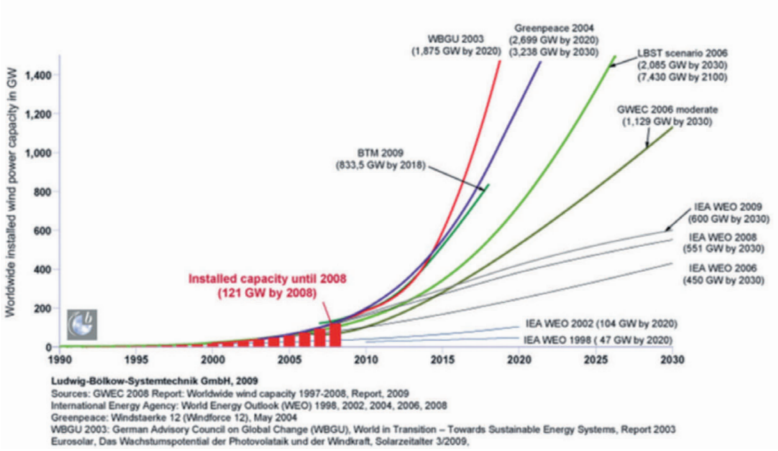
Am 1. Januar 1991 trat das Stromeinspeisungsgesetz in Kraft, das eine fixe Vergütung für die Einspeisung von Windstrom festlegte und der Vorläufer des Erneuerbare-Energien-Gesetzes war, von dem es am 1. April 2000 abgelöst wurde. Dieses Gesetz war erfolgreicher als es alle Prognosen und Szenarien der Entwicklung der Windkraft für möglich gehalten hatten, wie eine Analyse der LBST aus dem Jahr 2004 zeigt (siehe Grafik). Die grundlegende Schwäche aller Szenarien war es, eine lineare Entwicklung anzunehmen, während die durch das Gesetz entfaltete Entwicklungsdynamik ein exponentielles Wachstum ermöglichte. Weder die LBST hat dies in der oben erwähnten Arbeit für die Enquête-Kommission vorausgesehen, wie die Kurve „LBST 1990" im Bild unten zeigt, noch andere Experten oder Interessensverbände, die selbst viele Jahre nach Beginn der Windkraftentwicklung noch grundlegend falsch lagen in ihren weitergehenden Prognosen.



Die Entwicklung der Windenergienutzung in Deutschland übertraf alle Prognosen

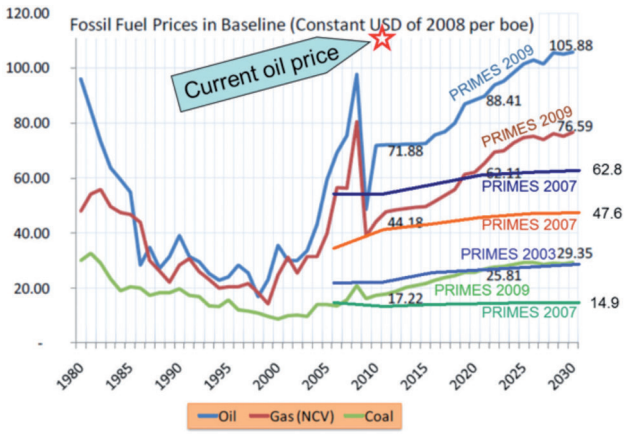
Nachhaltigkeit wird zwingend

Eine ähnliche Analyse der LBST aus dem Jahr 2010 für den Deutschen und für den Europäischen Wasserstoff-Verband zeigt zumindest teilweise ein Umdenken. Allerdings fällt auf, dass die Prognosen der Internationalen Energieagentur (IEA) weiterhin der Entwicklung hinterherlaufen und im Wesentlichen lineare Entwicklungen unterstellen. Die Entwicklung ist längst auch in anderen Weltregionen sehr dynamisch verlaufen, so dass eine stabile Weiterentwicklung zu erwarten ist.



Prognosen und reale Entwicklung der weltweiten Windenergienutzung

Ein fundamentaler Grund für solche Fehleinschätzungen ökonomischer Prognosemodelle liegt in der oft realitätsfernen Vorhersage fossiler Energiepreise. Die langfristigen Ölpreise werden auf der Basis einfacher volkswirtschaftlicher Zusammenhänge als abhängig von der statischen Reichweite der Ölreserven angenommen, deren Entwicklung wiederum von der zukünftigen Ressourcenverfügbarkeit abhängt. Üblicherweise werden hier als weltweit akzeptierteste Quelle die Abschätzungen des US Geological Survey aus dem Jahr 2000 verwendet, die jedoch wesentlich höhere Ressourcen ermittelt haben als praktisch alle anderen wissenschaftlichen Analysen weltweit. Auch die Europäische Kommission beauftragt regelmäßig Energieprognosen, die auf diesem Ansatz beruhen. Die folgende Grafik der LBST aus der 2011er Studie „Energy Infrastruc-



Ölpreisentwicklung und Prognosen

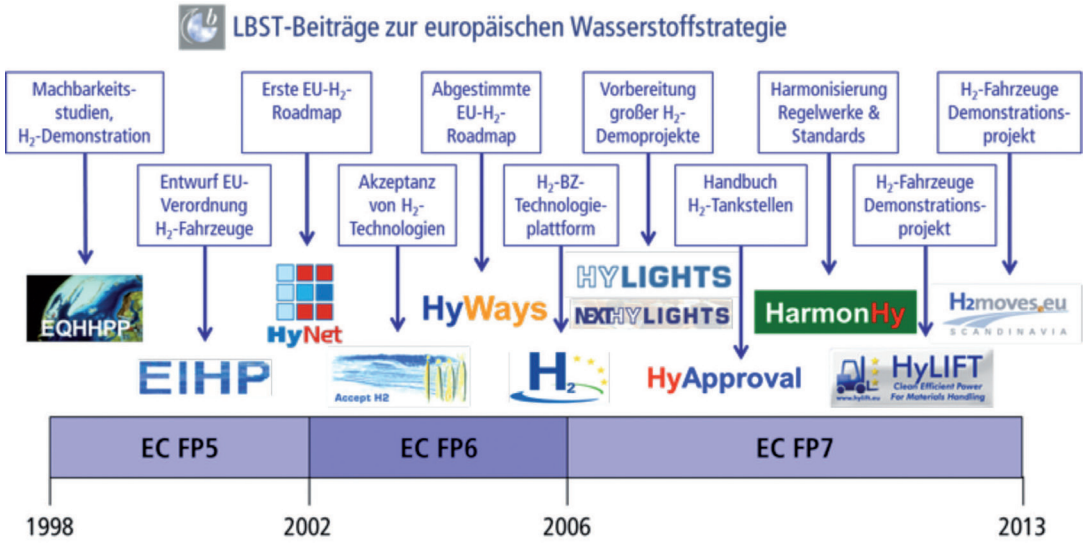
ture Priorities" für den Ausschuss für Industrie, Forschung und Energie im Europaparlament zeigt deutlich, dass dieser Ansatz des PRIMES-Modells nicht in der Lage ist, die Realität der fossilen Energiepreise abzubilden: selbst für das Jahr 2030 werden Ölpreise ermittelt, die unter den aktuellen Preisen liegen! Hier ist die Politik gefragt, der Wissenschaft die richtigen Fragen zu stellen und die getroffenen Annahmen in den von ihr beauftragten wissenschaftlichen Analysen kritisch zu hinterfragen.

Insbesondere der Verkehr hängt vollständig vom Erdöl ab und ist damit besonders anfällig für Preissteigerungen beim Rohöl. Neben der Klimawirksamkeit des Verkehrs ist diese einseitige Abhängigkeit eine wesentliche strategische Verletzlichkeit, derer sich die Politik klar bewusst ist. Daher wird auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene systematisch an alternativen Antrieben und Kraftstoffen gearbeitet. Insbesondere im Themenfeld Brennstoffzellenantriebe und Wasserstoff als Kraftstoff hat die LBST hier auf europäischer Ebene über zwei Jahrzehnte wesentliche strategische Beiträge geleistet, die sowohl der Politik als auch der Forschung und der industriellen Entwicklung dienen.

Anforderungen an die Politikberatung

An diesem Punkt ist es angebracht, sich mit der grundlegenden Aufgabe und Funktion von Politikberatung zu befassen.

Der deutsche Philosoph Jürgen Habermas hat sich bereits in den 1960er Jahren ausführlich mit sozialwissenschaftlichen Modellen der Politikberatung befasst. Dabei werden im Allgemeinen drei grundlegende Modelle unterschieden: das technokratische, das dezisionistische und das pragmatische Modell. Das technokratische Modell geht von einem rational deduktiv erfahrbaren, mechanistischen Weltmodell aus und wird daher in der sozialwissenschaftlichen Diskussion grundlegend kritisiert. Dem dezisionistischen Modell liegt die Forderung nach einer scharfen Trennung von Sach- und Wertaussagen zugrunde. Damit ist es durch eine strikte Trennung der Funktionen des Sachverständigen und der des Politikers gekennzeichnet. Dies wird unter anderem kritisiert mit dem Hinweis darauf, dass auch Wertentscheidungen wissenschaftlich hinterfragt werden können und



Beiträge der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH zu einer europäischen Wasserstoffstrategie

Heading	Policy Area	Title		Sustainablility	Comments
1a	Enterprise	02 04 01 03	Research related to transport (Galileo)	☺	
	Transport	06 01	Administrative expenditure of 'Mobility and Transport' policy area	☺	
		06 02	Inland, air and maritime transport	😐	air
		06 03	Trans-European Networks – Transport (TEN-T)	☹	Notably road
		06 06	Research related to transport	☹	
	Research	08 07	Cooperation – Transport (including aeronautics)	😐	notably air
	JRC	10 02	Directly financed research operational appropriations – FP7 – EC-JRC		partly dedicated to transport
1b			Structural and Cohesion Funds	☹	road, air, partly multimodal
2	Health	17 03 09	Complex research on Health, Environment, Transport and Climate Change (HETC) – Improvement of indoor & outdoor air quality		
Total				☹	excl. JRC, Health

EU-Subventionen für umweltverschmutzende und nicht nachhaltige Aktivitäten

dass die Verständigung zwischen Wissenschaftlern und Politikern auch eine Diskussion der Wertvorstellungen, Ziele und Interessen erfordert. Das pragmatische Modell hat zum Ziel, das empirisch-strategische Wissen der Wissenschaft und die Wertorientierung der Politik einer wissenschaftlich fundierten Diskussion zugänglich zu machen und damit die Schwächen der beiden vorgenannten Modelle aufzuheben. Hier kommt der Wissenschaft neben der reinen Analyse und der Entwicklung von Handlungsmöglichkeiten die Aufgabe zu, schon in der Präzisierung, der Interpretation und in der Priorisierung der Zielsetzungen zu unterstützen. Am Ende der Kette gilt es bei mehreren Handlungsmöglichkeiten die beste Lösung zu ermitteln sowie abschließend den wissenschaftlichen Lösungsvorschlag in die Sprache der Politik zu übersetzen und politische Handlungsalternativen zu verdeutlichen.

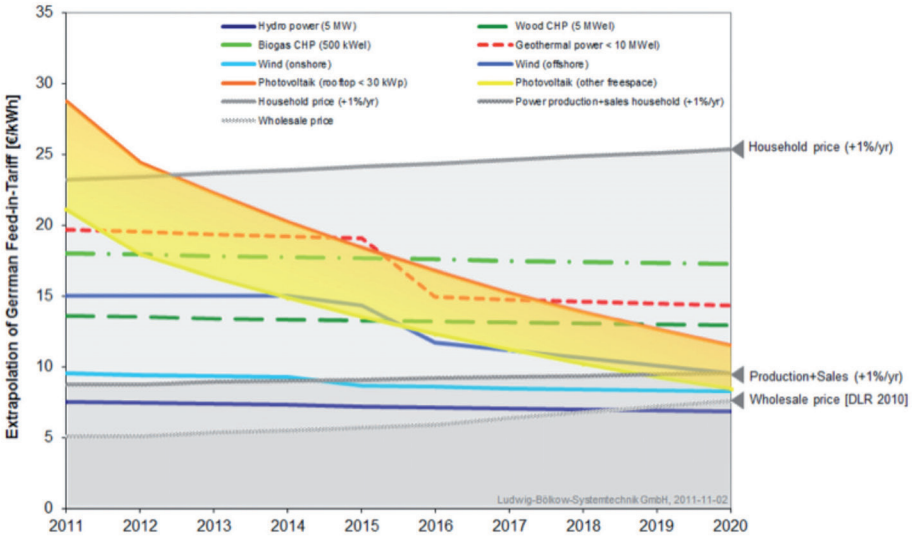
In der Praxis der Politikberatung treten in unterschiedlichem Maß Schwächen auf. Hier ist einerseits die mangelnde Vielfalt der wissenschaftlichen Perspektiven und Ansätze zu nennen sowie andererseits die mangelnde Transparenz, insbesondere die fehlende Verpflichtung der politischen Institutionen zur Veröffentlichung von Beratungsergebnissen.

Das Handwörterbuch des politischen Systems der Bundesrepublik Deutschland kritisiert:

> *„Da das Selbstverständnis der wissenschaftlichen Politikberatung und der beratenden Praktiker divergiert, verwundert es nicht, dass Ergebnisse der Politikberatung sehr unterschiedliche Folgen aufweisen: Neben weithin unbeachteten Studien stehen solche, die die praktizierte Politik rechtfertigen („Alibifunktion"). Neben Studien, die wegen unerwünschter Befunde geheimgehalten werden, finden sich veröffentlichte Untersuchungen, denen ein gewisser Einfluss auf politische Entscheidungen zuzusprechen ist. Dazu kommen Analysen, deren Geheimhaltung geradezu Voraussetzung ihrer Vergabe und Verwendung ist. Hieran zeigt sich, dass die wissenschaftliche Beratung der Politik im Spannungsverhältnis von Diagnose, Prognose, Handlungsempfehlung und Prävention stattfindet. Findet ein wirklicher Dialog zwischen Ratgebern und Beratern im Sinne des pragmatistischen Modells statt, kann dieser für Politik und Wissenschaft trotz unterschiedlicher Funktionslogiken eine Bereicherung darstellen."*

Die Autoren empfehlen:

> *„Um einseitigen Stellungnahmen und Verwertungen entgegenzuwirken, sollten die Beratungsergebnisse veröffentlicht, die Kriterien der Auswahl von Experten offengelegt, Unabhängigkeit und Verantwortung der Berater gesichert und die Wahrnehmung der Beratungsfunktionen zeitlich befristet werden."*



Mit positivem Beispiel voran gehen hier seit einigen Jahren zunehmend die europäischen Institutionen, die Transparenz zur wichtigen Leitlinie aller Handlungen erhoben haben. Auch wenn es hier sicherlich noch Defizite gibt, ist ein deutliches politisches Bemühen erkennbar, das von den Verwaltungen auch zunehmend gelebt wird.

In Richtung 100 Prozent Nachhaltigkeit

Neben dem formalen Bemühen um Transparenz ist auch ein zunehmendes Bemühen um inhaltliche Transparenz im Bereich der Nachhaltigkeit zu erkennen. Die Tabelle auf der gegenüberliegenden Seite zeigt ein Beispiel aus der 2011er Studie „EU Subsidies for Polluting and Unsustainable Practices" für den Ausschuss für Umweltfragen, öffentliche Gesundheit und Lebensmittelsicherheit im Europaparlament, in dem die LBST die Ausgaben der EU im Verkehrsbereich auf ihre nachhaltige Ausrichtung überprüft hat. An vielen Stellen ist hier ein erheblicher Verbesserungsbedarf gegeben. Die vergleichbare Analyse im Energiebereich hat schon ein „grüneres" Bild ergeben.

Mit ihrer langfristigen und globalen Perspektive und dem umfassenden Systemansatz hat die LBST einige Beiträge zu einer nachhaltigen Politik in Deutschland und Europa geleistet. Durch die komplexer werdenden Herausforderungen im Energie- und Mobilitätsbereich wird diese Expertise und Methodenkompetenz der LBST sicherlich auch in Zukunft die Politik sinnvoll und zielgerichtet unterstützen können.

Sinkende Erzeugungskosten von Solar- und Windstrom sorgen für strukturelle Veränderungen, sobald die Kosten unter die Strombezugspreise fallen

Zu den drängenden langfristigen Themen gehören unter anderem die zunehmende Integration der erneuerbaren Energien in die Stromversorgung durch Ausbau der Energienetze, Stromspeicherung und Einbindung der Nachfrageseite, die Gestaltung der Energiemärkte sowie die Verknüpfung der Strom-, Wärme- und Kraftstoffmärkte. Wind- und Solarenergie stehen am Übergang von Fördermärkten in die konventionellen Energiemärkte. Die obige Grafik der LBST aus der 2012er Studie „European Renewable Energy Grid" für den Ausschuss für Industrie, Forschung und Energie im Europaparlament zeigt den ersten Schritt von Wind und insbesondere Photovoltaik dahin durch Erreichen der sogenannten Grid Parity, bei der Solarstromerzeugungskosten unter die Strombezugspreise der Endkunden sinken und damit wirtschaftlich attraktiv werden, unabhängig von Förderinstrumenten. Das Überschreiten dieser Schwelle führt zu einer zusätzlichen Dynamik, die strukturelle Veränderungen mit sich bringt. Der Übergang in die ungeförderten Energiemärkte muss gestaltet werden und bietet viele Geschäftschancen, aber auch Risiken, wie die aktuelle Situation der Solarbranche in Deutschland zeigt.

Angesichts dieser Herausforderungen hat Politikberatung auf allen Ebenen eine sonnige Zukunft, sowohl für die Wissenschaft als auch für die Politik zum Wohl der Gesellschaft.

Kapitel 7

Die Energy Watch Group und ihre Bedeutung

Hans-Josef Fell

Ludwig Bölkow, der große Mann der europäischen Luftfahrt, nahm den selbstverständlichen Grundsatz ernst, dass Flugzeuge nur fliegen können, wenn sie genügend Treibstoff zur Verfügung haben. Die vom Club of Rome 1972 erstmals formulierte Endlichkeit der fossilen Ressourcen hat er deshalb ernst genommen und hat Zweifel an den beschwichtigenden Äußerungen von Erdölwirtschaft und dem Mainstream der Wissenschaftler geäußert. Unisono haben diese immer wieder betont, es würden noch genügend Erdölressourcen im Boden schlummern, man müsse nur weiter explorieren und bohren und mit steigenden Preisen lohne sich ja auch eine teurere Förderung. Ernsthafte Engpässe der Erdölversorgung gäbe es daher nicht vor 2030. Diese Meinung wird auch heute im Jahre 2012 noch vielfach propagiert, wie erneut im jüngsten Energieoutlook von BP nachzulesen ist.

Doch Ludwig Bölkow wollte es genau wissen. Immerhin wäre es ja verheerend für „seine Flugzeugindustrie", wenn der Treibstoff lange vor 2030 auf der Welt knapper werden würde. So gründete er eigens eine wissenschaftliche Einrichtung, die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST), die den Auftrag bekam, sich intensiv wissenschaftlich mit der Verfügbarkeit von Erdöl und anderen Energierohstoffen zu befassen. Damit gab es erstmals im deutschsprachigen Raum eine kompetente Wissenschaft, die auch auf die Vorarbeiten von kritischer Wissenschaft, vor allem aus dem Umfeld der Association for the Study of Peak Oil and Gas (ASPO) zurückgreifen konnte und zunehmend eigene Analysen vornahm. Frühzeitig wurden von der LBST auch umfangreiche Analysen zu alternativen Antriebsenergien vorangetrieben, vor allem Wasserstoff, aber auch Biokraftstoffe und mit Ökostrom betriebene elektrische Antriebe.

Auch mir selbst gaben die Analysen des Club of Rome entscheidende Impulse in meinem erwachenden politischen Bewusstsein. Die Analysen des von US-Präsident Jimmy Carter in Auftrag gegebenen „Global-2000"-Reports und die Veröffentlichungen der ASPO sensibilisierten mein kritisches Bewusstsein weiter. Besonders elektrisiert wurde ich als gerade neu in den Bundestag gewählter Abgeordneter in einer eher zufälligen gemeinsamen Bahnfahrt im Jahr 1999, wo mir der langjährige Leiter der LBST, Jörg Schindler, die Forschungsergebnisse der LBST näher brachte. Besonders beeindruckend für mich waren die Detailanalysen über die einzelnen Förderfelder und Förderregionen. So wurde der Förderhöhepunkt für die britischen Nordseefelder von LBST etwa auf das Jahr 2000 datiert. Eine Aussage, die für viele Analysten provokant erschien und schnell in das Reich der störenden Schwarzmaler abgetan wurde. Es gäbe doch viele Investitionen in die britischen Ölfelder und daher werde die britische Ölförderung auch weiterhin zunehmen. Selbst nachdem wenige Jahre später klar wurde, dass die Analysen der LBST völlig richtig lagen und eben nicht die der Mainstreamanalysten, gingen die Zurückweisungen bis hin zur Ignoranz der Peak-Oil-Theorie munter weiter.

Was mich dabei am meisten ärgerte, war die Verhaltensweise vieler Analysten, Wissenschaftler, Wirtschaftsmanager und Politiker, die diese Analysen als nicht wissenschaftlich tragfähig abwiesen, ohne die Details zu analysieren, die den LBST Forschungen zu Grunde lagen. Abgetan wurden die LBST- und ASPO-Erkenntnisse meist mit dem Argument, dass der Mainstream der Wissenschaft zu anderen Ergebnissen käme und deshalb diese Außenseitermeinung doch gar nicht tragfähig sei. So als wenn die Richtigkeit der Wissenschaftserkenntnisse von Meinungsumfragen unter Wissenschaftlern abhinge und nicht von deduktiven akribischen Detailerkenntnisgewinnen. Ich konnte aber niemanden aus diesem Mainstream sehen, der sich die Mühe machte, die Peak-Oil-Erkenntnisse bis ins Detail nachzu-

vollziehen und dann schlüssig zu widerlegen. Als Physikstudent hatte ich aber gelernt, dass es zur Beweisführung einer These einer exakten Analyse bis ins Detail bedarf.

Als ich dann diese meine Meinung in entsprechenden Gremien vortrug, wurde sie oftmals zurückgewiesen, mit dem immer gleichen Argument, dass sich die Mehrheit der Wissenschaftler doch nicht irren könne. Mir war aber zu diesem Zeitpunkt auch klar geworden, dass die meisten Analysen auf den Veröffentlichungen der Internationalen Energie Agentur (IEA) in Paris beruhten, die wiederum im Wesentlichen auf dem US Geological Survey fundierten. Dabei ist doch gerade dessen Nähe zu den Interessen der Erdölwirtschaft bekannt. Die weitgehende Zurückweisung der Peak-Oil-Theorie fand bis hinein in die Enquetekommission für Energie des deutschen Bundestages in der Wahlperiode 1998-2002 statt, der ich als Mitglied für die Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen angehörte. Selbst bei den von Rot-Grün bestellten Sachverständigen wurde die Peak-Oil-Theorie nicht ernst genommen. In einer internen Sitzung der grünen Sachverständigen mahnte ich eine echte Detailanalyse zu diesen Fragen an, die aber erneut zurückgewiesen wurde, mit dem Argument die Mehrheit der Wissenschaftler könne sich doch nicht irren. Selbst mein Hinweis, dass es dann auch heute noch herrschende Meinung sein müsse, die Erde sei eine Scheibe, weil eben auch Galileo Galilei mit dem Hinweis, dass sich die Mehrheit der Wissenschaftler nicht irren könne, als Ketzer verurteilt wurde, half nicht weiter.

Ich versuchte die Dramatik, die sich mit dem Hineinschlittern der Weltgemeinschaft in das Peak-Oil-Problem ergab, auch an anderer Stelle vorzubringen. So beispielsweise in intensiven internen Gesprächen mit dem Abteilungsleiter für Energie im Kanzleramt unter dem damaligen Bundeskanzler Gerhard Schröder. Doch auch dort die gleiche Ignoranz: Die Mehrheit der Wissenschaft sage, es gäbe kein Peak-Oil-Problem, also gibt es auch keines.

Wie denn dann die sich nun schon in der Mitte des letzten Jahrzehntes abzeichnenden Ölpreissteigerungen zu erklären seien, wurde meist abgetan mit dem Hinweis, dass dies nur Spekulanten seien, deren Macht man eben einschränken müsse. Dann sinke der Ölpreis wieder auf ein verträgliches Niveau, mit etwa 22 Dollar pro Barrel, wie es die IEA im Jahr 2004 für die Jahre nach 2010 prognostizierte, oder wenigstens auf 60 Dollar, wie die späteren IEA Prognosen angaben und wie es die deutsche Bundesregierung bis heute annimmt. Dass mit diesen Fehlprognosen Wirtschaftscrashs mitverursacht werden, scheint ja kaum jemanden zu interessieren. Und die einzige wirksame Lösung „weg vom Öl" mit Energieeinsparung und der Umstellung auf Erneuerbare Energien wurde als unbezahlbare und viel zu teure Klimaschutzmaßnahme abgetan.

Mich hat diese Ignoranz bei den meisten Politikern, Medien, Managern und Wissenschaftler sehr irritiert. Dachte ich doch, wenn ein ernstes Problem auftaucht, dann würden genügend Verantwortliche ernsthaft daran gehen es zu analysieren und entsprechende Lösungen vorschlagen. Da hatte ich mich gründlich geirrt. Offensichtlich ist der Einfluss der Mineralölkonzerne so gewaltig, dass es ihnen vielfach gelingt, die öffentliche Meinung zu dominieren und über die von der OECD getragene IEA auch die weltweite Regierungspolitik für ihre Interessen zu gewinnen.

Meine Erkenntnis aus diesem Dilemma war, dass man eben eine schlagkräftige, vielfach vernehmbare, von den Interessen der Energiewirtschaft und von Regierungsstellen unabhängige sowie wissenschaftlich sattelfeste Organisation gründen müsse, die der IEA etwas entgegensetzen kann. So reiften bei mir frühzeitig die Gedanken zur Gründung der Energy Watch Group (EWG). Ich versuchte Gleichgesinnte aus den Bereichen Wissenschaft, Politik und Medien für den Gedanken der EWG zu gewinnen. Grundgedanke war es einen „Real Energy Outlook" als Gegenstück zum „World Energy Outlook" der IEA zu präsentieren. Dieser sollte nicht nur eine Analyse der Verfügbarkeit der fossilen und atomaren Rohstoffe in den nächsten Jahrzehnten fertigen, sondern auch das mögliche Wachstum der Erneuerbaren Energien darstellen. So sollte ein Gesamtbild der Verfügbarkeit von Energie für die kommenden Jahrzehnte gezeichnet werden.

Mit Unterstützern aus dem parlamentarischen und wissenschaftlichen Raum konnte im Juni 2006 die EWG initiiert werden. Dr. Harry Lehmann übernahm die wissenschaftliche Leitung. Um die finanzielle Unabhängigkeit zu gewährleisten erklärte sich der Vorstand der Ludwig-Bölkow-Stiftung unter Dr. Walter Kroy bereit, die Finanzierungsabwicklung zu übernehmen. Die wissenschaftlichen Projekte und die Öffentlichkeitsarbeit wurden aus zweckgebundenen Spenden an die Ludwig-Bölkow-Stiftung finanziert. Somit war gewährleistet, dass kein Spender inhaltlichen Einfluss auf die Studien nehmen konnte. Die wissenschaft-

liche Unabhängigkeit war gewährleistet. Mit Thomas Seltmann wurde das Projektmanagement hervorragend organisiert.

Bisher konnte so eine umfangreiche Anzahl von weltweit beachteten Studien erstellt und medial verbreitet werden. Eine Zusammenschau lässt sich auf der Homepage der EWG www.energywatchgroup.org nachlesen. So hatte die EWG erstmals Studien zur weltweiten Verfügbarkeit des atomaren Brennstoffs Uran und für die Kohle vorgelegt, mit den klaren Aussagen, dass bisher deren Verfügbarkeit weit überschätzt wurde. Den Durchbruch erreichte die EWG mit der Erdölstudie im Oktober 2007. Weltweit wurde über die Studie berichtet. Die EWG wird seitdem vielfach als wissenschaftliche Primärquelle verwendet. Die EWG legte damals das Erreichen des Peak-Oil für „crude oil" auf 2006 fest. Vielfach wurde dies erneut kritisiert. Einige Jahre später musste selbst die IEA eingestehen, dass 2006 der Peak für „crude oil" erreicht wurde. Seitdem die EWG die Peak-Oil-Theorie klar wissenschaftlich belegte und medial verbreitete, begannen immer mehr Medien, Manager, Wissenschaftler und Politiker sich ernsthaft damit auseinander zu setzen.

Pressekonferenz der Energy Watch Group am 22. Oktober2007 in London. (Foto: Energy Watch Group)

Im November 2008 folgte dann die vielbeachtete Studie der EWG zum weltweiten Ausbauszenario der Erneuerbaren Energien. Die EWG veröffentlichte auch die weltweite Windstudie des Schweizer Nationalrates Rudolf Rechsteiner. Im März 2010 lud die EWG den Stanford Professor Dr. Jacobsen nach Deutschland ein. Dr. Jacobsen hatte zusammen mit Dr. DeLucchi von der Davis Universität in Kalifornien in einer Studie nachgewiesen, dass ein weltweiter Umbau der Energieversorgung auf 100 Prozent Erneuerbare Energien technologisch und industriell machbar ist. Zudem ist diese Umstellung sogar finanziell kostengünstiger als die Beibehaltung des konventionellen Energiesystems.

Trotz der großen wissenschaftlichen und medialen Erfolge der EWG gibt es weiterhin viel Überzeugungsarbeit zu leisten. Die Ignoranz gebenüber dem Peak-Oil-Problem ist immer noch weit verbreitet. Ein besonders gravierendes Beispiel ist der BP Energy outlook 2030. Danach wächst die Verfügbarkeit aller fossilen Energieträger weiter an. Sogar für Erdöl prognostiziert BP eine weltweite Fördersteigerung von jährlich 0,7 Prozent. Eine nur wahrlich absurd zu nennende, aber klar interessensgeleitete Prognose.

Dabei sind die negativen Auswirkungen nach Überschreiten des Peak-Oil für die Volkswirtschaften und die Sicherheitslage der Nationen gravierend bis katastrophal, je nachdem ob sich die auftuende Energielücke mit Einsparung und Umstellung auf Erneuerbare Energien schließen lässt oder eben nicht. In einem Positionspapier hatte eine Gruppe von grünen Bundestagsabgeordneten erstmals 2009 eine politische Bewertung vorgenommen. Besonders brisant ist die Sicherheitsanalyse des Transformationszentrums der deutschen Bundeswehr vom Jahr 2011. Darin wird vor katastrophalen Auswirkungen nach Überschreiten des weltweiten Peak-Oil gewarnt: Bankenzusammenbrüche, Staatsbankrotte, weltweite Wirtschaftskrisen, Massenentlassungen, Hungersnöte.

Immer noch ignorieren viele Verantwortliche in Politik und Wirtschaft die gesellschaftliche und wirtschaftliche Sprengkraft, die mit der Verknappung der Verfügbarkeit der Energierohstoffe einhergeht. Dabei gibt es genügend nicht mehr zu übersehende Warnsignale. So ist die europäische Ölrechnung von 2010 bis 2011 mit verheerenden

Folgen für die öffentlichen und privaten Haushalte von 280 Milliarden Euro auf 400 Milliarden Euro gestiegen. Von 2009 auf 2010 sind die staatlichen Subventionen in die fossile Energiewirtschaft von 312 auf 409 Milliarden US Dollar gestiegen. Der Grund ist schnell gefunden: Angesichts der gestiegenen Rohstoffpreise stöhnen immer mehr Verbraucher über hohe Energiekosten. Um soziale Verwerfungen oder Aufstände zu vermeiden stecken immer mehr Nationen immer höhere Staatsausgaben in die Subventionierung der fossilen Energiepreise. Eine verheerende Spirale, die die Staatsverschuldungen immer weiter nach oben treibt und gleichzeitig die wirklichen Lösungen behindert: Umstellung auf 100 Prozent Erneuerbare Energien, zusammen mit Energieeinsparung.

Auch in Deutschland nimmt die Diskussion um die Energiepreise immer weiter zu. Als deren Ursache werden vielfach die Erneuerbaren Energien angeprangert, obwohl sie sogar schon die Strompreise an der Börse senken. Als Preistreiber der fossilen Energiepreise wird immer wieder der österliche oder sommerliche Reiseverkehr zusammen mit angeblich skrupellosen Spekulanten genannt. Darauf basierend werden dann steuerliche Geschenke wie die Erhöhung der Pendlerpauschale oder die Senkung der Mineralölsteuer versprochen. Schuldenbremse und schnelle steigende Staatsverschuldung sind dann schnell vergessen.

Die Konsequenz aus dieser Debatte ist: Die Arbeit der EWG ist längst nicht beendet, genauso wie die der gemeinnützigen Ludwig-Bölkow-Stiftung und der Wissenschaftseinrichtung Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. Es wäre ganz im Sinne von Ludwig Bölkow, wenn sich noch mehr Menschen auch finanziell an der weiteren unabhängigen wissenschaftlichen Durchleuchtung der Energiefragen der Welt engagieren würden. Nur mit klaren wissenschaftlichen Analysen und deren medialer Verbreitung lassen sich populistische Scheinlösungen wie Steuersenkungen verhindern und die wirklichen Lösungen schnell angehen: Die Umstellung auf 100 Prozent Erneuerbare Energien und Energieeinsparung.

Kapitel 8

Energiepolitik braucht objektive Informationen: Über die Arbeit der Energy Watch Group

Thomas Seltmann

Energiewirtschaft und Regierungsorganisationen pflegen den Glauben an die unbegrenzte Verfügbarkeit billiger Energie aus konventionellen Quellen. Verschwiegen wird, dass die Vorräte an fossilen und atomaren Energieträgern schneller als erwartet knapp werden oder schon knapp sind. Verdrängt wird, dass diese Verknappung eine existenzielle Bedrohung der Weltwirtschaft bedeutet. Marginalisiert wird die schnelle Entwicklung der erneuerbaren Energien, die früher und umfassender als erwartet die Energieversorgung übernehmen könnten.

Energiepolitik braucht aber objektive Informationen. Deshalb wurde auf Initiative des deutschen Parlamentariers Hans-Josef Fell und weiterer Parlamentarier aus anderen Ländern die Energy Watch Group gegründet. Träger ist die Ludwig-Bölkow-Stiftung.

Ziel ist es, eine regierungsunabhängige Informationsquelle für energiepolitische Entscheidungen aufzubauen. In dem Projekt erarbeiten Wissenschaftler unabhängig von Regierungs- und Unternehmensinteressen Studien über

- die Verknappung der fossilen und atomaren Energieressourcen,
- Ausbauszenarien für die erneuerbaren Energien sowie
- daraus abzuleitende Strategien für eine langfristig sichere Energieversorgung zu bezahlbaren Preisen.

Die Wissenschaftler erheben und analysieren also nicht nur ökologische, sondern vor allem ökonomische und technologische Zusammenhänge. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden über die Fachkreise hinaus in die politisch interessierte Öffentlichkeit transportiert.

Politik, Medien und Öffentlichkeit wurden bisher über Energiefragen fast ausschließlich von Akteuren informiert, die zuerst ihre eigenen Interessen verfolgen. Viele von ihnen haben sogar ein existenzielles Interesse, die Brisanz der Lage zu verschleiern:

- Beispielsweise die Produzenten fossiler und atomarer Brennstoffe, damit Alternativen nicht energisch vorangetrieben werden;
- Beispielsweise Regierungen, um einschneidende Maßnahmen nicht ergreifen und dramatische Versäumnisse nicht eingestehen zu müssen;
- Beispielsweise die Anbieter etablierter Verbrauchstechniken, um ihre Marktmacht und Marktanteile nicht vorzeitig einzubüßen.

Durch systematische Desinformation ist wertvolle Zeit untätig verstrichen. Umso wichtiger und dringlicher ist es jetzt, die reale Situation ungeschminkt darzustellen: absehbare Probleme ebenso wie belastbare Lösungen.

Transparenz, wie sie sich die Energy Watch Group auf die Fahnen geschrieben hat, befreit von Illusionen und Halbwahrheiten und öffnet die Augen für neue Chancen. Viele Briefe, E-Mails und Anrufe, die uns erreichen, drücken dies mit Interesse, Zustimmung und Begeisterung aus.

Die Energy Watch Group agiert als internationales Netzwerk von Wissenschaftlern und Parlamentariern überparteilich und unabhängig von wirtschaftlichen Einzelinteressen. Die Arbeit richtet sich an Politik, Wirtschaft und über Medien vor allem an die Öffentlichkeit. Ein großer Teil der organisatorischen und inhaltlichen Arbeit, vor allem der Beiratsmitglieder, wird ehrenamtlich geleistet.

Auf den Punkt gebracht:

- Energiepolitik braucht objektive Informationen: Bisherige Akteure auf dem Meinungsmarkt verfolgen individuelle politische oder wirtschaftliche Interessen;

- Unabhängige Informationen vermeiden betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Fehlentscheidungen und Fehlinvestitionen in Milliardenhöhe;
- Informationstransparenz beschleunigt die Durchsetzung nachhaltigkeitsorientierter Innovationen wie Energieeffizienz und erneuerbare Energien;
- Die Energy Watch Group betreibt weder Zweckoptimismus noch Panikmache, sondern faktenorientierte Analyse und Gesamtschau.

Mit bemerkenswert kleinen finanziellen Ressourcen und umfangreicher ehrenamtlicher Arbeit hat sich die Energy Watch Group bei Medien, Politik und Wissenschaft als Ansprechpartner und Quelle für glaubwürdige, unabhängige Informationen zu Energieversorgung und Energiewirtschaft etabliert. Damit ist es gelungen, eine neue vielbeachtete unabhängige Stimme zu etablieren – für den unmittelbaren Zugang zu realen Daten und Fakten über die Versorgung mit Energieressourcen. Die Energy Watch Group leistet einen Dienst, der insbesondere bei Journalisten einen dringenden Bedarf deckt.

Alle mit hohem Aufwand erstellten Studien und viele ergänzende Informationen und Veröffentlichungen sind auf der Internetseite der Energy Watch Group frei zugänglich.

Chronik der Arbeit der Energy Watch Group

Juni 2006
Hans-Josef Fell, MdB, initiiert die Gründung der Energy Watch Group mit der Einladung an unabhängige Wissenschaftler, die Verfügbarkeit der weltweiten Energieressourcen realitätsnah zu untersuchen. Die Ludwig-Bölkow-Stiftung wird Träger.

November 2006
Die Teilstudie über das Uran wird veröffentlicht – als erste unabhängige Analyse über diesen Rohstoff.

April 2007
Die Teilstudie über die Kohle wird veröffentlicht, die erstmals im Rahmen einer umfassenden Bestandsaufnahme eine mögliche künftige Verknappung aufzeigt.

Juni 2007
Eine Analyse über die Auswirkungen der steigenden Uranpreise auf den Atomstrompreis wird veröffentlicht. Anders als in der verbreiteten Meinung ergibt sich daraus ein Einfluss des Rohstoffpreises auf die Stromerzeugungskosten.

Oktober 2007
Von der ersten großen Pressekonferenz der EWG in London berichten prominente internationale Medien in TV, Radio, Print und online über die Erdöl-Studie. Der Durchbruch macht die EWG zur Primärquelle für zitierfähige Informationen.

Pressekonferenz der Energy Watch Group im Bundespressehaus in Berlin im Mai 2008 (Foto A. Morhart)

Mai 2008
Die deutsche aktualisierte Fassung der Erdölstudie sorgt für einen übervollen Pressesaal und wochenlang breite Berichterstattung in fast allen namhaften Medien (TV, Rundfunk, Tageszeitungen, Online). Die Energy Watch Group ist nun auch im deutschsprachigen Raum als seriöse Informationsquelle etabliert.

November 2008
Veröffentlichung eines ersten Ausbauszenarios Renewable Energy Outlook 2030 (REO 2030). Es zeigt auf, dass ein beschleunigter weltweiter Ausbau der erneuerbaren Energien vergleichsweise kleine Investitionen erfordert. Ein schneller Ausbau ist insgesamt sogar kostengünstiger als ein langsamer Ausbau. Er ist aber vor allem aus ökonomischen Gründen notwendig, angesichts der Verknappung konventioneller Energierohstoffe.

Der Projektleiter Prof. Harry Lehmann stellt die Studienergebnisse vor (Foto: Th. Seltmann)

Der Studienautor Dr. Werner Zittel präsentiert Zwischenergebnisse zu einem Fachgespräch in Berlin (Foto: Energy Watch Group)

2008 / 2009 / 2010
Veröffentlichung der Studien in zahlreichen Beiträgen für Fach- und Publikumsmedien, in öffentlichen Vorträgen und Präsentationen vor Entscheidern aus Politik und Wirtschaft, Interviews in Funk und Fernsehen.

Januar 2009
Auf einer Pressekonferenz in London stellt EWG-Beirat Dr. Rudolf Rechsteiner seine Detailstudie zur Windenergie vor: Die Entwicklung des weltweiten Windenergieausbaus übertrifft die optimistischsten Prognosen. Schon in wenigen Jahren könnte sich die Windenergie zur stärksten Säule der Stromerzeugung entwickeln und zusammen mit anderen erneuerbaren Stromquellen innerhalb weniger Jahrzehnte die fossil-nukleare Stromerzeugung beenden.

Oktober 2009
Vorabpräsentation von Rechercheergebnissen zur Erdgasstudie. Die Wissenschaftler der Energy Watch Group werten für die Erdgasstudie – wie schon für die zuvor veröffentlichten Ressourcenstudien zu Erdöl, Kohle und Uran – alle verfügbaren Datenquellen aus, von Industrie und Wissen - schaft bis hin zu Einzelfelddaten der großen Förderregionen, die in jahrelanger akribischer Recherche zusammengetragen wurden.

März 2010
Zu einer Pressekonferenz über die weltweite Vollversorgung mit erneuerbaren Energien lädt die EWG den Stanford-Professor Mark Jacobson ein. In der zusammen mit Prof. Mark DeLucchi erstellten Studie zeigen die Wissenschaftler die technische Machbarkeit einer Umstellung innerhalb von 20 Jahren und errechnen Kosten von 100 000 Mrd. US-Dollar.

Im Vergleich kosten nach einer dazu veröffentlichten Analyse der EWG die bisherigen Energiequellen im selben Zeitraum 110 000 bis 155 000 Mrd. US-Dollar und damit bis zu 50 Prozent mehr – schon ohne zu erwartende Preissteigerungen.

Mai 2010
Gemeinsam mit der Wissenschaftlerorganisation ASPO berichtet die EWG in Berlin auf einer Pressekonferenz über aktuelle Studien zur Erdölförderung. Dr. Werner Zittel legt eine Teilstudie zur Förderung unkonventionellen Erdgases vor, die Potenzial, Aufwand der Fördertechniken und Schäden für Umwelt und Gesundheit der Anwohner analysiert.

Neue Studie in Arbeit: Peak in Sicht – Gesamtschau auf die fossil-nukleare Energieversorgung aus Erdgas, Erdöl, Kohle und Uran

Von 2006 bis 2008 hat die Energy Watch Group in drei umfangreichen Studien die historische und wahrscheinliche künftige Versorgung mit Erdöl, Kohle und Uran untersucht. Einzelne Studien waren in dieser Form bisher einzigartig und völlig neu. Die Studien fanden weltweit ein breites Echo in Öffentlichkeit und Wissenschaft.

In aktualisierter Form werden nun die Daten zusammengefasst zu einer Gesamtschau der möglichen fossil-nuklearen Energieversorgung heute und in Zukunft. Dabei werden die Datenbank auf den neuesten Stand gebracht und aktuelle Entwicklungen (Saudi-Arabien, Offshore-Ölförderung, Teersande) in die Analyse einbezogen, wie beispielsweise die Ölförderung bis 2011 sowie Szenario-Berechnungen bis 2030 und darüber hinaus (2050). Diese Ergebnisse werden der jüngsten Veröffentlichung der Internationalen Energie-Agentur IEA (World Energy Outlook WEO 2011, „Golden Age of Natural Gas?") gegenübergestellt.

Zum Thema Erdgas werden aktuelle Förderdaten und das Verhältnis von Aufwand und Ergebnis bei unkonventionellem Erdgas aus bestehenden Fördergebieten in den USA analysiert und Schlussfolgerungen daraus für die europäische Erdgasförderung und -versorgung gezogen.

Das Kohleszenario wird auf der Basis neuerer Reservedaten aktualisiert. Der asiatische Kohlemarkt (China, Indien und Indonesien) spielt dabei eine Hauptrolle im Blick auf die künftige weltweite Versorgung.

Die aktuellen Daten der Uranversorgung (Nuclear Energy Agency, Red Book) bilden zusammen mit einer Analyse der Reaktorstatistiken die Grundlage für das weitere Atomenergieszenario.

Schließlich werden diese Berechnungen der zukünftigen Verfügbarkeit der einzelnen fossilen Energieträger und des Urans zusammengefasst zu einem Gesamtbild der künftigen Versorgung aus nicht erneuerbaren Energieträgern. Das Szenario wird mit ähnlichen Studien der IEA und ihrem WEO 2011 verglichen.

Die Studie wird der Öffentlichkeit und Politik zeigen, in welchem Umfang fossile Energierohstoffe und Uran in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit maximal zur Verfügung stehen werden. Sie bildet damit eine in dieser Form bislang einzigartige Informationsbasis für energiepolitische Strategien und Entscheidungen.

Schon jetzt ist absehbar, dass diese Studie unmittelbaren Handlungsdruck signalisieren wird und ein „Peak-Fossil-Nuklear" datierbar scheint.

Die Studie soll in mehreren internationalen Pressekonferenzen und Veranstaltungen in der zweiten Jahreshälfte 2012 Presse, Öffentlichkeit und Politik präsentiert werden. Eine weite Verbreitung über meinungsbildende Medien und bei Entscheidern in Wirtschaft und Politik wird angestrebt.

Praxisbeispiele aus unserer Öffentlichkeitsarbeit

Pressekonferenz am 21. Mai 2008 in Berlin: „Die Zeit des billig verfügbaren Erdöls ist vorbei"

Der Tagungsraum im Haus der Bundespressekonferenz ist voll. Einige Teilnehmer folgen den Worten der Experten im Stehen oder auf dem Boden sitzend.

Dr. Werner Zittel belegt anhand der Studie „Zukunft der weltweiten Erdölversorgung", dass die Hauptursache der hohen Ölpreise nicht etwa Spekulation ist. Seit 2006 konnte die weltweite Erdölförderung, anders als in den Jahrzehnten zuvor, nicht mehr gesteigert werden. Entgegen bisheriger Behauptungen ist mit einem Rückgang der Jahresförderung zu rechnen – bis zum Jahr 2030 auf etwa die Hälfte des heutigen Umfangs. Wie viel Erdöl dann noch auf dem freien Markt verfügbar sein wird ist fraglich, denn „die Exportländer werden zuerst ihre eigenen wirtschaftlichen Bedürfnisse befriedigen", so Zittel.

Für Dr. Aribert Peters, Vorsitzender des Bundes der Energieverbraucher, hat die Verknappung des Erdöls unmittelbare Wirkungen auf den Preis. Nach der ökonomischen Theorie könnte der Ölpreis angesichts der EWG-Daten „jährlich um 30 Prozent" steigen.

Bei solchen Aussichten bezeichnet Axel Graf Bülow, Hauptgeschäftsführer des Bundesverbandes der freien Tankstellen, die gegenwärtige „Tank oder Teller"-Diskussion als „völlig überzogen und von wirtschaftlichen Interessen gesteuert". Er fordert, reinen Biokraftstoff von der Steuer zu befreien.

Hans-Josef Fell, MdB, unterstützt diese Forderung. Steigende Ölpreise verteuern nämlich auch Mineraldünger, Weiterverarbeitung und die Transporte von Lebensmitteln. Biokraftstoffe sind dagegen derzeit nur eine nebensächliche Ursache für steigende Nahrungsmittelpreise.

Dr. Josef Auer von Deutsche Bank Research stärkt der EWG den Rücken: „Ich finde das sehr wichtig, was die Energy Watch Group von sich gibt, auch was sie früher schon publiziert hat. Und ich finde es wichtig, dass diese Leute auch mal sagen, was vielleicht nicht herrschende Meinung ist und den Mut haben auch bei Gegenwind
stehen zu bleiben."

Internationale Energieagentur bestätigt Warnungen der EWG
(aus der Pressemitteilung vom 11. November 2011)

Schon vor drei Jahren hatte die Energy Watch Group (EWG) den Höhepunkt der weltweiten Förderung konventionellen Erdöls auf das Jahr 2006 datiert. Die Internationale Energieagentur (IEA) bestätigt in ihrem neuesten „World Energy Outlook 2010" erstmals den Rohöl-Förderhöhepunkt für 2006 und erklärt, dass die Fördermenge nie wieder das Niveau von 2006 erreichen wird.

Schon in den vergangenen Jahren hatte die IEA ihre Prognosen über die weltweite Erdölförderung jedes Jahr nach unten korrigiert. Im Gegensatz zur Energy Watch Group skizziert die IEA jedoch noch immer einen viel zu optimistischen Ausbau der Förderung aus konventionellen und unkonventionellen Ölressourcen: Führende Vertreter der IEA erklären regelmäßig, dass „mehrere neue Saudi Arabien" erschlossen werden müssten, um allein die aktuelle Ölfördermenge zu halten.

Darüber hinaus trifft die IEA noch immer unrealistische Annahmen über die möglichen Fördermengen aus so genannten „unkonventionellen" Ölquellen: Erdgaskondensate und Teersande – zwei Ersatzprodukte für herkömmliches Rohöl, die sehr aufwändig und umweltbelastend gefördert werden (Teersande) oder in viel geringerem Umfang verfügbar sind. Mit der bekannten Erdölförderung an Land und im Meer ist deren Erschließung überhaupt nicht vergleichbar. Doch noch immer suggeriert die IEA, die Erdölversorgung ließe sich dem Bedarf entsprechend weiter steigern.

Dem unbegründeten Optimismus beim Erdöl steht ein ebenso unbegründeter Pessimismus beim Ausbau erneuerbarer Energien gegenüber. So liegen die von der IEA skizzierten Ausbauraten unter den aktuellen Wachstumsraten der Erneuerbaren. Die EWG empfiehlt deshalb den Regierungen dringend, den Ausbau erneuerbarer Energien ehrgeizig zu beschleunigen, um den absehbaren Verknappungen und Preissprüngen bei fossilen Energien zu begegnen.
Ein schnellerer Ausbau erneuerbarer Energien ist insgesamt kostengünstiger als ein langsamer Ausbau. Sogar eine Vollversorgung mit den Erneuerbaren ist innerhalb weniger Jahrzehnte möglich und insgesamt kostengünstiger als der weitere Verbrauch von Erdöl, Erdgas, Kohle und Uran.

Warum es sich lohnt, die EWG zu fördern

- Energiepolitik braucht objektive Informationen. Bisherige Akteure auf dem Meinungsmarkt verfolgen individuelle politische oder wirtschaftliche Interessen.
- Unabhängige Informationen vermeiden volkswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Fehlentscheidungen und Fehlinvestitionen in Milliardenhöhe.
- Informationstransparenz beschleunigt die Durchsetzung nachhaltigkeitsorientierter Innovationen wie Energieeffizienz und erneuerbare Energien.
- Die Energy Watch Group betreibt weder Zweckoptimismus noch Panikmache, sondern faktenorientierte Analyse und Gesamtschau.

Finanziert wird die Arbeit der Energy Watch Group ausschließlich aus zweckgebundenen Zuwendungen an die Ludwig-Bölkow-Stiftung (Ottobrunn bei München). Objektive Informationen benötigen eine unabhängige Finanzierung. Deshalb lohnt es sich, die Arbeit der Energy Watch Group zu fördern.

www.energywatchgroup.org

Kapitel 9

SOLUX - Solarleuchten für Entwicklungsländer

Rolf Martin, Hans Mutzbauer

Am Anfang stand ein Treffen der Ludwig-Bölkow-Stiftung mit Herren der damaligen Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) im Jahre 1988 in Bonn.

Wir wussten damals alle noch nicht so recht, worauf es mit der noch ziemlich jungen Photovoltaik hinauslaufen würde. Dennoch erschien uns der Vorschlag der GTZ höchst interessant, einmal zu prüfen, ob in den armen, netzfernen Regionen der Entwicklungsländer die Kerosinlampen durch kleine photovoltaische Solarleuchten ersetzt werden können.

In Entwicklungsländern oft eingesetzte Leuchten mit hohen Emissionen, hohen Kerosinkosten und großer Brandgefahr (Fotos: Archiv SOLUX)

Nach näherer Betrachtung kamen wir zu dem Schluss, dass dieses scheinbar sehr kleine Projekt insgesamt bemerkenswerte Dimensionen hatte. Es ging um nicht weniger als

- nicht unbeträchtliche Einsparungen von Erdöl beim Ersatz der riesigen Zahl von täglich betriebenen Kerosinleuchten weltweit*),
- die damit verbundene Vermeidung von CO_2-Ausstoß,
- wirkungsvolle Entwicklungshilfe. (Besseres Licht, kein Ruß, keine Brandgefahr, keine Betriebskosten).

*) Nach Schätzungen viele hundert Millionen. Je Leuchte ist jährlich mit etwa 35 Liter Kerosin zu rechnen (GTZ).

Als photovoltaische Solarleuchten wurden kleine mobile Geräte bezeichnet, die mit Solar-Modul, Akku und Lampe tagsüber mit Sonnenlicht den Akku laden und abends für einige Stunden Licht liefern können.

Eine Reihe größerer Firmen in den Industrieländern hatte bereits begonnen, solche Geräte für den Camping- und Sportbedarf zu entwickeln und bot sie hier - meist ziemlich teuer – der hiesigen Kundschaft als Freizeitartikel an.

Nachdem das Einverständnis von Dr. Bölkow für die Arbeiten an unserem Drittwelt-Solarlampen-Projekt sehr schnell gewonnen werden konnte, begann in enger Absprache mit der GTZ die Bestandsaufnahme. Zuerst galt es, die vorhandenen Leuchten zu untersuchen und hinsichtlich Funktion und Leistungsdaten zu erproben. Glücklicherweise ergab es sich, dass viele Erprobungen zusammen mit Bewohnern in tropischen Ländern sehr wirklichkeitsnah vorgenommen werden konnten.

Allerdings zeigte sich bald, dass für eine Drittweltlampe andere Anforderungen als für die bisherigen Solarleuchten im Vordergrund stehen mussten:

- Robustheit (Lange Lebensdauer auch bei grober Behandlung),
- Zuverlässigkeit (weitest mögliche Vermeidung von Reparaturen, da oft im erreichbaren Umfeld keine technische Hilfe verfügbar ist),
- Effizienz (geringer technischer Aufwand, großer Nutzen),
- Niedriger Preis (damit für möglichst viele Anwender überhaupt erschwinglich).

Unter diesen Umständen kam es bald zu dem Vorschlag, eine neue Solarleuchte für Entwicklungsländer seitens der LBST selbst zu entwickeln und zu bauen.
Hilfreich war für uns die Tatsache, dass zeitgleich die deutsche Einheit verwirklicht wurde und viele ostdeutsche Unternehmen mit guten Fachleuten dringend neue Projekte suchten. So gewannen wir als hilfreiche Partner für die Realisierung der ersten Prototypen vor allem die Dresdner Firmen „Präzis Werkzeugbau GmbH" und die Firma „Solarwatt".

Frühere SOLUX-Leuchte mit Leuchtstofflampe (Foto: Archiv SOLUX)

Bei der Auslegung der Hauptdaten der Leuchten ging es vornehmlich darum, das optimale Verhältnis der täglich anstehenden Strommengen (Strom-Zeit-Integrale in Ah) für den

- durchschnittlichen Stromverbrauch für die abendlichen Lichtstunden,
- die mittlere tägliche Lademenge vom PV-Modul und
- die Speicherkapazität des Akkus

zu finden.

Ziel war es, bei den üblichen Wetterlagen ausreichende Lichtstunden zu erhalten, um am Abend ca. 4 Stunden Brenndauer sicher zu stellen. Auf ein vollständiges Abdecken der ungünstigsten Tageswerte hinsichtlich Wetter und Lichtbedarf (worst case) haben wir dabei verzichtet, um die Leuchte möglichst preiswert zu halten.

Ein garantiertes Licht – wie hierzulande üblich – würde sehr viel aufwendiger. Unsere ersten 100 Solarleuchten – nun „SOLUX" genannt - wurden von der GTZ bestellt und in Dresden komplett montiert. Zwecks Erprobung wurden sie an GTZ-Mitarbeiter in verschiedenen Entwicklungsländern verteilt und dort bewertet und kommentiert. Diese Aktion war für die Fertigentwicklung der SOLUX sehr hilfreich. Aus mehreren Gründen war von Anbeginn an geplant, die Montage der Leuchten in die Entwicklungsländer zu verlagern. Dort sollten Werkstätten gegründet werden, die von uns nur noch „Bausätze'" erhielten.

Ziel war es, den bei der deutschen Fertigung beträchtlichen Lohnkostenanteil zu verringern. Wichtig war uns dabei auch das Anlernen ansässiger Mitarbeiter. Diese sollten durch ihr Wissen über die Technik der Solarleuchten die Einführung in den jeweiligen Regionen fördern. Die ersten Werkzeuge für die Fertigung und Montage in diesen Werkstätten stellten die Dresdner Firmen her.

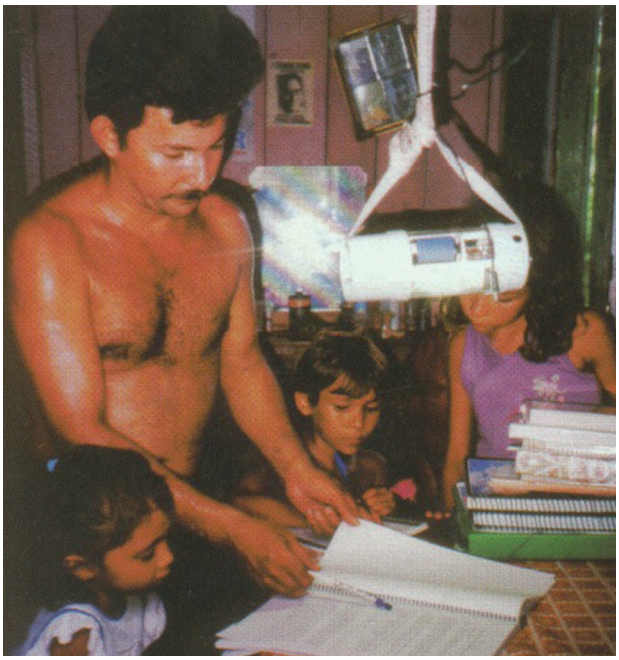
Unsere erste externe Montagewerkstatt entstand 1988 bei einer Missionsstation in Lodwar / Kenia. In der Folgezeit wurden seither mehr als 50 Werkstätten weltweit in Betrieb genommen. Für das Anlernen des örtlichen Personals fanden wir hier viele ehrenamtliche Helfer, die mit Unterstützung des Senior-Expert-Services (SES) für ca. 3 Wochen in die jeweiligen Länder reisen konnten.

Anlernen der Arbeitskräfte in einer Montagewerkstatt in Afrika (Foto: Jehmlich)

Das meiste Interesse für unser Projekt fanden wir zunächst bei caritativen Organisationen. Besonders waren es Missionsstationen in den ländlichen armen Gegenden Afrikas, mit deren organisatorischer und finanzieller Hilfe wir in solchen Regionen die ersten kleinen Lichtzentren realisieren konnten.

Eine besondere Herausforderung für unsere Helfer war das Anlernen von ansässigen, von der Technik bisher völlig unberührten Hilfskräften für die Montage. Zwar zielte unser Bausatz darauf, dass sowohl der mechanische Aufbau als auch die elektrischen Funktionen einfach, übersichtlich und verständlich sein sollten. Dennoch kam es – trotz des oft beachtlichen Bemühens unserer Schüler - gelegentlich zu Problemen, mit denen wir bei der hiesigen Planung nicht gerechnet hatten. Pionierarbeit war in einigen Fällen zu leisten, wo selbst die Werkstatt weder Stromanschluß noch eine Notstromversorgung hatte. Hier musste dann der Lötkolben solar betrieben und für die Bohrarbeiten die Handbohrmaschine benutzt werden.

Einsatz der SOLUX-Leuchte in ländlichen Dörfern (Foto: Archiv SOLUX)



Auch in anderen Weltregionen in Südamerika und Asien ermöglicht SOLUX inzwischen viel länger abendliche Aktivitäten (Foto: R. Martin)

Mit dem allgemeinen Übergang der Lichttechnik von der Leuchtstoff- zur LED-Lampe ergab sich nun die Möglichkeit, unter Beibehaltung des äußeren Geräteaufbaus einen Bausatz für eine neue Leuchte anzubieten, die preiswerter, deutlich effizienter und leichter wurde (SOLUX – LED-100).

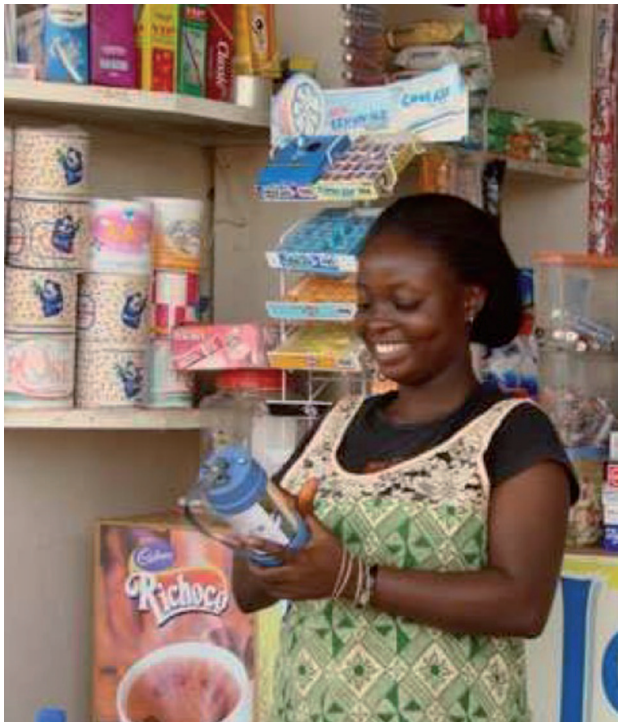
SOLUX LED-100-Leuchte mit LED-Licht (Bausatzprinzip) (Foto: Archiv SOLUX)

Bisher wurden insgesamt Bausätze für mehr als 40 000 SOLUX-Leuchten verkauft. Im Mittel wurden pro Werkstatt etwa 800 Lampen montiert. Dabei zeigte sich allerdings, dass sehr kleine Werkstätten, die keine unterstützenden Organisationen im Hintergrund haben, vielfach kaum noch oder nicht mehr in Betrieb sind, während größere weiter gut vorankommen.

Der Betrieb von Montagewerkstätten in Entwicklungsländern ist naturgemäß hinsichtlich Organisation, Präsenz und Finanzmitteln aufwendiger als die normale Distribution von komplett gefertigten Leuchten über Handelsstationen. Die Teile für die Bausätze müssen beschafft werden, Räume für Lagerung und Montage sind vorzuhalten. Das Montagepersonal muss gefunden, ausgebildet und möglichst durchgehend beschäftigt werden.

Während Organisationen, die für den Werkstattbetrieb optimale Voraussetzungen mitbringen (Betrieb von Berufsbildungszentren, Möglichkeit der Betreuung größerer Regionen, vorgebildete Fachleute vor Ort...), ihre Fertigungsstätten seit vielen Jahren nachhaltig betreiben, sind die vielfältigen Anforderungen und damit Aufwendungen für kleinere Betriebe – trotz ihrer segensreichen Nebenwirkungen – auf Dauer oft nicht tragbar. Allein schon dadurch findet der Ausbau des Werkstättennetzes seine natürlichen Grenzen.

Anders als bei anderen Wirtschaftsgütern ist bei diesen kleinsten Solar-Home-Systemen keine Marktsättigung festzustellen, vielmehr steigt die Nachfrage in den Entwicklungsländern rasant an. Dies ist unter anderem der Tatsache geschuldet, dass das Bevölkerungswachstum weitaus höher ist als der kaum nennenswerte Auf- und Ausbau von elektrischen Versorgungsnetzen. Netze werden naturgemäß dort gebaut, wo Bevölkerungsdichte und Kaufkraft einen wirtschaftlichen Betrieb der Infrastruktur erwarten lassen. In ländlichen Gebieten in Entwicklungsländern ist dies nicht der Fall.



SOLUX-Leuchte in einem Dorfladen (Foto: Archiv SOLUX)

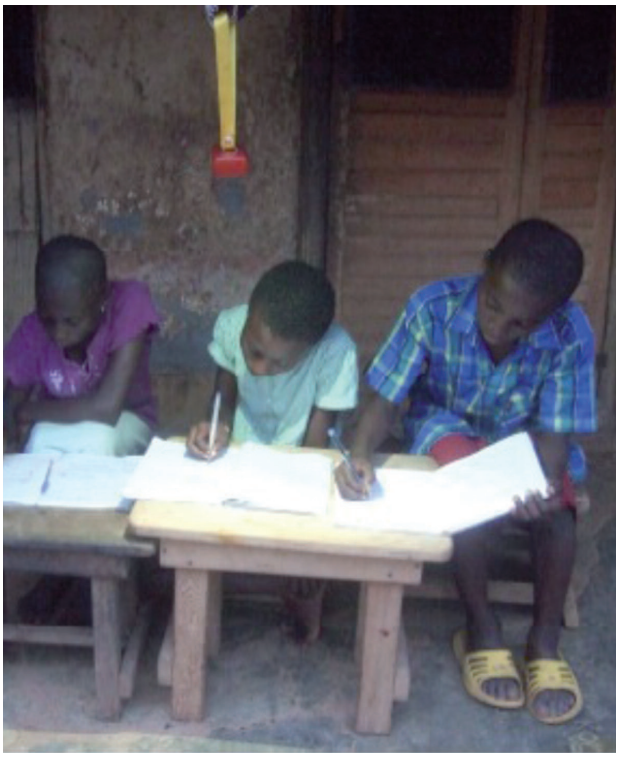
So wie dort nie ein flächendeckendes Telefonfestnetz vorhanden war und diese Regionen jetzt erst durch Mobiltelefone erschlossen werden, wird auch die Energieversorgung mit dezentralen, möglichst umweltfreundlichen „Insellösungen" realisiert werden.

Um diesem steigenden Bedarf gerecht zu werden und um auch Partnerorganisationen, die keine Werkstätten betreiben wollen, geeignete Leuchten anzubieten, entschloss sich SOLUX e.V., auch industriell komplett gefertigte Leuchten in das Angebot aufzunehmen.

Die spezielle Situation von Familien in unseren Partnerländern erfordert unserer Meinung nach maximale Qualität und Haltbarkeit. Oft ist eine Solarleuchte in Geld bemessen, der wertvollste Besitz und in der Regel auch die einzige verfügbare Lichtquelle, die umweltfreundlich ist und keine Unterhaltskosten verursacht. Mit Ausnahme der Akkus, die meist zwischendurch ausgetauscht werden müssen, strebt SOLUX eine Mindestlebensdauer von 10 Jahren sowie Ersatzteilversorgungen und einfache Reparaturmöglichkeiten an.

Als Fertigleuchte entstand zunächst die SOLUX-LED-50, eine kompakte Handleuchte, die durch ihre hohe Lichtleistung Lesen und Schreiben auch für mehrere Personen gleichzeitig ermöglicht. Die Betriebsspannung des Solarmodules wurde so gewählt, dass sowohl die Leuchte als auch (mit entsprechenden Adaptern) Mobiltelefone solar geladen werden können. Nicht zuletzt wegen der in Deutschland sehr hohen Kosten für die Spritzgussformen werden SOLUX-Fertigleuchten, konstruiert von SOLUX, inzwischen in Fernost von zwei Herstellern nach unseren strengen Qualitätsrichtlinien produziert. Ein kleines, solar ladbares Radio kam als Ergänzung in das SOLUX-Programm, für viele Menschen in unserer Zielgruppe die einzige Verbindung zur Außenwelt.

Die Leuchte SOLUX-LED-50 im Größenvergleich



Die Leuchte SOLUX-LED-50 im typischen Einsatz (Fotos: Archiv SOLUX)

Da die Herstellung und der Vertrieb von Solarleuchten in größeren Serien auf Dauer nicht Gegenstand eines gemeinnützigen Vereines sein kann, wurde 2010 die SOLUX SERVICE GmbH gegründet. Diese 100 prozentige Tochtergesellschaft des SOLUX e.V. kümmert sich seitdem um Konstruktion, Weiterentwicklung, Produktion und Vermarktung der Solarsysteme.

2011 wurden die ersten Serienexemplare der SOLUX LED-105 ausgeliefert, einer Leuchte, die kleine bis mittlere Räume beleuchten kann und durch einen geregelten USB-Anschluss das Laden von Mobiltelefonen besonders einfach macht.

Die SOLUX-LED-105 mit Adaptern zum Akku-Betrieb verschiedener Kleingeräte (Foto: Archiv SOLUX)

Die Zukunft wird zeigen, wie sich die beiden Wege des Vertriebs, das Bausatz- oder das Fertigkleuchten-Prinzip, entwickeln werden. Wir werden dabei bleiben, beide Versionen anzubieten. Wir dürfen davon ausgehen, dass die Kerosinleuchten mit dem Auslaufen des Erdölzeitalters in jedem Fall ersetzt werden müssen und werden. Dies wird sich bei der künftig weiter zu erwartenden Verteuerung des Öls bei jedem Schritt spürbarer zeigen.

Da – wie erwähnt – aus finanziellen Gründen ein nennenswerter Ausbau der Stromnetze in den armen Regionen nicht realisierbar ist, ist die photovoltaische Solarleuchte gegenwärtig dort für die Beschaffung von Licht die mit Abstand aussichtsreichste Alternative. Indem sie zur Entwicklung und Verbesserung der Lebensbedingungen der Ärmsten dieser Welt deutlich beitragen kann, ist sie eine der hervorragendsten Anwendungen der Photovoltaik.

Dr. Bölkow hat dies sehr frühzeitig erkannt. Unser Projekt wäre ohne seine massive Unterstützung nicht möglich gewesen.

TEIL III

Wege in die Zukunft

Kapitel 10

Die Stiftung gestern und heute – Ziele und Wege

Werner Zittel

„Unserer Stiftung ist die Aufgabe gestellt, an der Erforschung und Planung langfristiger Entwicklungen in unserer technikgeprägten Welt mitzuarbeiten. Durch die Betrachtung von weit vor uns liegenden Zeiträumen sollen Maßstäbe für heutiges Handeln gefunden werden. Dies ist angesichts der Trägheit der grundlegenden Umstellungsvorgänge in Technik und Gesellschaft (vgl. Energiewirtschaft mit Zeiträumen von 50-70 Jahren) keine intellektuelle Spielerei, sondern von existentieller Bedeutung für die Menschheit.

Nur mit langfristigem Denken, nur mit Denken in Zeiträumen, die weit über die eigene Lebenszeit und erst recht über die Zeit des aktiven Berufslebens hinausgehen, nur so werden wir unserer Verantwortung für die nach uns kommenden Generationen gerecht. Nur wenn wir eine Denkebene über unserem täglichen Management in Forschung und Wissenschaft, in Technik und Industrie, in Gesellschaft und Politik einnehmen und uns dieser Notwendigkeit bewusst sind, führen wir wirklich.

Die tägliche Arbeit in unserer immer komplizierter und dynamischer werdenden Welt läßt uns nicht den Abstand gewinnen und läßt uns nicht die Zeit, uns mit den langfristigen Problemen zu befassen und die täglich zu fällenden Entscheidungen in ihrer Vielfalt auch noch auf die langfristigen Aspekte auszurichten.

Eine Person, ein Unternehmen, eine Verwaltung, eine Regierung können angesichts der auf uns zukommenden Probleme, auch wenn diese erkannt werden, allein kaum Entscheidendes tun. Es ist die gesamte Gesellschaft, die gefragt und gefordert ist, wenn die Chance eines Erfolges bei der Lösung der gegenwärtigen großen Probleme, wie die Umstrukturierung der Land- und Energiewirtschaft, der Bevölkerungszuwachs in der Dritten Welt, die Umweltbelastung, das Sterben der Wälder und die Arbeitslosigkeit bestehen soll.

Wir sind uns alle mehr denn je darüber im Klaren, dass wir in dieses Gesamtschicksal eingebunden sind. Aber wir spüren auch täglich mehr, dass wir mit an Wahlperioden gebundenen Entscheidungen allein nicht zu nachhaltigen Lösungen gelangen. Maßnahmen zur Sicherung der Lebensgrundlagen unserer Enkelkinder verlangen Verzicht und Mehrarbeit von uns Lebenden. Dies läßt sich nur schwer in unserer, von täglichen Gefälligkeiten lebenden Gesellschaft verkaufen.

Die Stiftung soll gerade hier begründete Aussagen erarbeiten und diese unabhängig von Einzelheiten in – auch für Nichtfachleute – faßbarer Form verbreiten und so Entscheidungen für die kommenden Generationen heute durchsetzbar machen."

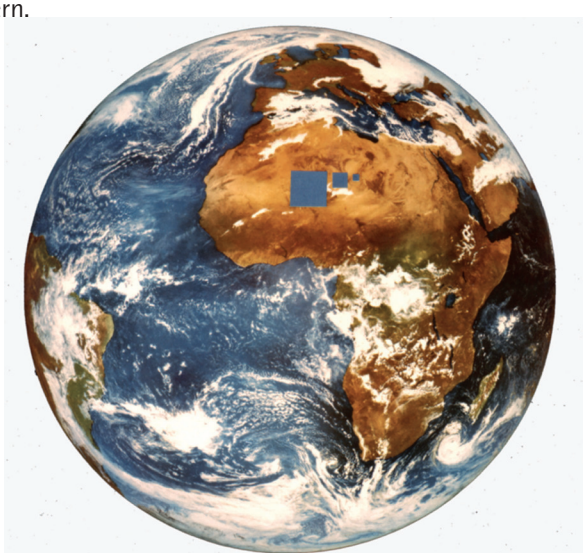
Ludwig Bölkow, Stiftungsprospekt 1983

Heute würde man sicher manches etwas anders formulieren, aber die grundsätzlichen Gedanken, die Ludwig Bölkow zur Gründung der Stiftung im Jahre 1983 veranlassten, sind auch heute noch grundlegend und aktuell. Die Problematik kurzfristiger Handlungsziele der unterschiedlichsten Akteure in Politik und Industrie einerseits und den an langfristigen Zielen zu orientierenden notwendigen Handlungsweisen andererseits hat sich in den vergangenen Jahren noch deutlich stärker polarisiert, so dass die Notwendigkeit einer unabhängigen Institution, die frei von finanziellen oder politischen Interessen agieren kann, wesentlich zugenommen hat. Dies umso mehr, als heute fast in allen (auch kulturellen, technischen, wissenschaftlichen oder sozialen) Bereichen die Verkopplung mit industriellen Interessen über sog. „Public-Private-Partnerships" deutlich zugenommen hat. Gerade die Politik hat viel ihrer Souveränität durch entsprechende Verbindungen und Verpflichtungen eingebüßt. Man denke hier nur an die Freiheit und Unabhängigkeit der Lehre und den universitären Gedankenspielraum heute gegenüber vor zwanzig oder dreißig Jahren oder an die Abhängigkeit lokaler Basisinfrastrukturen, die an finanzkräftige Investoren ohne persönlichen Bezug zu regionalen Bedürfnissen veräußert wurden.

Ludwig Bölkow hatte es immer als Schwäche empfunden, wenn ein Firmenvorstand nur durch betriebswirtschaftlich geschulte Fachleute repräsentiert wurde, ohne dass die technische und visionäre Seite einer Firma vertreten war,

die ja eigentlich für eine Firma identitätsstiftend ist. Um wie viel mehr gilt dies für dem Allgemeinwohl verpflichtete Strukturen und Organisationen?

Umso mehr sind jedoch von externen Verpflichtungen unabhängige Freiräume notwendig. Heute zeigt sich, dass weder Staat noch Industrie in der Lage sind, langfristige, die Lebensgrundlagen und damit auch ihre eigenen Grundlagen bedrohende Trends rechtzeitig zu identifizieren, angemessen zu thematisieren und auch im Sinne der Allgemeinheit lösen zu können. Strukturen, die zur Lösung der anstehenden Probleme auch ihre eigene Rolle innerhalb dieser Probleme in Frage stellen müssen, sind sicherlich überfordert, einen angemessenen Lösungsbeitrag zu liefern.



Eine Aufnahme der Erde mit dem von Bölkow geschaffenen Satelliten Meteosat, auf die er besonders stolz war. Die drei eingetragenen Quadrate zeigen den jeweiligen Flächenbedarf, der notwendig wäre, um den gesamten Energiebedarf von 1980 von Deutschland, Europa oder der Welt vollständig durch solare Stromerzeugung unter Berücksichtigung von Umwandlungs-, Transport-, Speicherungs- und Verteilverlusten zu decken. Diese extreme auf Solaranlagen in Nordafrika fokussierte Darstellung wird dadurch entspannt, dass ein großer Teil der Anlagen regional installiert werden kann, und dass ein großer Anteil auch von anderen regenerativen Energieträgern abgedeckt werden kann. Diese Darstellung nutzte Ludwig Bölkow, um aufzuzeigen, dass die vollständige Umstellung der weltweiten Energieversorgung auf regenerative Energien eine technisch machbare und keineswegs die Gesellschaft überfordernde Aufgabe darstellt.
(Fotomontage: Ludwig-Bölkow-Stiftung)

Die Ludwig-Bölkow-Stiftung wurde am 2. Dezember 1983 gegründet. Erste Aufgaben umfassten die Analyse einer Biogasversorgung Indonesiens, die Planung der Solar-Wasserstoff-Bayern GmbH gemeinsam mit dem Bayernwerk (1985-1987), die durch Bölkow selbst initiiert worden war, die Projektleitung des Euro-Québec Hydro-Hydrogen Pilot Projects, und die regionale Erprobung einer Solar-Wasserstoffwirtschaft in den Landwirtschaftlichen Lehranstalten in Triesdorf südlich von Ansbach.

Neben diesen konkreten Projekten wurden technische und strukturelle Analysen zur langfristigen Umstrukturierung der Energiewirtschaft durchgeführt. Hier sah es Ludwig Bölkow als eine wichtige Aufgabe, die Ergebnisse auch in der Öffentlichkeit zu diskutieren, um diese auf den bevorstehenden Wandel vorzubereiten, aber auch, um für Verständnis und Zustimmung zu werben.

Bölkow war es immer besonders wichtig, die Brücke zwischen langfristiger Planung und kurzfristig Machbarem zu schlagen. Gerade deshalb waren ihm diese konkreten Demonstrationsprojekte sehr wichtig. Zur Durchführung der vielfältigen Arbeiten agierte die ebenfalls von Ludwig Bölkow gegründete EAT gGmbH (Energie-, Agrar- und Transporttechnik gGmbH). Diese wurde später in Ludwig-Bölkow–Systemtechnik GmbH umbenannt. Auch heute noch ist die Stiftung als ein Gesellschafter in der LBST vertreten.

Parallel zu diesen Aktivitäten unterstützte die Stiftung das Projekt SOLUX zur Einführung von Solarleuchten in Afrika. Neben der ersten Marktanalyse und Definition einer robusten für die Zielregionen geeigneten Solarleuchte, wurde diese bei der Stiftung entwickelt. Die Lieferung in Bausätzen und Installation in geeigneten Werkstätten in Afrika – meist waren dies Missionswerkstätten – beabsichtigte einerseits, Beschäftigungs- und Lehrplätze in Afrika zu erzeugen, andererseits aber auch, Verantwortlichkeiten im Umgang mit der Wartung der Leuchten und Entsorgung der Akkus herauszubilden. Heute ist das Projekt selbständig und wird über einen eigenen Verein sowie eine im Besitz des Vereins befindliche gemeinnützige Vertriebsgesellschaft (SOLUX SERVICE gGmbH) abgewickelt. Die Stiftung ist noch mit dem Verein verbunden und arbeitet mit diesem gemeinsam an neuen Projekten und Ideen.

Über die Jahre wurden über die Stiftung etliche Diplomarbeiten finanziert, die hauptsächlich bei der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH durchgeführt wurden. Aber

auch nichtkommerzielle Aktivitäten der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH fanden ihre Legitimität über die Stiftungsförderung. Hierzu gehörten der Aufbau und die Betreuung des ersten deutschsprachigen Wasserstoffinformationssystems im Internet (Hyweb) und der ersten deutschsprachigen unabhängigen Informationen zur künftigen Energieversorgung mit fossilen Rohstoffen (www.energiekrise.de), die später von ASPO Deutschland übernommen werden konnte.

Die Stiftung hat aber auch unabhängige Analysen Dritter unterstützt. Beispiele sind etwa die Veröffentlichung des Buches „Gewinner und Verlierer einer CO_2-Steuer im Güter- und Personenverkehr" von Gottfried Ilgmann im Jahr 1998, oder „Large-Scale Solar Thermal Power" von Werner Vogel und Henry Kalb im Jahr 2008.

Nun wäre es vermessen, zu behaupten, die Ludwig-Bölkow-Stiftung könne und müsse all das Erforderliche allein leisten. Auch wenn sich der Gesamtzustand der Erde in den letzten Jahrzehnten trotz aller Beteuerungen, Erkenntnisse, Hoffnungen und Initiativen deutlich verschlechtert hat, so hat sich im Vergleich zu 1983 Einiges auch zum Positiven bewegt. Heute gibt es deutlich mehr Stiftungen, Bürgerbewegungen und nichtkommerzielle Institutionen, die die Zuständigkeit der Main-Stream Wissenschaft und Politik in Frage stellen und einen eigenen aktiven Beitrag zur Lösung der anstehenden Probleme liefern wollen und können. Mehr und mehr setzt sich die Erkenntnis durch, dass die Gesellschaft die Verantwortung nicht elitären Institutionen und Firmen überlassen kann, sondern als „Betroffene" den Freiraum nutzen muss und den Weg und die Ziele, wohin es geht, selbst in die Hand nehmen muss.

Dies schließt keineswegs aus, dass individuelle Institutionen ihren individuellen Beitrag leisten können und müssen – dieser muss sich jedoch an der Kompatibilität mit gesellschaftlichen Erfordernissen messen lassen.

Auch angesichts des begrenzten finanziellen und personellen Spielraumes der Stiftung strebt diese zunehmend die Einbettung in und Kooperation mit anderen relevanten Initiativen an. Ein wesentliches Projekt der letzten Jahre war hier die im Jahr 2006 von dem Politiker Hans-Josef Fell gegründete Energy Watch Group. Diese hatte sich zum Ziel gesetzt, über Spenden finanziert eine unabhängige Analyse der weltweiten Energieversorgung und künftiger Anforderungen durchzuführen. Eine erste Arbeit im Jahr 2006 befasste sich mit der Analyse der Uranvorkommen. Es folgten Arbeiten zu den weltweiten Kohlevorkommen, zu Erdöl und der Diskussion von Peak Oil sowie Analysen zum Aufbau erneuerbarer Energieversorgungstrukturen und deren künftig möglichem Beitrag im weltweiten Energiemix. Von Anfang an wurde die Energy Watch Group bei der Stiftung angesiedelt, die die administrative und finanzielle Verwaltung übernahm.

Den 100. Geburtstag des Stiftungsgründers möchte die Stiftung zum Anlass nehmen, ihre Position in der Debatte nochmals zu analysieren und neu zu fokussieren.

Wie auch in der Vergangenheit wird die Stiftung ihren inhaltlichen Fokus unter dem globalen Motto „Hin zu einem nachhaltigen Lebensstil" auf drei Themenbereiche konzentrieren:

- Theoretische Arbeiten (z.B. EWG, Förderung LBST, eigene Nachhaltigkeits- und Ressourcenanalysen, Vorträge und Texte aus der Stiftung selbst, Förderung von Diplomarbeiten),
- Projekte mit Nord-Südcharakter und
- Konkrete Projekte zur nachhaltigen Entwicklung im näheren Umfeld.

Anhand dieser Themenpalette sollen im Folgenden aktuelle Projektansätze dargestellt werden.

Theoretische Analysen

Hier wird ein Schwerpunkt auf der nachhaltigen Stoffnutzung liegen. Erster Aspekt dieser Analysen wird die Erhebung und Darstellung entsprechender Statistiken sein. Diese werden zum Teil über die Energy Watch Group durchgeführt werden. Die Stiftung arbeitet an einer hierzu ergänzenden Veröffentlichung und Darstellung der relevanten Verbrauchsstatistiken, die in Internetdarstellungen und

Einzelpublikationen veröffentlicht werden sollen. Ziel ist es, eine transparente Datenbasis zu schaffen, die als Ausgangspunkt für eigene Analysen dienen kann.

Darüber hinaus werden wie in der Vergangenheit Einzelaspekte über die Förderung von Diplomarbeiten aufgearbeitet werden. Drittens sollen auch weiterhin Buchveröffentlichungen unterstützt werden. Aktuell wird die Übersetzung von zwei Büchern ins Englische unterstützt. Einmal handelt es sich um das Buch „Postfossile Mobilität", das von Jörg Schindler und Martin Held unter Mitarbeit von Gerd Würdemann erstellt wurde. Zum Zweiten wird Ende 2012 die von der Stiftung mit einem kleinen Beitrag unterstützte Übersetzung des Buches „Kämpfe um Land" (Herausgeber A. Exner, P. Fleissner, L. Kranzl, W. Zittel) veröffentlicht werden.

Zusätzlich zu diesen Analysen und Studien unterstützt die Stiftung die Öffentlichkeitsarbeit mit Vorträgen, schriftlichen Beiträgen und Materialien.

Projekte mit Nord-Südcharakter

Vor über 20 Jahren hat die Ludwig-Bölkow-Stiftung das Projekt SOLUX zur Einführung geeigneter Solarleuchten in Afrika unterstützt und dem Projekt eine Heimat gegeben. In dieser Zeit hat sich SOLUX etabliert, die neuen technischen Möglichkeiten von Leuchtdioden ausschöpfend, das Produkt weiterentwickelt und vielfältigen Erfolg in und außerhalb Afrikas erzielt. Heute ist SOLUX. e.V. ein eigener Verein, zu dessen Mitgliedern die Ludwig-Bölkow-Stiftung gehört. Dort werden die Produkte verbessert und weiterentwickelt, aber auch Aufklärungs- und Informationskampagnien zu den Problemen Afrikas und zu den Vorteilen erneuerbarer Energien durchgeführt. Über die im Besitz des Vereins befindliche gemeinnützige SOLUX SERVICE gGmbH wird der Vertrieb der Solarleuchten durchgeführt.

Ein aktuelles Projekt, zu dem die Stiftung den Anstoss gegeben hat, und das in enger Kooperation mit SOLUX vorbereitet und mit weiteren in der Anwendung aktiven externen Partnern durchgeführt werden wird, ist das Thema solares Kühlen. Hier bietet die ganze Bandbreite von Kleinstgeräten bis hin zur Klimatisierung und Kühlung von Räumen und Gebäuden ein weites Betätigungsfeld, das heute bei weitem noch nicht in dem Maße erschlossen und umgesetzt wird, wie es dem technischen Stand der Komponenten entsprechend möglich wäre. Daher kann eine nichtkommerziell agierende Institution objektiv Informationen geben und Anwendungsbeispiele aufzeigen.

Als erstes konkretes Produkt wird unter dem Namen „SoCool" eine mobile handelsübliche Kühlbox auf ihre Eignung als Transport- und Aufbewahrungsbehälter für Impfstoffe untersucht. Zu diesem Zweck werden mehrere Boxen bezüglich ihres Speichervermögens und der Eignung für Solarbetrieb getestet. Das am besten geeignete Produkt soll ausgewählt, mit einer Solarladeregelung und einem angemessenen Speicher zur Überbrückung nächtlicher Wärmeverluste ausgestattet und in Zielregionen vor Ort getestet werden.

Aus heutiger Sicht scheint eine mit einem drehzahlvariablen Stirling Motor ausgerüstete Kühlbox optimale Eignung für Solarbetrieb aufzuweisen. Mit zunehmender Annäherung an die gewählte Zieltemperatur – die im Extremfall -18°C betragen kann – werden Drehzahl und Leistungsaufnahme reduziert, so dass im nächtlichen Betrieb eine nur minimale Leistungsaufnahme von – je nach Kühltemperatur – zwischen 5 bis 20 Watt zur Konstanthaltung der Temperatur ausreicht.

Die Stiftung hat ein entsprechendes konventionell betriebenes Markenprodukt auf 12 Volt-Basis erworben und SOLUX e.V. für Testzwecke zur Verfügung gestellt. Derzeit erfolgt die Aufnahme und Auswertung technischer Betriebsdaten, um darauf abgestimmt ein optimiertes Gesamtsystem mit Solarmodul, Laderegelung und Stromspeicherung zu entwickeln.

Sobald eine optimale Kombination gefunden wurde, wird diese im Alltagseinsatz in Afrika oder Südamerika getestet und auf ihre Eignung hin ausgewertet werden. Ziel ist es, gemeinsam mit humanitären Organisationen in unterschiedlichen Regionen entsprechende Kombinationen zu testen und flächendeckend einzuführen. Vorbereitend hierzu soll eine entsprechende Marktanalyse durchgeführt werden. Auch hier werden entsprechende Partner eingebunden sein.

Neben der Entwicklung und Abstimmung der technischen Komponenten erfolgt derzeit die Auswahl und Abstimmung geeigneter Projektpartner, um eine bestmögliche Wirkung zu erreichen.

Ermittlung der Verbrauchskennwerte einer Kühlbox mit Stirling Kühlaggregat in den Räumen von SOLUX e.V. (Foto: H. Mutzbauer, 2012)

Für das Jahr 2013 ist angedacht, gemeinsam mit einschlägigen Firmen und der Unterstützung der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) einen Workshop von Interessenten und Partnern aus verschiedenen Regionen durchzuführen, um über den aktuellen technischen Status solar betriebener Kühlaggregate zu informieren, gleichzeitig aber in potenziellen Zielregionen den Bedarf zu ermitteln, Hemmnisse für die heute noch vernachlässigbare Markteinführung zu identifizieren und unter Einwerbung von Spendenmitteln sinnvolle Unterstützungsmaßnahmen zur Öffnung dieses Anwendungsmarktes zu ermitteln. Die Durchführung einer Auftaktveranstaltung ist in Vorbereitung.

Regional angepasste Pflanzenzüchtungen und Aufforstung erodierter Böden.

Gemeinsam mit dem Institut für Energie- und Umwelttechnik und mit intensiver Unterstützung durch Thomas Kaiser, der für sein Lebenswerk mit dem „Förderpreis Nachwachsende Rohstoffe 2010" des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums ausgezeichnet wurde, und der im Fachbeirat der Stiftung aktiv ist, werden Projekte aus dem biologischen Landbau unterstützt. Ziel ist hierbei den ökologisch sinnvollen Einsatz von Ölpflanzen zu untersuchen und zu unterstützen. Dies beinhaltet zunächst die Auswahl und Züchtung für einen individuellen Standort geeigneter Ölpflanzen. Als Zielregionen werden Mitteleuropa und Regionen in Afrika, Südamerika oder Asien mit stark erosionsgefährdeten Gebieten identifiziert. Primäres Ziel ist die Aufforstung und Humusbildung dieser Gebiete mit dafür geeigneten Ölpflanzen.

Für die Aufforstung mit Ölpflanzen zur Generierung von Humusböden geeignetes erodiertes Waldgebiet in Vietnam. (Foto: Th. Kaiser, 2011)

Als ein wichtiges Nebenprodukt dieser Aktivitäten wird die Ernte und Nutzung der ölhaltigen Früchte im lokalen Kreislauf angestrebt. Dies beinhaltet das Kaltpressen der Früchte zur Ölgewinnung sowie die Adaption geeigneter Fahrzeugmotoren auf nicht veresterten Pflanzenölbetrieb und deren Vollversorgung mit lokal erzeugtem Treibstoff. Ziel ist es, in Krisenzeiten knapper und teurer rohölbasierter Kraftstoffe lokale Unabhängigkeit von Ölimporten zu erreichen und die Stabilisierung der wichtigsten dörflichen Fahrzeuge zu unterstützen.

Dieses Projekt befindet sich in der Aufbauphase – eingeworbene Gelder werden sowohl für Pflanzenzüchtung in Mitteleuropa als auch für Aufforstungsprojekte in betroffenen Regionen verwendet.

Aufforstungsprojekt eines erodierten Bodens in Vietnam mit Jatrophapflanzungen (Foto: Th. Kaiser, 2011)

Thermische Isolierung von Hütten in den Armenvierteln von Buenos Aires aus einfachen rezyklierten Materialien

Die Stiftung unterstützt aktuell eine Diplomarbeit, die sich mit dem Einsatz von angepassten Technologien in Argentinien befasst. Die Arbeit beinhaltet einen praktischen und einen theoretischen Teil.

Im praktischen Teil wurden auf einer Argentinienreise im Frühjahr 2012 an unterschiedlichen Orten in Argentinien verschiedene lokale Umweltorganisationen besucht und sinnvoller ergänzender Handlungsbedarf identifiziert. Konkret wurden die Aktivitäten von einer Umweltgruppe im Norden Argentiniens zur schrittweisen Umgestaltung eines Fischerdorfes auf nachhaltige Baumaterialien und regenerative Energieversorgung, vom Aufbau eines Dorfes zur ländlichen Wiederansiedlung von Bewohnern eines Armenviertels in Cordoba mit lokaler Kreislaufwirtschaft und regenerativer Energieversorgung, sowie die aktive Hilfe zur Selbsthilfe in den Armenvierteln von Buenos Aires als mögliche Projekte für Sofortmaßnahmen identifiziert. Die Diplomandin besuchte diese Projekte und entschied sich für die Arbeit in den Armenvierteln von Buenos Aires. Dort kann es im Winter recht kalt werden, die einfachen meist aus Holz- und Blechabfällen selbstgebauten Hütten gewähren keinen Schutz gegen Kälte und die finanzielle Situation der Bewohner erlaubt keinerlei Ausgaben.

Aus Plastik und Styropor, das auf den Straßen gemeinsam mit den Bewohnern gesammelt und ausgewählt wurde, wurden Isolationsmaterialien erstellt, die einfach zu verlegen sind und so weit möglich standardisiert werden können. Beispielhaft wurde bisher eine Hütte thermisch isoliert.

Im theoretischen Teil der Arbeit werden die gesammelten unterschiedlichen Materialien bzgl. ihrer thermischen Eigenschaften vermessen, eine Standardisierung der Bauweise angestrebt und mögliche Verbesserungspotenziale herausgearbeitet.

Ein erster Reisebericht über bisherige Aktivitäten kann im Internet auf den Seiten der Stiftung nachgelesen werden. Dort werden auch die Endergebnisse veröffentlicht werden. Die Stiftung unterstützt dieses Projekt vorerst mit einem Reisekostenzuschuss.

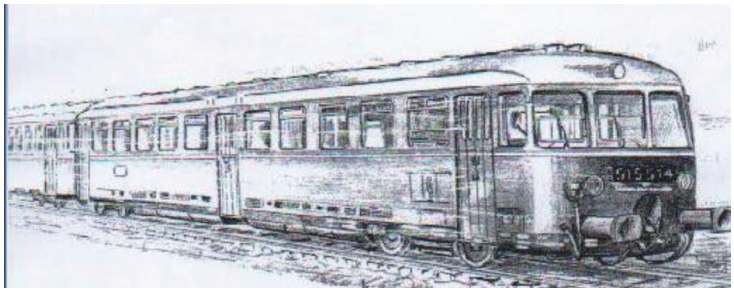
Thermische Sanierung einer Hütte im „Villa Miseria"-Viertel von Buenos Aires aus einfachsten Abfallprodukten (aufgeschnittene Tetrapack) mit guten thermischen Eigenschaften (Foto: S. Jacobsen, 2012)

Konkrete Projekte zur nachhaltigen Entwicklung in Europa

Neben diesen Projekten wird sich die Stiftung auch stärker in die Diskussion um die Energiewende in Deutschland einbringen. Dies soll mit Informationsmaterialien, aber vor allem auch mit umsetzungsorientierten Projekten in solchen Bereichen, die heute noch zu wenig Unterstützung erfahren, erfolgen.

Als wichtige Schwerpunkte wurden zwei Themen identifiziert: Einmal ist es der gesamte Verkehrsbereich, der heute in Energie- und Klimaschutzkonzepten zwar als wichtiger Emittent gesehen wird, dem Verantwortliche aber oft Schulter zuckend und hilflos gegenüber stehen. Hier sucht

die Stiftung nach Ansatzpunkten, um darauf konkrete Projekte aufzubauen. Als ein förderwürdiges Projekt erscheint hier das Projekt „Schienenflieger", das die Stärkung des ÖPNV mit innovativen Technologien und angepassten Betreiberkonzepten zum Inhalt hat. Konkret verfolgt der Initiator Holger Busche den Umbau eines Schienenbusses auf Wasserstoffbetrieb mit Brennstoffzelle, den Einsatz im ländlichen Raum auf still gelegten nicht elektrifizierten Fahrstrecken und ein finanziell umsetzbares Betriebskonzept. Das Gesamtkonzept wird in dem Beitrag „Kopiloten gesucht" in dieser Festschrift weiter ausgeführt.



Skizze des auf dieselelektrischen Betrieb ausgelegten Triebwagens VT686. Dieser soll auf Wasserstoffbetrieb mit Brennstoffzelle umgebaut und im Linienbetrieb eingesetzt werden. (Zeichnung: J. Prieß 2012)

Es wird zwar viel über Energieeffizienz und Energieeinsparung gesprochen, aber in der Realität wird dies oft nur sehr zögerlich umgesetzt, da die Unterstützungskräfte für ein „weniger an Ressourcenverbrauch" eher schwach ausgeprägt sind. Nur dort, wo sich damit auch ein Wachstumsmarkt hinsichtlich neuer Produkte verbinden läßt, sieht man auch entsprechende Bestrebungen. Doch aus Klima- und Ressourcenschutzgründen sind rein technische Effizienzsteigerungen oft genug kontraproduktiv, da sie den neuen effizienten Anwendungen erst einen Markt eröffnen, der in Summe zu meist höherem Gesamtenergieverbrauch führt.

Werner Brög und die von ihm vor über 40 Jahren gegründete Socialdata verfügen über jahrzehntelange Erfahrung im Erheben von Verbrauchsdaten und Verbrauchsgewohnheiten, vorwiegend – aber nicht nur – im Verkehrsbereich. Über diese Analysen lassen sich auch sinnvolle Veränderungspotenziale identifizieren und quantifizieren. Socialdata hat hier ein Konzept zum individualisierten Marketing (IndiMark®) entwickelt, das gut angewandt zu einer Veränderung der Verhaltensmuster führt. Im Lauf der Jahrzehnte konnte Werner Brög nachweisen, dass sich damit typischerweise eine Veränderung des Modal Split, also des Anteils der einzelnen Verkehrsträger, um 10 bis 20 Prozent zugunsten des Öffentlichen Personennahverkehrs und des nicht motorisierten Verkehrs erreichen lässt. Erstaunlich ist, dass diese rein auf Information und Aufklärung beruhenden Verhaltensänderungen unabhängig vom individuellen Kontext und im Vergleich der Erfahrungen auf drei Kontinenten zu jeweils sehr ähnlichen Ergebnissen führen.

Seit einigen Jahren wird das Instrument mit größerem Effekt auch auf Energieeinsparmöglichkeiten im privaten Haushaltsbereich angewendet.

Leider sind es bis heute relativ an der Gesamtzahl nur wenige Kommunen, die davon Kenntnis haben und den Wert des Instrumentes in Anspruch nehmen. Dies ist umso erstaunlicher, da das Kosten/Nutzenverhältnis äußerst gering ist, und sich somit eine der kostengünstigsten Methoden zeigt, um Energieverbrauch und klimarelevante Emissionen zu reduzieren.

Die Stiftung hat es sich zur Aufgabe gemacht, diese Möglichkeiten einer breiteren Öffentlichkeit bekannt zu machen und zu einem stärkeren Einsatz beizutragen.

Kapitel 11

Die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH – Vision als Aufgabe

Uwe Albrecht

Vor 30 Jahren im Jahr 1982 gründete Dr. Ludwig Bölkow die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik. Ausgangspunkt damals waren seine tiefen Einsichten in die zentralen Elemente des globalen Wirtschaftssystems und insbesondere der für dessen Funktionieren erforderlichen Versorgung mit zuverlässiger, preisgünstiger und in der Menge kontinuierlich ansteigender Energie. Bereits damals war ihm sehr deutlich bewusst, dass eine stetige Fortschreibung des Handelns und Wachstums der Industriegesellschaften früher oder später an Grenzen stößt. Ressourcen sind nicht unbegrenzt verfügbar, wirtschaftliche Gleichgewichte verschieben sich und Nationen, die in der Vergangenheit gerne und erfolgreich Rohstoffe exportiert haben, benötigen diese auf einmal selbst. Wachsendes Umweltbewusstsein und damit verbundene Anforderungen schließen bestimmte Industrieprozesse aus bzw. verteuern sie, und auch die heute viel diskutierten Probleme, die ein ungebremster Ausstoß von Treibhausgasen verursacht, waren ihm damals schon bekannt. Dabei ging es ihm nicht vorrangig darum, warnend den Zeigefinger zu erheben. Als herausragender Ingenieur seiner Generation wollte er für die Herausforderungen, denen sich die Menschheit und insbesondere die westlichen Gesellschaften unausweichlich stellen werden müssen, rechtzeitig Lösungen entwickeln und die Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft überzeugen, sich dafür entsprechend vorzubereiten und die Weichen zu stellen.

Aus dieser Motivation heraus hat er die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik als ‚Think Tank' gegründet. Wobei der englische Begriff im Grunde genauso wenig passte, wie die deutsche Entsprechung der ‚Denkfabrik'. Der ‚Think Tank' suggeriert ein Bild, in dem Experten in geschlossenen Gefäßen sitzen und ab und zu Blasen der Erkenntnis aufsteigen; in der mechanistischen deutschen ‚Denkfabrik' stehen die Denker im Blaumann in der Werkshalle und produzieren Gedanken am Fließband. Tatsächlich erforderte die Umsetzung der Bölkowschen Vision ein Team, das seine Erkenntnisse und Lösungen in intensivem Diskurs mit den relevanten Akteuren in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft entwickelt. Und dies zwar selbstverständlicherweise mit höchster Fach- und Sachkenntnis wie auch, wo erforderlich, mit wissenschaftlicher Präzision, aber eben auch mit exzellenten Kommunikationsfähigkeiten und mit dem richtigen Gespür für die Bedürfnisse, Einschränkungen und Ziele des Gegenübers. Diese Fähigkeiten, gepaart mit einer hohen inhaltlichen Motivation, sind auch nach 30 Jahren noch ein gemeinsamer Nenner der heutigen Mitarbeiter der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH , von denen einige dem Unternehmen seit den Anfangsjahren ein Gesicht geben.

Schon in den ersten Jahren der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik wurde zunehmend deutlich, dass die Rolle als frei schaffende Denkschmiede zu kurz gegriffen war. Viele der in der täglichen Arbeit und in Diskussionen adressierten Themen wurden auch in der Wirtschaft als relevant empfunden. Die kontinuierlichen Entwicklungen der Energie- und Technologielandschaft und die sich daraus ergebenden neuen Anforderungen beeinflussten Strategien von Unternehmen wie auch Entscheidungen im politischen Tagesgeschäft. Die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik stand immer häufiger vor der Aufgabe, industrielle und öffentliche Kunden bei der Beantwortung konkreter strategischer Fragestellung zu unterstützen, Zusammenhänge, Technologien und deren Auswirkungen gezielt zu erläutern und gut begründete Empfehlungen auszusprechen. Eine zeitgerechte und hochqualitative Bearbeitung solcher Aufgaben erforderte Strukturen, die denen eines kommerziellen Beratungsunternehmens entsprechen und über den ursprünglichen Ansatz von Ludwig Bölkow hinausgingen. Dies manifestierte sich schließlich in der Etablierung der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST) als am Markt agierender Experte für nachhaltige Energieversorgung und Mobilität, während die Ludwig-Bölkow-Stiftung weiterhin die unabhängige Untersuchung zukünftiger Szenarien durch Unterstützung entsprechender Projekte und Untersuchungen Dritter fördert.

In der Rolle als fachlicher und strategischer Berater von Industrie, Finanzsektor, Politik und Verbänden bleibt die LBST der tieferen Bedeutung des Begriffs ‚Systemtechnik' eng verbunden. Ein konsequenter Systemansatz ist Kennzeichen aller Arbeiten. Nur dadurch, dass wirklich alle relevanten Elemente einer komplex vernetzten Welt berücksichtigt werden, ist die LBST in der Lage, ihren Kunden eine vollständige Grundlage für ihre Entscheidungen zu geben. Nur auf diese Weise werden im tatsächlichen Sinn nachhaltige Lösungen erzeugt, die kurzfristige Verbesserungen eben nicht auf Kosten negativer Auswirkungen in anderen Bereichen mit entsprechenden mittel- und langfristigen Folgen erzeugen. Besondere Herausforderung ist es, dem trotz dieser hohen Komplexität möglichst klare Antworten zu geben und sinnvoll und realistisch umsetzbare Handlungsvorschläge zu entwickeln.

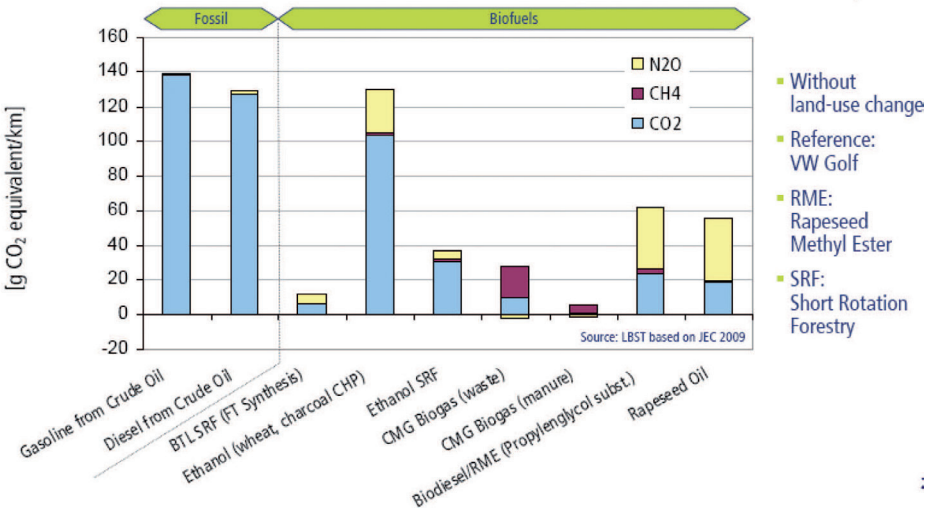
An den folgenden zwei Praxisbeispielen wird die Relevanz dieses umfassenden Systemansatzes besonders deutlich. Zuerst wird die Komplexität bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Biokraftstoffen betrachtet. Danach folgt eine Analyse der Diskussion zur Integration zunehmender Anteile von Wind- und Sonnenenergie in unser Energiesystem und der Bedeutung und möglichen Rolle von Energiespeichern in diesem Kontext.

Verkehr, d.h. die Fähigkeit Güter und Personen schnell, kostengünstig und nahtlos über kleine und große Distanzen zu befördern, ist essenzieller Bestandteil unserer Wirtschaftssysteme. Von allen energieverbrauchenden Sektoren hängt der Verkehr in höchstem Maße von fossilen Energieträgern ab. Dies betrifft insbesondere Rohöl, dessen Preis durch seine begrenzte Verfügbarkeit (seit 2005 konnte die weltweite Fördermenge nicht mehr gesteigert werden) bei nach wie vor steigendem Bedarf in kürzerer Folge immer neue Höchstwerte erreicht. Andererseits ist auch der Verkehrssektor mit der Anforderung konfrontiert, die internationale Klimaproblematik zu adressieren und die Treibhausgasemissionen zu reduzieren.

Hier erschienen vor einigen Jahren Biokraftstoffe als attraktive Lösung. In ihrer einfachsten Form handelt es sich dabei um flüssige Kohlenwasserstoffe, die direkt aus Pflanzenölen (z.B. aus Raps, anderen Ölsamen und aus der Ölpalme) gewonnen und in Diesel oder Kerosin entsprechende Kraftstoffe umgewandelt werden. Alternativ können aus der Vergärung zucker- und stärkehaltiger Pflanzen Alkohole gewonnen werden, die in Ottomotoren eingesetzt werden können. Konzeptionell erscheinen beide Pfade attraktiv. Pflanzen wachsen nach und sind a priori keine begrenzte Ressource. Da sie dies augenscheinlich mit den in der Natur vorhandenen Mitteln tun – Sonnenlicht, Regen, Stickstoff, Kohlendioxid – sollten sie doch auch zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen beitragen; das bei einer Verbrennung freiwerdende Kohlendioxid war ja vorher auch in der Atmosphäre. Ganz so einfach ist es dann allerdings doch nicht. Wie generell in der Landwirtschaft können relevante Mengen an Biomasse nur dann erzeugt werden, wenn der verantwortliche Landwirt die beteiligten Prozesse gezielt unterstützt. Er wird also z.B. die Felder düngen, in der Regel mit industriell hergestelltem Dünger, bei dessen Erzeugung signifikante Energiemengen eingesetzt werden und die wiederum mit entsprechenden Umweltwirkungen verbunden sind. Weiterhin kommen für Aussaat, Bearbeitung der Felder und für die Ernte Maschinen zum Einsatz, die ihrerseits Kraftstoff verbrauchen. Gehen wir nun vom System ‚Anbau' zur nächsten räumlichen Systemebene, die dadurch bedingt ist, dass die Biomasse in aller Regel nicht dort erzeugt wird, wo auch die Weiterverarbeitung stattfindet. Die Weiterverarbeitungsorte (z.B. Ölmühlen, Raffinerien) sind wiederum nicht die Orte der Nutzung ihrer jeweiligen Endprodukte. Entsprechend fallen hier Transportleistungen an, die ebenfalls mit Energie- bzw. Kraftstoffverbrauch und Umweltauswirkungen verbunden sind. Allein für die Bestimmung des mit der Herstellung eines „einfachen" Biokraftstoffs verbundenen Energieaufwands, des spezifischen Ausstoßes an Treibhausgasemissionen und weiterer Umweltauswirkungen sind also sehr komplexe und detaillierte Analysen erforderlich, die hier nur in Ansätzen skizziert wurden.

Zusätzliche Komplexität entsteht z.B. durch die Verwendung von Reststoffen des Produktionsprozesses (z.B. kann der Presskuchen von Rapssamen als Viehfutter eingesetzt werden), für die ggf. entsprechende ‚Gutschriften' bilanziert werden können. Für die Berechnung der gesamten Treibhausgasemissionen muss sogar Art und Einsatzweise des verwendeten Düngers berücksichtigt werden, da beim Einsatz von Stickstoffdüngern Gase mit sehr hoher Treibhausgaswirkung emittiert werden können (Distickstoffoxid hat eine 200 mal höhere Klimaschädlichkeit als Kohlendioxid), die dadurch trotz kleiner Mengen auch signifikante negative Beiträge ergeben können. Tatsächlich kann die Frage nach der Sinnhaftigkeit von Biokraftstoffen nicht pauschal beantwortet werden, sondern muss in jedem einzelnen Fall anhand der detaillierten Randbedingungen

analysiert und geprüft werden, die alle Schritte der Erzeugung, Verarbeitung und Distribution mit einschließen. Die unten gezeigte Abbildung zeigt die tatsächliche Bandbreite der Resultate z.B. für Automobilunternehmen, für die Energieindustrie und auch für die Europäische Kommission.



Treibhausgasemissionen verschiedener Kraftstoffe im Vergleich

Dieses Beispiel eines vermeintlich einfachen Biokraftstoffs macht die damit verbundene Komplexität deutlich und zeigt anschaulich, wie eine zu enge Definition der Systemgrenzen zu irreführenden Einschätzungen führen kann. Noch deutlicher wird dies, wenn wir neben der oben beschriebenen räumlichen Erweiterung der Systemgrenzen auch die zeitliche Dimension betrachten. Im Fall der Biokraftstoffe bedeutet dies, das Augenmerk auch auf das zu werfen, was vor und ggf. nach dem Anbau der entsprechenden Biomasse auf bzw. mit dem betroffenen Land geschieht. Dies führt unmittelbar zur Diskussion um die sogenannte Landnutzungsänderung. Dass es den eingangs genannten Zielen bei der Herstellung von Biomasse nicht dienlich ist, wenn z.B. für die Gewinnung der benötigten Anbauflächen intakter Urwald niedergebrannt wird (eine sog. „direkte" Landnutzungsänderung), erschließt sich unmittelbar. Weniger offensichtlich sind mögliche Konsequenzen der Nutzung bestehender landwirtschaftlicher Flächen. Wenn ein Landwirt oder Agrarkonzern durch den Anbau von Biomasse für die Kraftstoffgewinnung höhere Erträge erzielen kann als z.B. für die Nahrungsmittel, die er bisher dort angepflanzt hat, ist dies natürlich in seinem Interesse und er ist auch frei, entsprechend umzuplanen. Die Nachfrage nach den Nahrungsmitteln wird aber dadurch nicht geringer, und diese müssen auf anderen Flächen möglicherweise an anderen weit entfernten Orten erzeugt werden. In der Summe entsteht also zusätzlicher Druck auf ggf. ökologisch wertvolle Flächen zur Umwandlung in landwirtschaftliche Flächen. Diesen Vorgang bezeichnet man als „indirekte" Landnutzungsänderung, die derzeit Gegenstand intensiver und kontroverser internationaler politischer Diskussionen ist, die z.B. dazu führen kann, dass Palmöl aus Asien in Europa trotz seiner hohen Erträge und niedrigen direkten Auswirkungen mit einer hohen Klimaschädlichkeit bewertet wird.

Aufgrund ihrer indirekten Natur sind die resultierenden Effekte aus der indirekten Landnutzungsänderung nur schwer eindeutig zu quantifizieren. In jedem Fall ist sie aber ein sehr anschauliches Beispiel für die hohe Relevanz möglichst weit gezogener Systemgrenzen bei der Erarbeitung langfristig tragfähiger Lösungen.

Ähnlich komplexe Abhängigkeiten findet man im folgenden zweiten Beispiel aus dem Umfeld der Energieversorgung. Durch den zunehmenden Anteil erneuerbarer Energien, übrigens ein Ziel, das Ludwig Bölkow Zeit seines Lebens verfolgt hat, steht unser Energiesystem vor einschneidenden Veränderungen und damit verbundenen Herausforderungen, insbesondere in der Stromversorgung. Traditionell wurde Elektrizität aus fossilen Energieträgern dann und in der erforderlichen Menge erzeugt, wann und in welchem Umfang sie gebraucht wurde. Dies geschah zwar nicht dezentral aber ortsnah insofern, dass große Kraftwerke in der Nähe großer Verbrauchszentren errichtet wurden. Die Einspeisung der erneuerbaren Wind- und Sonnenenergie ist mit dieser tradierten Struktur nicht ohne weiteres kompatibel. Die Energie wird in diesen Fällen dort produziert, wo für ihre Erzeugung günstige Bedingungen herrschen, d.h. wo der Wind möglichst kräftig und gleichmäßig weht (im deutschen Norden) bzw. wo die Sonne lange und intensiv scheint (im Süden). Noch dazu sind Wind- und Solarkraftwerke nur bedingt steuerbar – man kann sie lediglich abschalten. Idealerweise soll die „grüne" Elektrizität so weit wie möglich genutzt werden. Die Inte-

gration dieser fluktuierenden und nicht aktiv regelbaren erneuerbaren Energien stellt neue Anforderungen an ein Energiesystem, das in den vorangegangenen Jahrzehnten keine signifikanten Änderungen in Struktur und Funktionsweise erfahren hat.

Um die Einbindung von Solar- und Windenergie zu erleichtern wird unter anderem die Einführung und Errichtung neuer Energiespeicher im Netz diskutiert. Die zu Grunde liegende Idee ist auch hier einfach und einleuchtend: in Kombination mit einem Energiespeicher kann Strom aus z.B. einem Windpark gespeichert werden, wenn viel Wind weht und der Strom nicht lokal verbraucht bzw. wegtransportiert werden kann. Umgekehrt kann dem Speicher Energie zur Stromerzeugung entnommen werden, wenn kein Wind weht. Auf diese Weise erzeugt in diesem Beispiel die Kombination aus Windpark und Speicher ein virtuelles „grünes Kraftwerk", das mit seinen Charakteristika leichter in das bestehende Energiesystem integriert werden kann. Strom bzw. elektrische Energie als solche kann aber nur über die Umwandlung in andere Energieformen gespeichert werden. Die Speicherung in Form chemischer Energie ist tatsächlich die einzige Möglichkeit, die zur Speicherung der großen erneuerbaren Energiemengen praktikabel erscheint. Dabei wird mit Hilfe der Elektrolyse aus überschüssiger erneuerbarer Energie CO_2-neutraler Wasserstoff erzeugt und z.B. unterirdisch sicher gespeichert. Dieser kann dann wieder zur Stromerzeugung genutzt werden, steht aber auch als hochwertiger Rohstoff für die chemische Industrie, für die Stahlindustrie oder als nachhaltig erzeugter Kraftstoff im Verkehr zur Verfügung. Auch eine Einspeisung ins Erdgasnetz ist möglich.

Bei der Bewertung eines solchen Speichers stehen (im Gegensatz zu den Biokraftstoffen) technische und wirtschaftliche Aspekte im Vordergrund. Auch dabei sind viele miteinander verknüpfte Systemebenen zu beachten, die im Folgenden aber nur kurz und exemplarisch angeschnitten werden sollen:

- Technologieebene: bei der Abstimmung der erforderlichen technischen Komponenten (Elektrolyseur, Verdichter, Speicher, ggf. Kraftwerk zur Rückverstromung) müssen ggf. gewisse Kompromisse eingegangen werden, die Einfluss auf die Betriebsmodi und die Wirtschaftlichkeit haben können.
- Wirtschaftliche Ebene: Kosten des einzuspeichernden Stroms werden insbesondere von Netz- und regulatorischer Ebene beeinflusst; Technologiekosten hängen nicht zuletzt von der Technologie- und Marktentwicklung ab; aus politischer und regulatorischer Ebene kommen Impulse für Subventionen bestimmter Lösungen und Betriebsmodi – solche Unterstützungen können z.B. im investiven, betrieblichen oder genehmigungsrechtlichen Bereich angesiedelt sein.
- Netzebene: die tatsächliche Platzierung von Elektrolyseur und Speicher im Netz bestimmt entscheidend die Anforderungen an Ein- und Ausspeicherung sowie die damit jeweils verbundenen Strompreise; ebenso hat der Aufstellungsort Rückwirkungen auf mögliche Netzausbaupläne und -anforderungen
- Regulatorische Ebene: Stromversorgung und Netzbetrieb sind zwar formal dereguliert; de facto sind die Akteure aber engen regulatorischen Vorgaben unterworfen, die einerseits Wettbewerb und gleichzeitig Versorgungssicherheit herstellen sollen, andererseits aber auch bestimmte gesellschaftliche und politische Ziele abbilden wie z.B. die Förderung erneuerbarer Energien. Der Betrieb von Speichern zum Ausgleich erneuerbarer Energien führt zu möglichen Zielkonflikten im regulatorischen Gefüge. Eine genaue Analyse der regulatorischen Randbedingungen und möglicher Entwicklungen ist daher unerlässlich.
- Politische Ebene: Die regulatorische Ebene wird stark von der Politik beeinflusst. Relevante und in der Regel konkurrierende Einflüsse kommen hierbei insbesondere aus der Wirtschafts- und Industriepolitik, der Umweltpolitik, der Verkehrspolitik und generell aus energiestrategischen Zielen.
- Marktebene: Durch den Einsatz des zur Speicherung verwendeten chemischen Energieträgers Wasserstoff im Verkehr und in der Industrie werden neue Querverbindungen zwischen den Energiesystemen Strom und Gas sowie zwischen Strom und Verkehr bzw. Kraftstoff geschaffen; die zusätzlichen Vermarktungsmöglichkeiten des gespeicherten Energieträgers erfordern die Berücksichtigung der entsprechenden Systemebenen für eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit und der Mengengerüste.

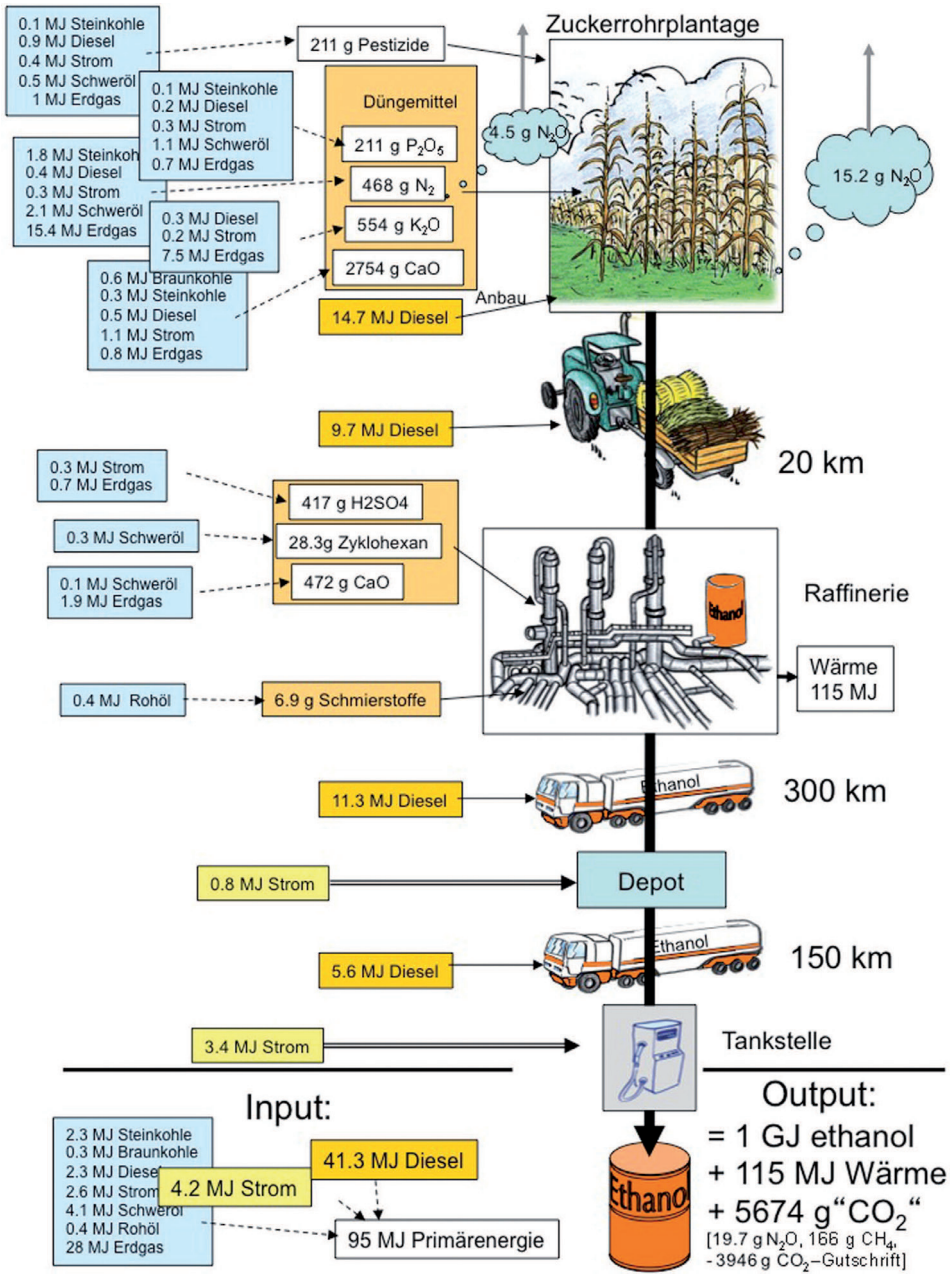
An diesem kurzen Abriss wird deutlich wie vielschichtig das Energiesystem gestaltet ist. Noch dazu sind die unterschiedlichen Ebenen nicht separiert und auch nicht hierarchisch gegliedert, sondern eng miteinander verwoben. Die

Boelkow2012_Layout 1 06.08.12 17:37 Seite 87

LBST hat für eine Vielzahl unterschiedlicher Kunden aus Industrie und Politik technische, wirtschaftliche und systemische Fragestellungen im Umfeld der Speicherung erneuerbarer Energien untersucht und Szenarien für zukünftige Lösungen entworfen.

Das Wort ‚Systemtechnik' im Firmennamen ist also kein Lippenbekenntnis sondern gelebtes Erbe des Firmengründers und in den Genen des Unternehmens und seiner Mitarbeiter fest verankert. Mit ihrem Fundament aus drei Jahrzehnten kontinuierlicher Erfahrung des interdisziplinären Teams renommierter Experten bietet die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH heute ihren internationalen Kunden aus Industrie, Finanzsektor, Politik und Verbänden kompetente Unterstützung bei Fragen zu Technologie, Strategie und Nachhaltigkeit. Dies geschieht insbesondere im Rahmen von System- und Technologiestudien, Energie- und Infrastrukturkonzepten, Machbarkeitsstudien, Strategieberatung, Marktanalysen, Lebenszyklusanalysen und der Bewertung natürlicher Ressourcen. Besondere Arbeitsschwerpunkte liegen dabei in den Bereichen Energie (erneuerbare Energie, Energiespeicherung, Wasserstoff und Brennstoffzellen) und Verkehr (Kraftstoffe und Antriebe, Infrastruktur, Mobilitätskonzepte), sowie bei umfassenden Nachhaltigkeitsanalysen.

Acht von 30 DAX-Unternehmen genauso wie große internationale Konzerne aus Europa und Asien vertrauen der LBST für zuverlässige Einschätzungen zu neuen Entwicklungen und Innovationen in den Bereichen Energiewirtschaft und Mobilität.



Darstellung der Energieaufwendungen und der klimarelevanten Emissionen bei Anbau und Herstellung von Ethanol im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse

Kapitel 12

Leindotter

Thomas Kaiser und
Norbert Makowski

Turbinentreibstoff

Die Turbinen der Passagierjets verbrennen weltweit jährlich 200 Millionen Tonnen Kerosin. Die Tendenz ist weiter steigend. Aus Umweltgründen denken Flugzeughersteller und Fluggesellschaften nicht nur darüber nach, wie Kerosin durch Biokraftstoffe ersetzt oder ergänzt werden kann, sondern zeigen mit ersten Flügen die Realisierbarkeit. Anders als beim Auto, wo Elektroantriebe eingesetzt werden können, werden Flugzeuge auch in Zukunft auf Verbrennungsmotoren angewiesen sein. Vögel, die 300 Tonnen wiegen, erheben sich nicht mit Strom aus der Steckdose in die Lüfte. Biokraftstoffe verfügen dagegen über die notwendige Energie.

Bereits 2007 legte Virgin Atlantic Airlines mit einer Boeing 747-400 die Strecke London-Amsterdam mit einem Gemisch aus Kerosin und Leindotteröl im Tank zurück. 2009 hat KLM (Royal Dutch Airlines) als erste Fluggesellschaft weltweit einen Biotreibstoff-Testflug mit 40 Passagieren an Bord durchgeführt. Bei dem Test wurde eines der Triebwerke der eingesetzten Boeing 747-400 mit einer Mischung aus 50 Prozent herkömmlichem Kerosin und 50 Prozent Biotreibstoff angetrieben, welcher aus dem Öl der Camelina-Pflanze (Leindotter) stammt. Mittelfristig hat sich JAL (Japan Airlines) das Ziel gesetzt, als erste Airline auf ein schadstoffarmes Biotreibstoff-Gemisch aus Leindotteröl und Kerosin nach eigener Erprobung umzusteigen. Auch Deutschlands größte Airline, die Lufthansa, will neue und möglichst nachhaltige Treibstoffmischungen testen, um langfristig Kosten zu sparen und den CO_2-Ausstoß zu senken. Die Flugzeuge werden gegenwärtig fast ausschließlich mit Kerosin betankt, das aus Rohöl gewonnen wird. Ein gut geeigneter Bio-Treibstoff dürfte auch das Öl aus der Purgiernuss (Jatrophapflanze) sein. Abgesehen von der deutlich besseren CO_2-Bilanz ist es leichter und hat eine höhere Energiedichte als Kerosin. Hinzu kommt, dass die Purgiernuss wegen ihrer Ungenießbarkeit und ihres Anbaues in Halbwüsten außerhalb der Diskussion von Teller und Tank steht.

Als Turbinentreibstoff eignet sich ebenso Wasserstoff. Es wird zu diskutieren sein, ob bei zunehmender Knappheit an flüssigen Energieträgern nicht auch Wasserstoff wieder ins Blickfeld moderner Fliegerei geraten muss, auch weil hier High-Tech und hohe Sicherheitsmaßstäbe realisierbar sind. Vieles spricht dafür, dass größere Anteile an Pflanzenölen als Antriebsmittel (Traktor, Erntemaschinen) direkt in der Landwirtschaft verbleiben werden, um hier überhaupt die Nahrungsmittelproduktion als Basisfunktion unseres Lebens und als Fundament an Daseinsfürsorge in dezentralen Strukturen absichern zu können. Die derzeit jährlich hergestellten 150 Millionen Tonnen Pflanzenöl sprechen rein quantitativ für diesen Verwendungspfad. Die zu erwartende diskontinuierliche „Überschusselektrizität" durch Solar- und Windstrom (in diesem Frühjahr wurden Spitzenwerte von 20 Gigawatt in der Bundesrepublik erreicht), sprechen bei deren weiterem Ausbau für die Erzeugung von großen Mengen solaren Wasserstoffs als Puffer und Speicher moderner Elektrizitätserzeugung.

Beides – solarer Wasserstoff, wie auch der an Kohlenstoff gebundene Wasserstoff des Öles von Ölpflanzen als Kohlenwasserstoff - muss in den Fokus unseres Interesses rücken. Hier spielt die Vielfalt – nicht zuletzt die an Ölpflanzen als künftige Nutzpflanzen – eine ebenso bedeutende Rolle, wie die technisch vielfältige und intelligente Nutzung beider Energieträger.

In einem historischen Zusammentreffen am Anfang der 90er Jahre von Ludwig Bölkow und Ludwig Elsbett war eben dies die gemeinsame Überzeugung beider Pioniere ihre jeweiligen Forschungsgebiete gemeinsam diskutierend.

Historie

Die erfolgreiche Erprobung des Leindotteröls als Treibstoff für Flugzeuge lässt die anspruchslose Ölpflanze, Camelina sativa L., unserer Breiten in einem neuen Licht erscheinen. Leindotter wurde bereits 2000 Jahre v. Chr. bei uns angebaut und zählt somit zu unseren ältesten Kulturpflanzen. Bereits Albrecht Daniel Thaer (1752 – 1828) erkannte seine ausgeprägte Anspruchslosigkeit und empfahl den Anbau auf Sandböden.

Ab 1830/1850 wurde Camelina sativa zunehmend vom Raps, insbesondere durch die Initiativen von Johann Pogge (1793 – 1854), verdrängt. Seit dieser Zeit wurden mit Ausnahme von einfachen Selektionen die Leindotterherkünfte kaum durch züchterische Maßnahmen verbessert. Die heute vorhandenen Sorten können als Landsorten, somit als ein genetisch uneinheitlicher Formenkreis einer Kulturpflanzenart mit unterschiedlicher Morphologie und Physiologie, bezeichnet werden. Im Vergleich dazu zählt der Raps zu den Kulturpflanzen, die äußerst intensiv züchterisch bearbeitet wurden. Beide Ölpflanzen müssen vor rund 150 Jahren etwa leistungsgleich gewesen sein, denn sonst hätte kein geringerer als Johann Heinrich von Thünen sich so schwer bei der Einführung des Rapses getan und ursprünglich am „Dotter" festhalten wollen.

Die Gattung Camelina ist in Südosteuropa und in Südwestasien beheimatet. Ursprünglich stellte Leindotter bei der Inkulturnahme des Leins ein Begleitunkraut dar. Im Mittelalter war Leindotter eine sehr weit verbreitete Ölpflanze, worauf die mundartlichen Bezeichnungen Flachsdotter, Buttersame, Butterraps u. a. hindeuten. In Osteuropa und auch in Nordamerika wird Leindotter noch heute angebaut. In Amerika befasst man sich wegen seiner Fettsäurezusammensetzung züchterisch recht intensiv mit dieser alten Ölpflanze. Die mögliche Nutzung als Treibstoff für Flugzeuge dürfte als Grund anzunehmen sein.

Die Beobachtung, dass Sommergerste in Abhängigkeit von den Standortbedingungen eine gute Pflanzengemeinschaft mit Ackersenf bzw. Hederich eingeht, war Anlass, im Kulturpflanzenbereich nach einer Ölpflanze zu suchen, die sich ähnlich verhält wie die beiden genannten Unkräuter. Erste Kriterien waren: Vergleichbarer Entwicklungsrhythmus, keine gegenseitige Verdrängung, keine Beschattung, gleichzeitige Abreife und geringe Standortansprüche. Nach eingehender Prüfung einer Vielzahl von Pflanzen, auch solcher, die als „verloren gegangene Feldfrüchte" gelten, fiel die Wahl auf den Sommerleindotter (Camelina sativa). So vollzog sich unsere Wiederentdeckung dieser alten Kulturpflanze, die in der Folgezeit besonders den ökologisch wirtschaftenden Landwirten in Bayern wirtschaftlichen Erfolg bescherte. Unter dem Motto „Nutzung der Gratisfaktoren der Natur" sicherte Leindotter im Gemisch mit Erbsen durch die N_2-Fixierung sogar die Existenz der viehlos wirtschaftenden Ökobetriebe.

Erfordernisse

Heute belaufen sich die Erträge des Leindotters schätzungsweise nur auf ein Drittel bis auf die Hälfte des Winterrapsertrages. Diese Ertragsrelation trifft auch für andere so genannte „verlorengegangene Pflanzen" zu. In dem Streben nach Biodiversität in unseren Fruchtfolgen sollten wir uns an diese alten Kulturpflanzen und an ihre wertvollen Inhaltsstoffe erinnern, Leindotter ist ein Beispiel dafür.
Wenn wir heute alte Kulturpflanzen im Vergleich zu unseren derzeitigen auf ihre Anbauwürdigkeit prüfen, erhalten wir kein wahres Bild über die Leistungsfähigkeit der verlorengegangenen Feldfrucht, sondern eher die Widerspiegelung des züchterischen Fortschritts. Ermutigen sollte uns, dass die Pflanzenzüchtung mit sehr modernen Züchtungsmethoden durchaus in der Lage ist, unter Beibehaltung wertvoller Eigenschaften wie beispielsweise geringe Standortansprüche und hochwertige Inhaltsstoffe, die Ertragsleistung dieser alten Kulturen deutlich zu erhöhen. In diesem Vorgehen wird ein Weg gesehen, die Artenvielfalt zu erhöhen und den Einsatz von Agrochemikalien zu senken. Diese Last kann die private Pflanzenzüchtung allein nicht tragen. Hier ist allseitige Hilfe, insbesondere die Förderung der Züchtung durch die EU dringend erforderlich. Dadurch würde den Umwelterfordernissen wesentlich besser entsprochen und die Agrarproduktion in Europa auf Dauer nachhaltiger gestaltet werden können.

Mit der Intensivierung der Landwirtschaft ging der Leindotteranbau in Deutschland erheblich zurück und geriet schließlich in Vergessenheit. Im Rahmen der Bemühungen, die Anzahl der Feldfrüchte aus ökologischer Sicht zu erweitern und durch das Suchen nach Feldfrüchten, die sich als nachwachsende Rohstoffe eignen, ist Leindotter vor knapp zwei Jahrzehnten, von Bayern und Mecklenburg-Vorpommern ausgehend, wieder ins Blickfeld gerückt. Richtig

etablierte sich Leindotter allerdings nicht im Reinanbau sondern fast ausschließlich im Mischanbau mit Leguminosen in den Ökobetrieben in Bayern.

Ein wesentliches Erfordernis stellt die Leistungssteigerung durch züchterische Maßnahmen dar. Leindotter ist im Vergleich zum Raps in den letzten 50 Jahren in Deutschland kaum züchterisch bearbeitet worden. Dadurch blieben auch bei den zugelassenen Sorten seine ursprünglichen Wildpflanzenmerkmale in nicht geringem Maße erhalten. Dazu zählen die geringen Standortansprüche. Leindotter gedeiht auf allen Böden, selbst auf Sand- und Kalkböden. Er ist sowohl in Trockenlagen als auch in niederschlagsreichen Regionen anbauwürdig. Diese Eigenschaften machen den Wert des Leindotters aus. Bei allen züchterischen Vorhaben und Maßnahmen dürfen von diesen Standortansprüchen keine Abstriche zugelassen werden.

Um unter Beachtung der Umwelterfordernisse eine höhere Wirtschaftlichkeit besonders im ökologischen Landbau durch Mischkultur zu erreichen, sollte sich die Züchtung auf die Verbesserung folgender Merkmale konzentrieren:

- Die Ertragsfähigkeit der zugelassenen Sorten ist sehr gering. Es besteht eine erhebliche Differenz zum Winterraps. Im Reinanbau werden nur etwa 10 bis 15 dt/ha geerntet. Vor 130 Jahren belief sich der Leindotterertrag auf etwa 7,5 bis 10,0 dt/ha (A. Blomeyer, 1891). Die geringe Ertragssteigerung spiegelt die vernachlässigte Züchtung wider. Letzteres ergab sich aus der umfassenden Einführung des Winterrapses um 1850. Durch ein höheres Einzelkorngewicht, was auch die weitere Verarbeitung des Samens begünstigen würde, könnte eine Ertragssteigerung erreicht werden. Eine Selektion auf eine stärkere Verzweigungsfähigkeit der Einzelpflanzen bedingt eine höhere Schotenzahl je Pflanze und führt letztlich auch zu einer Ertragssteigerung. Dabei ist darauf zu achten, dass die Verzweigungsfähigkeit nicht zu sehr gefördert und dadurch die Konkurrenzkraft erhöht wird. Durch eine zu hohe Konkurrenzkraft verliert Leindotter seine Unterordnung im Mischfruchtanbau. Wesentlich beim methodischen Vorgehen ist, dass die züchterischen Arbeiten möglichst auf Sandböden in Trockenlagen durchgeführt werden, also auf Standorten, auf welchen keine anderen Ölpflanzen anbauwürdig sind. Wird methodisch so vorgegangen, erübrigt sich eine zusätzliche Orientierung auf Ertragssicherheit. Die Steigerung des Naturalertrages auf Grenzstandorten ist das wichtigste Zuchtziel.

- Die Qualität des Leindotteröls entspricht in der Gesamtheit etwa dem Rapsöl. Hinsichtlich des Fettsäurespektrums sind gegenwärtig keine züchterischen Maßnahmen erforderlich. Wünschenswert wäre eine Erhöhung des Rohfettgehaltes im Samen auf 40 – 45 %. In der Perspektive käme noch eine Reduzierung des Eicosensäuregehaltes in Betracht.

- Die derzeitige Standfestigkeit dürfte im Zusammenhang mit der Erhöhung der Ertragsfähigkeit nicht mehr den Erfordernissen entsprechen. Die Erhöhung der Schotenzahl und die Zunahme des Einzelkorngewichtes machen eine höhere Stabilität der Sprossachse erforderlich.

- Die Ausfallfestigkeit ist bemerkenswert. Es wird eingeschätzt, dass gegenwärtig keine züchterischen Maßnahmen notwendig sind. Endgültig ist darüber im Prozess der Züchtung und anhand der Veränderungen der Ertragskomponenten zu entscheiden.

- Die Resistenz gegenüber Pilzkrankheiten hat wesentlichen Einfluss auf den praktischen Anbau. Das gilt verstärkt für die ökologische Wirtschaftsweise. Wenn gegenwärtig noch keine Ertragsbeeinträchtigungen durch Pilzkrankheiten aufgetreten sind, hat das in der geringen Anbaukonzentration seine Ursache. Mit der Ausweitung des Anbaues von Leindotter wird sich das aber ändern. Aus den bisherigen neueren Untersuchungen und Beobachtungen geht hervor, dass Grauschimmel (Botrytis), Falscher Mehltau (Peronospora) und Weißstängeligkeit (Sclerotinia) sich zu den gefährlichsten Pilzkrankheiten entwickeln werden. Da in der Anfälligkeit gegenüber den genannten Pilzkrankheiten zwischen den Sorten bereits deutliche Unterschiede bestehen, wird die Resistenzzüchtung erfolgreich sein. Sie ist neben der Züchtung auf Ertrag das wichtigste Zuchtziel.

Biologie

Die Kruzifere Leindotter hat eine dünne spindelförmige Wurzel von hellgelber Färbung, wird 50 – 100 cm hoch, wächst zunächst eintriebig und verzweigt sich erst im oberen Drittel. Die Blätter zeigen eine lanzettliche, meist ungeteilte Form. Die einzelnen Triebe tragen selbständige traubige Blütenstände mit hell bis dunkelgelben Blüten. Die Frucht des Leindotters ist ein 7 – 10 mm langes birneförmiges Schötchen, welches 8 – 10 tiefgelbe bis rötliche Samen mit einer TKM von 0,7 bis 1,7 g enthält. Vom Leindotter existieren die bekannte Sommerform und auch eine Winterform.

Leindotter verfügt über einen Ölgehalt von 35 – 43 %. Leindotteröl hat eigentlich eine ungünstige Fettsäurezusammensetzung. Der hohe Gehalt an Eicosensäure und Linolensäure ist für die menschliche Ernährung weniger günstig. Die Verwendung im technischen Bereich wird durch den zu geringen Gehalt an Polyenfettsäuren begrenzt. Die energetische Nutzung von Leindotteröl als „Biodiesel" soll dagegen sehr günstig sein, wie der Betrieb von Dieselmotoren zeigt. Die Feinheit des Samens hat sich nicht als problematisch erwiesen. Das gilt sowohl für den Mähdrusch als auch für das Auspressen des Öles. Dennoch ist die Erhöhung des Samengewichtes ein Zuchtziel. Der bei der Verarbeitung zurückbleibende Leindotterkuchen verfügt über einen hohen Proteingehalt, wie das auch von anderen Ölfrüchten bekannt ist. Der Einsatz von Pressrückständen in der Tierproduktion ist in Deutschland nicht mehr verboten.

Standortansprüche

Um die gerühmte Anspruchslosigkeit einem richtigen Härtetest zu unterziehen, wurde im Rahmen der „Wiederentdeckung" sein Verhalten und seine Ertragsleistung im österreichischen Burgenland unter extremen natürlichen Standortbedingungen geprüft. Bei dem Standort in der „Siegendorfer Puszta" in der Nähe des Neusiedler Sees handelte es sich um einen grundwasserfernen (30 Meter) Sandboden. Die Niederschlagsmenge beträgt dort jährlich ca. 400 mm. Bei einer durchschnittlichen Jahrestemperatur von 10,5 Grad Celsius und der entsprechend hohen Verdunstung während der Vegetationszeit kann von einer ausgeprägten Trockenlage gesprochen werden. Unter diesen Bedingungen kam es zwar zu Welkeerscheinungen, aber nicht zu Trockenschäden an den grünen Leindotterpflanzen. Der Kornertrag belief sich auf 15 dt/ha. Mit keiner anderen Ölfrucht wurde unter den angegebenen Standortverhältnissen in den vorangegangenen Jahren diese Ertragshöhe erreicht.

Der zweite Schritt der Prüfung bestand im Vergleich der Leistungen der Sommerölfrüchte in exakten Feldversuchen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Hier zeigte sich der Öllein auf den Standorten mit den besseren Böden (Ackerzahl 50) den übrigen Sommerölfrüchten deutlich ertragsüberlegen (Tabelle 1).

	Ertrag (dt(ha)		
	sandiger Lehm	lehmiger Sand	Sand
Ackerzahl	50	29	20
Sommerraps	18,2	16,1	15,4
Rübsen	18,8	17,9	15,0
Senf	19,9	18,6	14,6
Öllein	24,5	19,8	16,8
Krambe	21,4	21,3	17,3
Leindotter	21,0	21,4	21,2

Erträge von Sommerölfrüchten auf unterschiedlichen Böden

Auf den Sandböden, und das ist das Entscheidende, übertrifft Leindotter im Ertrag alle anderen Sommerölfrüchte, obgleich Leindotter einen deutlich niedrigeren Züchtungsstand hat, auf den bereits hingewiesen wurde. In den Standortansprüchen steht Leindotter mit der typischen Sandbodenpflanze, der Lupine, auf einer Stufe. In einem zweijährigen Experiment zum Vergleich der Leistungen von Lupinen und Leindotter auf einem Sandboden mit der Ackerzahl 16 bis18 erwies sich Leindotter gegenüber der Leguminose sogar mit 4,3 dt/ha ertragsüberlegen.

Anbautechnik

Bei der Fruchtfolgeeinordnung ist zu berücksichtigen, dass es sich bei Leindotter um eine Kruzifere handelt. Damit sind bereits Anbaugrenzen und Fruchtfolgeerfordernisse, die für diese Familie gelten, festgelegt. Der Anteil der Kruziferen und Betarüben sollte in einer Fruchtfolge 25 % nicht überschreiten. Ein Anbau nach Getreide ist anzustreben, obgleich nach Blattvorfrüchten höhere Erträge erzielt werden. Blattfrüchte sollten auf Sandböden dem Getreide als Vorfrüchte zur Verfügung stehen. Leindotter ist im Vorfruchtwert deutlich höher als Getreide zu werten. Durch die frühe Ernte steht ausreichend Zeit für die Bestellung des nachfolgenden Wintergetreides zur Verfügung.

Die gute Spätfrostverträglichkeit gestattet eine frühe Aussaat. Sie kann unmittelbar im Anschluss an die Sommergetreideaussaat erfolgen. Es deutet sich die Tendenz an, dass höhere Saatstärken als 4 kg/ha nicht erforderlich sind (Tabelle 2).

Saatmenge kg/ha	Ertrag dt/ha	
	sandiger Lehm	lehmiger Sand
2	18,7	22,7
4	21,4	24,5
6	21,3	24,8
8	21,7	25,1

Einfluss der Saatmenge auf den Ertrag von Leindotter

Wichtiger als die Aussaatmenge dürfte die Qualität des Saatbettes sein, da die TKM nur 0,7 – 1,7 g beträgt. Als Reihenweite sollten 12 – 20 cm gewählt werden. Auf unkrautwüchsigen Standorten sind enge Reihenentfernungen zu bevorzugen. Hinsichtlich der mechanischen Pflege scheint Leindotter empfindlich zu reagieren, wenn sie mit Eggen und Striegeln, wie in Öko-Betrieben üblich, durchgeführt wird. Hacken ist zwar zweckdienlich, aber sehr arbeitsaufwendig. Leindotter hat eine zügige Jugendentwicklung und damit eine gute Unkraut unterdrückende Wirkung. Bei gutem Acker- und Pflanzenbau kann auf Herbizide verzichtet werden. Es sind die im Rapsanbau zugelassenen Herbizide geeignet.
Auf die Stickstoffdüngung reagiert Leindotter, wie alle Kruziferen, sehr deutlich (Tabelle 3). Trotz der deutlichen Reaktion auf die Stickstoffdüngung kann Leindotter als eine Low-Input-Pflanze bezeichnet werden, da die Gesamt-N-Menge zur Erzielung ansprechender Erträge gering ist.

N-Düngung kg/ha Vegetationsbeginn	Schossen	Erträge dt/ha sandiger Lehm	lehmiger Sand
0		15,8	20,1
30		19,2	23,3
60		20,1	24,7
60	30	23,7	26,7
60	60	24,3	26,7

Einfluss der N-Düngung auf den Ertrag von Leindotter

Leindotter ist sehr gesund und weist kaum Krankheiten auf, und auch aus der Sicht des Befalls durch tierische Schädlinge kann eine positive Wertung erfolgen. Obwohl Leindotter zu den Kreuzblütlern zählt, wurden nach den bisherigen Beobachtungen kaum ertragsbeeinträchtigende Schädigungen festgestellt, selbst dann nicht, wenn er in unmittelbarerer Nachbarschaft von Winter- und Sommerraps angebaut wurde. Da aber die Ausbreitung von Krankheiten und Schädlingen wesentlich durch den Umfang der jeweiligen Kulturpflanzen beeinflusst wird, sind zukünftig Veränderungen im Schaderregerauftreten nicht auszuschließen.

Leindotter weist eine gute Stand- und Ausfallfestigkeit auf. Diese Eigenschaften und die Beschaffenheit des Strohes prädestinieren ihn eher als andere Ölsaaten für den Mähdrusch.

Die moderne Pflanzenproduktion in Deutschland ist nicht unproblematisch. Aus marktwirtschaftlichen Gründen geht der Trend in Richtung der weiteren Spezialisierung und Konzentration auf bestimmte Feldfrüchte. Diese Grundorientierung hat unvermeidlich zu einer Massenvermehrung von Krankheiten und Schädlingen geführt. Setzen sich der Anbau nur weniger Feldfrüchte und der weitere Artenverlust fort, wird sich die schon angespannte Situation noch weiter verschärfen. Diese Entwicklung hat mit einer nachhaltigen Bewirtschaftung des Ackerlandes nichts Gemeinsames. Der Anbau nur weniger Arten gestattet keine Fruchtfolgen mit entsprechenden Anbaupausen. Zwischenfrüchte verteuern, kurzfristig gewertet, die Marktfruchtproduktion und der drastische Rückgang der Tierhaltung führt bei heute schon negativen Humusbilanzen auf den Sandböden zum Raubbau an der Bodenfruchtbarkeit. Die Rahmenbedingungen der EU reichen für die Existenzsicherung der Landwirte, für die Gestaltung des ländlichen Raumes und für die tatsächliche Nachhaltigkeit der Agrarproduktion nicht aus.

Die Landwirte selbst haben aus wirtschaftlichen Gründen kaum Möglichkeiten, die angespannte Situation zu verändern. Die Tatsache, dass mit Hilfe der Chemie nahezu alle Schaderreger und Unkräuter erfolgreich vernichtet werden können, verführt weiterhin dazu, nur dem Markt dienlich zu sein. Nutzung von Gratisfaktoren der Natur zur Sicherung der Produktion sind Grenzen gesetzt. Eine gewisse Möglichkeit der Verarmung der Fruchtfolgen zu begegnen, besteht im Mischanbau, insbesondere mit Körnerleguminosen. Unter Mischanbau, Mischfruchtanbau, Mischsaat oder Gemengeanbau versteht man den gemeinsamen Anbau eines Gemisches verschiedener Feldfrüchte auf einem Feld.

Der Mischanbau hatte bis Mitte des 18. Jahrhunderts große Bedeutung. Bereits 1889 schrieb der Königlich Sächsische Geheime Hofrat und Direktor des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Leipzig, Prof. Dr. ADOLPH BLOMEYER,

„Mischsaaten können gegenüber Reinsaaten Vorteile aufweisen, wenn Blattpflanzen mit Halmfrüchten, Tiefwurzel mit Flachwurzlern, wenn Pflanzen mit recht verschiedenem Nährstoffbedürfnis miteinander gemengt werden, so kann eine vollere, vielseitigere Ausnutzung des Bodens statthaben, die Ernten werden durch die Mischsaat reicher, größer."

Nach heutigem Wissen hat der Mischanbau von Körnerfrüchten auf den sandigen Böden, im ökologischen Landbau und auch im Prozess der stärkeren Ökologisierung des konventionellen Landbaues auf allen Standorten seine Berechtigung. Voraussetzung für einen erfolgreichen Mischfruchtanbau sind vergleichbare Eigenschaften der jeweiligen Mischungspartner hinsichtlich der Standortansprüche, der Saatzeit, des Entwicklungsrhythmuses und der Reife.

Reinsaaten mit einer hochleistungsfähigen Sorte erfordern, wie im konventionellen Anbau üblich, einen hohen Aufwand an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln um einen hohen Ertrag zu erzielen. Anders ist es im ökologischen Landbau. Hier wirken sich die Gemenge auf Grund ihrer spezifischen Eigenschaften ertragssteigernd aus. Die Regel ist, dass die Summe der Erträge beider Partner die Ertragsüberlegenheit ausmacht, auch wenn die jeweiligen Partner im Ertrag der Reinsaat unterlegen sind.

Auf Böden, auf welchen die Ertragsbildung sehr stark von den Witterungsbedingungen, insbesondere von den Niederschlägen, abhängt, werden durch den Mischanbau häufig höhere Erträge als mit Reinsaat erzielt. Allerdings zeigt sich durch den Züchtungsfortschritt hier eine fallende Tendenz. Bei fast allen marktgängigen Feldfrüchten (Raps, Weizen) werden geringere Standortansprüche im Rahmen der Sortenvielfalt angestrebt.

Die Ertragsstabilität steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der Ertragshöhe. Größere Ertragsschwankungen treten dann auf, wenn die standortspezifischen Anforderungen einer Feldfrucht nicht voll befriedigt werden können. Meist wird auch durch die Reinsaat mit einer anspruchsloseren Sorte nicht die erforderliche Ertragsstabilität erreicht. Gemenge aus verschiedenen Arten mit sehr unterschiedlichen Bodenansprüchen können vorhandene Standorteinflüsse ausgleichen und eine höhere Ertragsstabilität erreichen. Auf diese Weise lassen sich ertragsschwache Standorte auch für leistungsfähigere Arten mit höheren Ansprüchen erschließen. Die höchsten Ertragsschwankungen treten auf den Sandböden auf, da hier der Wasserfaktor sehr schnell ins Minimum gerät und die Ertragsbildung stark eingrenzt. Obgleich durch die Züchtung beachtliche Erfolge bei der Reduzierung des spezifischen Wasserbedarfes je Kilogramm Trockensubstanzbildung erreicht wurden, erweisen sich noch heute auf extremen Standorten Gemenge als ertragssicherer. Dabei bestehen jedoch zwischen den Feldfrüchten erhebliche Unterschiede.

In der Unkrautunterdrückung sind bei richtiger Partnerwahl Gemenge den Reinsaaten deutlich überlegen. Das trifft besonders dort zu, wo unter die Deckfrucht eine Grünpflanze direkt mit dem Ziel der Unkrautunterdrückung gedrillt wird. Ein Beispiel dafür wäre die Aussaat von Perserklee zwischen die Reihen des Winterrapses. Aber darum geht es hier nicht.

Es ist die Frage, ob das auch für die Samennutzung beider oder mehrerer Mischungspartner zutrifft. Die Mechanismen der Unkrautunterdrückung sind sehr vielfältig. So kann durchaus die Beschattung, ausgelöst durch einen Partner, die Ausbreitung von Lichtkeimern verhindern. Das wäre besonders bei Mischungen von monokotylen und dikotylen Körnerfrüchten der Fall. Nicht sichtbar für uns, aber wissenschaftlich belegt, ist die Konkurrenz im Wurzelraum um Wasser und Nährstoffe. Hinzu kommen mögliche Ausscheidungen chemischer Stoffe aus den Wurzeln, auf die auch die so genannte „Müdigkeit" bei häufiger Selbstfolge von Fruchtarten zurück zu führen ist. Die Wurzelausscheidungen können sich sowohl fördernd als auch hemmend auf die Unkrautflora auswirken. Wie die gegenseitige Beeinflussung von Unkräutern und Körnerfruchtgemengen erfolgt, ist nicht bekannt. Beobachtungen in der Praxis belegen, dass Menggetreide auf den Sandböden die Unkräuter besser als Reinsaaten unterdrückt. Das dürfte auf die dichteren Bestände und ihre Folgen zurückzuführen sein.

Auch die mögliche Minderung von Krankheiten spricht für den Mischfruchtanbau. Da viele Krankheiten artspezifisch sind, kann davon ausgegangen werden, dass nicht alle Pflanzen eines Gemenges befallen und in der Ertragsbildung beeinträchtigt werden. Auch die Ausbreitung einer Krankheit vollzieht sich langsamer und weniger intensiv als in einer Reinsaat, wo sich die genetisch gleichen Pflanzen direkt berühren und sich auf diese Weise sehr schnell infizieren. Die Partnerpflanzen werden nicht nur weniger häu-

fig befallen, sondern verhindern die Ausbreitung der Erreger. Das dürfte ein wesentlicher Grund für die Ertragsüberlegenheit von Gemischen gegenüber Reinsaaten sein. Dieser Effekt sollte unbedingt im ökologischen Landbau genutzt werden, da es fast die einzige Möglichkeit ist, mit Ausnahme der zeitlichen und räumlichen Fruchtfolgegestaltung, Pilzkrankheiten zu vermindern. Aber auch Resistenzen haben in diesem Zusammenhang eine Bedeutung. Das gilt besonders für die Gemische einer Art aus Sorten mit unterschiedlichen Resistenzen, wie vor allem aus dem konventionellen Anbau bekannt ist. Ein typisches Beispiel stellte der erfolgreiche mit Sortenmischungen betriebene Braugerstenanbau in der DDR dar. Auf jeden Fall kann so auch im konventionellen Landbau zur stärkeren Ökologisierung der Produktion beigetragen werden.

Die Reduzierung tierischer Schädlinge ist sehr unterschiedlich zu bewerten. Es ist nicht generell so, dass im Mischfruchtanbau weniger Schädlinge auftreten. Ihre Ausbreitung hängt von ihrer eigenen Spezialisierung ab. Das trifft z.B. für Blattläuse, Drahtwürmer und artspezifische Insekten (z.B. Rapsstengelrüßler u. a.) zu, die an bestimmte Wirtspflanzen gebunden sind. Fehlen im Gemisch diese Wirtspflanzen, werden nur Teile des Gemenges geschädigt und der Ertrag ist höher als der der Reinsaat. Das trifft aber nur dann zu, wenn keine Insektizide eingesetzt werden. Im konventionellen Anbau wird außerdem noch durch Herbizide, Wachstumsregler und Stickstoff (u. a. Nährstoffe) die Ertragsbildung erhöht. Die dadurch erzielte Ertragserhöhung beläuft sich auf fast 100 %. Allerdings ist die Ertragssteigerung mit hohen Kosten und stets mit einer möglichen Umweltbelastung verbunden.
Eine weitere Möglichkeit, tierische Schädlinge abzuwehren, besteht in dem Zusammenfügen von Partnern, die die Wirtsfindung von Schädlingen verhindern. Ein klassisches Beispiel stellt der Mischanbau von Möhren und Zwiebeln dar. Der produktionstechnische Anbau erfolgt im Wechsel der Möhren- und Zwiebelreihen. Dieses Vorgehen verhindert das Ansiedeln der Möhren- und der Zwiebelfliege.

Eigene Untersuchungen zur Bildung von Barrieren zur Verhinderung des Auftretens von Insekten, was noch heute bei Raps propagiert wird, verliefen erfolglos. So ist es nicht möglich, die Ausbreitung des Rapsglanzkäfers durch die Ummantelung des Schlages mit einem mehrere Meter breitem Schutzstreifen aus Rübsen zu verhindern. Diese Form des Mischfruchtanbaues kann sich aber bei der Verhinderung des Herbizideinsatzes zum Schutz von Saumbiotopen bewähren.

Ein wesentlicher praxisrelevanter Vorteil des Mischfruchtanbaues kann in der Vermeidung von Lager bei Körnerfrüchten bestehen. Die Vermeidung von Lager ist besonders bei Körnerfuttererbsen aktuell. Obgleich durch die Schaffung der Halbblattlosen Typen bei den Erbsen eine bessere Standfestigkeit erzielt wurde, entspricht sie trotzdem nicht den Erfordernissen. Großkörnige Leguminosen, und besonders standfeste Erbsen, sind von existenzieller Bedeutung für die Öko-Landwirte in Gebieten mit Niederschlägen ab 700 mm, wie es vielerorts in Bayern der Fall ist. Ein Beispiel ist der Kramer-Bräuhof in Pfaffenhofen. Erst durch einen umfangreichen Mischfruchtanbau von Erbsen war es möglich, auf ökologische Weise das Unternehmen erfolgreich weiterzuführen. Durch einen Mischanbau von Erbsen mit Leindotter konnten durch die Verbesserung der Standfestigkeit der Erbsenertrag stabilisiert, die Erträge und die Qualität des Druschgutes verbessert und die Leistungen der Feldfrüchte im Rahmen der Gesamtfruchtfolge erhöht werden. Bei der Auswahl der Partner zur Verbesserung der Standfestigkeit der Erbsen ist es von außerordentlicher Wichtigkeit, dass der Partner, der über die notwendige Standfestigkeit verfügt, nicht die zu stützende Pflanze überwuchert und unterdrückt, wie eigene Untersuchungen mit Senf belegen. Durch die Verhinderung von Lager können durchaus Verluste von mehr als 50 % des gewachsenen Ertrages vermieden werden.

Ein erhoffter Nährstofftransfer konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Die eigenen Untersuchungen in Gemengen von Weizen bzw. Roggen mit Erbsen verliefen erfolglos. Die Annahme, dass nach dem Absterben der Knöllchenbakterien der fixierte Luftstickstoff mineralisiert und im Getreide wieder gefunden bzw. ertragswirksam wird, ließ sich nicht bestätigen.

Mischfruchtanbau von Weizen und Erbsen (Foto: Th. Kaiser)

Beispiele für den Vergleich von Reinsaaten und Gemengen bei Körnerfrüchten (Tab.4 bis Tab.6):

	Erbsen	Erbsen/Hafer
1941	25,0	28,5
1942	9,7	23,9
1943	10,3	20,3
1944	21,6	22,4
1945	29,7	31,8
1946	20,4	28,9
1947	22,8	27,4
1948	24,3	32,6
1941/1948	20,5	27,0

Erträge des Rein- und Mischanbaus von Leguminosen (dt/ha) (nach OLTMANN, 1950)

Ertrag aus dem Mischfruchtanbau von Weizen und Erbsen (Foto: Th. Kaiser)

	Ertrag (dt/ha)			
Jahr	S-Weizen	S-Weizen/Leindotter		Mischsaat ges.
1999	36,7	38,0	1,1	39,1
2000	26,1	25,2	4,1	29,3
2001	32,0	30,2	4,6	34,8
2002	21,7	29,9	2,0	31,9
2003	45,6	44,0	7,0	51,0
2004	-	39,7	1,3	41,0

Erträge bei Reinsaat und Mischsaat von Sommergerste und Leindotter Produktionsexperimente 1999/2004 (Kramerbräu, Pfaffenhofen)

	Erträge (dt/ha)	
	Erbsen	Leindotter
Erbsen	29,8	-
Erbsen/Leindotter	31,5	2,1
Leindotter	-	11,6

Erträge bei Reinsaat und Mischsaat von Erbsen und Leindotter (Feldversuche 2000/2002)

Als positive Wirkungen des Mischanbaus werden die folgenden Effekte genannt:

- Verminderung des Anbaurisikos, wenn sich die Mischungspartner in ihrer Stresstoleranz und Krankheitsgefährdung wesentlich unterscheiden;
- Nutzung von Ergänzungswirkungen (z.B. Stützfrucht);
- Steigerung in der Nutzung der Sonneneinstrahlung durch vergrößerten Blattflächenindex;
- Förderung der Unkrautunterdrückung durch stärkere Beschattung der Bodenoberfläche;
- Verbesserung in der Ausnutzung des Standortes durch Unterschiede im Bestandsaufbau und im Wurzelsystem der Mischungspartner;
- Erhöhung des Gesamtertrags je Flächeneinheit bei geringerem Ertrag der einzelnen Mischungspartner;
- Erhöhung der Ertragssicherheit auf Grenzstandorten;
- Verringerung des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln.

Der Mischanbau von Körnerfrüchten wirkt sich nachhaltig positiv nur dann auf die Bodenfruchtbarkeit aus, wenn großkörnige Leguminosen Bestandteil des Gemisches sind. Leguminosen zählen unter dem Aspekt der Bodenfruchtbarkeit, der Fruchtfolgegestaltung und der Nutzung von Gratisfaktoren der Natur zu den wertvollsten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Ihre besondere Eigenschaft besteht darin, mit der jeweiligen Rhizobienart (den im Boden vorhandenen „Knöllchenbakterien") eine Symbiose

einzugehen. Die N_2-Fixierung hängt von der Leguminosenart, der Länge der Vegetationszeit, den Standortbedingungen und weiteren Umwelteinflüssen ab. Die N-Bindung weist eine große Variationsbreite auf. Sie schwankt zwischen 80 und 500 kg N/ha.

Im Reinanbau deckt der von den Bakterien fixierte Luftstickstoff zu etwa 80 Prozent den N-Bedarf der Leguminose. Die restlichen 20 Prozent werden nach der Mineralisierung der organischen Substanz dem Boden entnommen. Insgesamt werden in Abhängigkeit von der Menge der artspezifischen Biomassemenge etwa 150 bis 200 kg N/ha aufgenommen und gespeichert. Je nach dem Verhältnis der Mischung können 20 bis 60 Prozent dieser Stickstoffmenge zu Gunsten der Mischung angerechnet werden.
Nach Abfuhr des Aufwuchses verbleiben etwa 15 bis 30 kg N/ha für die Nachfrucht der Mischfrucht. Diese Leistungen der Körnerleguminosen sind nicht hoch genug zu bewerten, wenn man den hohen Energieaufwand für die Herstellung von N-Mineraldüngern in die Betrachtung einbezieht. Mit jedem Hektar Leguminosen-Mischfrucht werden etwa 15 bis 30 Liter Erdöl eingespart und gleichzeitig die Abgabe von Kohlendioxid an die Atmosphäre entsprechend gemindert.

Zu den weiteren Vorteilen der Leguminosenmischfrucht (Erbsen/Leindotter) zählen:

- Steigerung der Bodenfruchtbarkeit durch Zunahme der organischen Substanz
- Begünstigung der Bodenbearbeitung, pfluglos
- Stabilisierung der Krümelstruktur des Bodens und der Schattengare
- Einengung des C:N – Verhältnisses der organischen Bodensubstanz
- Begünstigung des Phosphataufschlusses im Boden
- Verbesserung der bodenbiologischen Aktivität
- Erhöhung des Speichervermögens des Bodens für Wasser und Nährstoffe
- Unterbrechung von Infektionsketten in betonten Getreidefruchtfolgen
- Förderung von Antagonisten gegenüber spezifischen Schaderregern
- Minderung der Verunkrautung, insbesondere der Wurzelunkräuter
- Bessere Durchwurzelung des Unterbodens
- Unverzichtbare natürliche N-Quelle im Ökologischen Landbau

Fazit

Jüngste Testflüge mit einem Gemisch aus Kerosin und Pflanzenöl lassen die alte Ölpflanze Leindotter in neuem Licht erscheinen. Obgleich die Pflanze - sie zählt zu den „verloren gegangenen" - seit Jahrzehnten kaum züchterisch bearbeitet wurde, erwies sie sich auf trockenen Sandböden allen anderen Sommerölpflanzen ertragsüberlegen. Durch eine EU-weite Förderung der Züchtung alter Kulturpflanzen könnte entscheidend zur höheren Artenvielfalt und einer nachhaltigen Agrarproduktion beigetragen werden. Die robuste Pflanze ist produktionstechnisch leicht zu handhaben. Der Dotter ist sowohl im ökologischen als auch im konventionellen Landbau anbauwürdig. Leindotter eignet sich hervorragend für den Mischfruchtanbau, insbesondere mit Körnererbsen. Der Mischfruchtanbau ist eine ideale Form des Pflanzenanbaus der ökologischen Landwirtschaft. Er hat seit über 15 Jahren seine Leistungsfähigkeit in der Praxis bewiesen und entscheidend zur Existenzsicherung viehloser Ökobetriebe in Bayern und Österreich beigetragen. Der Mischfruchtanbau mit Leguminosen stellt ein überzeugendes Beispiel für die Nutzung von Gratisfaktoren der Natur dar. Durch zielgerichtete Züchtungsmaßnahmen kann die Leistungsfähigkeit des Leindotters und seiner Gemische in relativ kurzer Zeit um mindestens 20 % gesteigert werden.

Kapitel 13

Kopiloten gesucht

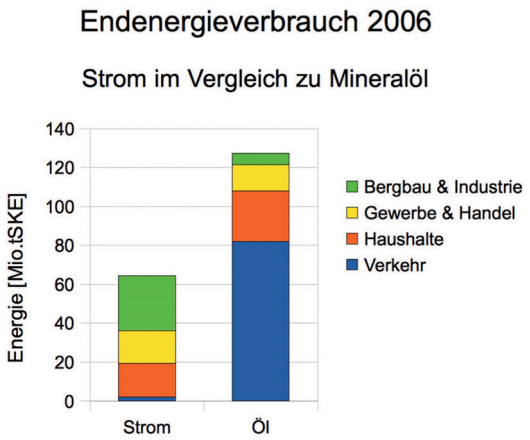
Holger Busche

Dieser Artikel zeigt, wie der regionale Schienenverkehr Lösungen für die sich abzeichnenden Probleme im Energie- und Verkehrsbereich vereint lösen kann und warum es sinnvoll ist, in regionalen Schienenverkehr mit wasserstoffelektrischen Zügen zu investieren. Für diese Projekte sind vorausschauende Investoren quasi als Kopiloten in die Zukunft der Mobilität gesucht und herzlich willkommen.

„We shall require a substantially new manner of thinking if mankind is to survive.", Albert Einstein.

Energiewende und Verkehrswende

Die Energiewende ist in aller Munde. Praktisch jeder sieht die Notwendigkeit, Energiequellen zu nutzen, die nicht aus endlichen Rohstoffen wie Öl, Kohle oder Uran stammen. Allerdings setzt fast jeder diese Energiewende mit der Frage gleich, woher der Strom aus der Steckdose eines Tages kommen wird. Dieses täuscht darüber hinweg, etwas selbst damit zu tun zu haben oder gar das eigene Verhalten über den Kauf effizienterer Geräte wie z. B. Kühlschränke hinaus, zu ändern.



Verhältnis Stromverbrauch zu Mineralölverbrauch nach Sektoren; Allein der Straßenverkehr braucht mehr Energie in Form von Öl als alle Sektoren zusammen an elektrischen Strom. Die Energiewende betrifft weit mehr als nur die Elektrizität. (age, 2006)

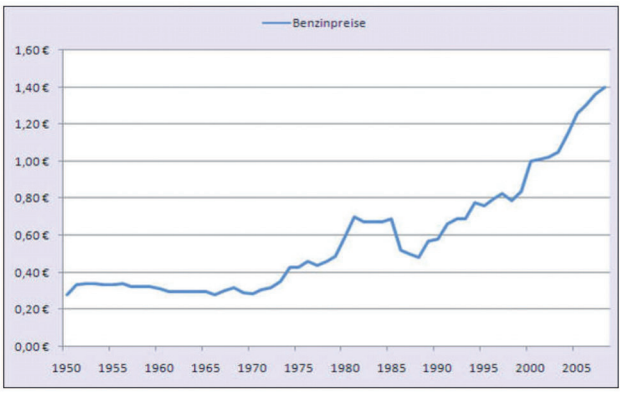
64 Mio. tSKE Energie wurden 2009 in der Bundesrepublik Deutschland an Strom verbraucht. Rund eineinhalbmal soviel verbrauchten wir jedoch für unsere Mobilität (89,2 Mio. tSKE). Größter Verschwender ist hier mit über 90 % der Straßenverkehr, der seinen Energiehunger fast ausschließlich aus Erdölprodukten stillt. Und so kommt es, dass 64 % des Ölverbrauches der Bundesrepublik Deutschland 2006 in Antriebsaggregaten verbrannte (82 von 128 Mio. tSKE). Der Rest geht in Heizungen (26 Mio. tSKE) und die chemische Industrie, wo Öl einen äußerst wertvollen Grundstoff darstellt.

In anderen Ländern, wo die chemische Industrie weit weniger ausgeprägt ist und der Heizbedarf durch wärmeres Klima deutlich reduziert wird, dient Öl fast ausschließlich der Fortbewegung. Hinzu kommen noch der weltweite Schiffs- und Flugverkehr, der oftmals in nationalen Statistiken gar nicht auftaucht.

Im Haushalt funktionieren seit Jahrzehnten praktisch alle Geräte bereits elektrisch und das Bewusstsein, den Verbrauch zu senken wird schon lange geschärft. Es Bedarf nicht viel, beim Kauf eines Kühlschrankes oder anderen Haushaltsgerätes, auf das Etikett mit der Effizienzbeschreibung zu achten. Auch der Tausch von Glühbirnen gegen Leuchtdioden erfordert kaum Umstellung des eigenen Verhaltens.

Anders bei der Mobilität, besonders der in der Diskussion gerne auf Akkuautos reduzierten Elektromobilität. Der Glaube, man müsse nur Verbrennungsmotor und Tank durch Elektromotor und Akkumulator ersetzen, stellt sich immer stärker als weder umfassend praktikabel noch finanzierbar heraus und mit dem derzeitigen Hybridantrieben steckt man ja wieder in der Ölfalle: Die Experten sind sich einig, dass Peak-Oil, also das Überschreiten des Fördermaximums, und damit das Überschreiten des Angebotes durch die Nachfrage, kommt, wenn nicht gar schon im Gange ist. Das heißt zwar nicht, dass kein Öl mehr verfügbar sein wird, aber es wird eben deutlich teurer. Noch deutlicher als es Einsparungen durch bessere Motoren wieder wettmachen

könnten. Die Preissteigerungen der letzten Jahre, waren nur ein kleiner Anfang.



Benzinpreisentwicklung (Sprit, 2012)

Doch selbst wenn Akkuantriebe für Pkw lösbar wären, was ist mit LKW, Schiffen oder gar Flugzeugen? Völlig unmöglich, diese mit Akkumulatoren zu betreiben. Sie wären viel zu schwer. Auch hier greift die autoorientierte Denk- und Sichtweise wieder viel zu kurz.

Zwischenfazit: Die Energiewende bzw. Knappheit der Rohstoffe, sei sie politisch oder natürlich bedingt, wird uns an einer unserer zentralsten Stelle empfindlich treffen: Der Mobilität. Es ist an der Zeit mit der Energiewende auch die Verkehrswende einzuleiten.

Energiewende und private Finanzierungsmodelle

Der Finanzbedarf für die Energiewende ist immens. Doch genau daran hat sich gezeigt, dass viel mehr geht als bisher gedacht. Mehrere Millionen Euro kostet ein Windrad und doch werden sie zu Tausenden privat finanziert. Mit Gewinn. Nun mag man einwenden, dass dieses nur auf Subventionen beruht. Das ist aber zu kurz gedacht. Zuerst sind es keine Subventionen in dem Sinne, dass hier staatliche Gelder, also Geld der Steuerzahler, geflossen sind. Es ist vielmehr eine Verkaufsvorschrift erlassen worden, die ein gewinnbringendes Geschäft in Aussicht stellt, um die Forschungs- und Anfangsinvestitionen nicht von Steuergeldern bezahlen zu müssen. Dieses hat dann die Marktkräfte inganggesetzt. Inzwischen werden zahlreiche der Wind- und Solaranlagen gar nicht mehr nach dieser Verordnung abgerechnet sondern suchen sich eigene Käufer für den Strom. Soweit sind die Produktionskosten durch die Serienfertigung inzwischen gesunken. Beispielsweise wurde der Preis für den mittäglichen Spitzenlaststrom für Netzabnehmer durch die Photovoltaikanlagen gesenkt.

Zwischenfazit: Wenn die Rahmenbedingungen richtig gesetzt sind, wird es immer einen Investor geben.

Dieser Investor kann auch aus einer großen Gruppe von Bürgern bestehen. Zahlreiche Bürgerwindparks bestätigen dieses. Dabei gibt es sogar nicht nur die klassischen Anteilszeichnungen nach dem Prinzip „jeder soviel wie er bezahlen kann", sondern auch erfolgreiche Beispiele von Umlageverfahren. So hatte in Süderdithmarschen in einer ersten Runde jeder Bürger die Gelegenheit exakt einen Anteil zu zeichnen. Und erst als alle die Chance hatten, sich zu beteiligen, wurde eine zweite Runde eröffnet. So wurde immer weiter verfahren. Dadurch hatte jeder eine Chance auf mehrere Anteile und lief nicht Gefahr, keine abzubekommen, weil irgendein reicher Anleger bereits zu viele Anteile und damit ja auch Mitspracherechte mit einer Zahlung auf sich vereinigte. Derartige Finanzierungsmodelle sind auch schon für die neu zu errichtenden Stromleitungen im Gespräch, da sich die Finanzierung für die dafür zuständige Netzbetreibergesellschaft („Stromtransportfirma") als schwieriger herausstellt als erwartet.

Zwischenfazit: Selbst große Projekte können privat von Bürgergemeinschaften finanziert werden.

Energiewende und Speicherung in Wasserstoff

Die Energiewende basiert auf dem Einsatz regenerativer Energien. Diese produzieren aber nicht bedarfsgerecht, so dass es immer Zeiten und Orte gibt, an denen mehr Strom produziert wird, als tatsächlich benötigt. So ist es eines der Ziele der neuen Schleswig-Holsteinischen Landesregierung im Lande vornehmlich mit Windkraftanlagen dreimal so viel Strom zu produzieren wie in Schleswig-Holstein selbst benötigt wird. Alleine an der Westküste sollen die heutigen 3 GW installierte Leistung bis 2020 auf 9 GW gesteigert werden. Onshore wohlgemerkt. Offshore soll noch ein Vielfaches dessen hinzukommen. Angesichts dieser Größenordnungen wird offensichtlich, dass selbst der viel diskutierte Bau von neuen Stromtrassen nicht den gesamten Strom wird abtransportieren können.

Regenerativ erzeugter Strom über die Elektrolyse in Wasserstoff zu speichern ist dabei eine der erfolgversprechendsten Wege. So wird in Hemmingstedt bei Heide (Holst.) genau dieses Vorhaben vorangetrieben. Trotz des Wirkungsgrades von rund einem Viertel lohnt sich dieses, da die Windkraftanlagen sonst abgeschaltet werden müssten.

Elektrolyseanlage von ITM-Power auf der Hannover-Messe 2012 (Foto: H. Busche)

Zwischenfazit: Die Energiewende benötigt leistungsfähige Speicher. Wasserstoff bietet sich hier an

Wasserstoff als Energieträger

Dieser so regenerativ erzeugte Wasserstoff kann nicht nur zur Rückverstromung in das Stromnetz genutzt werden, um Leistungsschwankungen auszugleichen, sondern auch direkt zum Antrieb von Fahrzeugen. Hierfür bietet sich die Nutzung von Brennstoffzellen an, die die Energie des Wasserstoffs ohne thermischen Prozess und mechanische Komponenten mit hohem Wirkungsgrad in elektrische Energie umwandeln.

Zwischenfazit: In Wasserstoff gespeicherte Windenergie (bzw. allgemein regenerative Energie) kann zum Antrieb von Fahrzeugen genutzt werden.

Dabei stand bislang stets der Einsatz in Autos im Vordergrund. Während die Nutzung im PKW-Bereich bereits erforscht wurde und auch erste Projekte für Wasser- und Luftfahrzeuge ebenfalls auf den Weg gebracht wurden, steht dieses für den Schienenbereich noch aus. Dabei bietet die Schiene gegenüber anderen Verkehrsträgern deutliche Vorteile:

- Elektroantriebe sind seit Jahrzehnten serienmäßig im Einsatz;
- Technische Probleme mit Masse und Volumen sind systembedingt leichter lösbar;
- Der Betrieb ist viel planbarer und intensiver als bei PKW:
  - o Dadurch werden Erfahrungen schneller gesammelt,
  - o Notwendige Änderungen können schnell in einen Betriebsplan eingearbeitet werden,
  - o Keine Probleme mit langen Standzeiten (Ausgasungen des Tanks), da ständig im Einsatz;
- Das Problem der Tankstelleninfrastruktur ist viel kleiner, da:
  - o bereits wenige Tankstellen für eine Flächendeckung ausreichen,
  - o nur qualifiziertes Personal diese bedient.

Doch noch viel wichtiger als diese technischen Argumente, um die sich Ingenieure geradezu liebevoll bis in die dritte Nachkommastelle gerne kümmern, ist das finanzielle Argument:

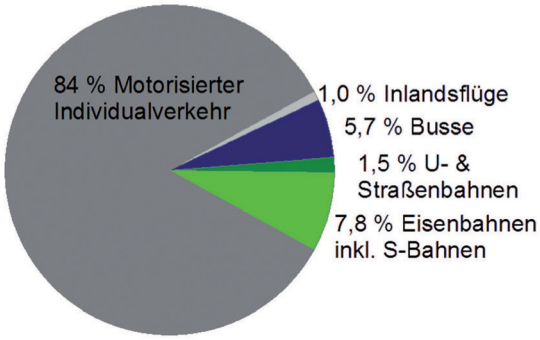
- Als einzigem Verkehrsmittel steht bei der Schiene mit der Elektrifizierung der Fahrzeuge eine wirtschaftliche Ersparnis aufgrund eingesparter Infrastruktur (Oberleitung) gegenüber;
- Schon von Anfang an wird eine Tankstelle gut ausgelastet.

Zwischenfazit: Die Schiene bietet sowohl technisch als auch ökonomisch hervorragende Chancen zum Einsatz neuer Antriebstechnologien

Europas erste „Hydrail"; Birmingham, 4. Juli 2012 (Foto: H. Busche)

Verkehrswende - Grundlagen

Nicht nur die Forschung im Bereich Wasserstoff sondern die Verkehrspolitik allgemein war jahrzehntelang einseitig auf den PKW- sowie teilweise auch auf den Flugverkehr ausgerichtet und hat diese massiv gefördert. Dadurch wurde das Angebot dieser Verkehrsmittel ständig besser und sie übernahmen somit auch konsequenterweise die Führung im sogenannten Modal Split - Der Verteilung des Verkehrs auf die verschiedenen Verkehrsträger. Der Schienenverkehr hingegen wurde stark vernachläsigt und schrumpfte dementsprechend. Auf einen Fahrgast kommen inzwischen 10 Autofahrer. Das wiederum zeigt, welch großes Potential an Neukunden für die Schiene schon heute auf der Straße unterwegs ist.



Modal Split Deutschland 2010 (Anteile der Verkehrsträger) am Verkehr (ApS; 2012)

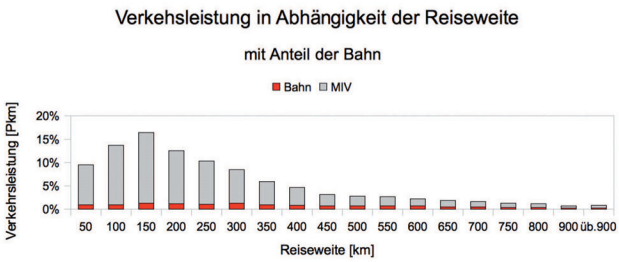
Jeder der schon mal auf dem Fußboden eines ICE sitzen musste, weil kein Platz mehr frei war oder das dürftige Schienenangebot z. B. in den USA gesehen hat, muss denken, dass in Deutschland alle Welt mit dem Zug unterwegs ist. Doch gemessen an den Straßen sind diese Züge praktisch leer.

Milliardengrab Bahn

In den 1980ern wurden dann erste Stimmen laut, die diesen Prozess kritisierten. Doch eine entsprechende Verkehrswende wurde nie wirklich eingeleitet. Zwar wurden durchaus auch Bus und Bahnen verbessert, dieses aber jedoch in recht bescheidenem Umfang oder durch die Konzentration auf wenige Großprojekte nicht bedarfsgerecht.

Selbst bei einem als eher Fernverkehrsmittel geltenden Verkehrsmittel wie der Bahn sind immer noch weit über 90 Prozent der Reisenden im Nahverkehr unterwegs. Dabei spielt die Frage, wie komme ich auf kürzeren Strecken z. B. in einen bestimmten Stadtteil der nächsten Stadt eine weitaus größere Rolle als die Frage, ob man beispielsweise die 350 km zwischen zwei Metropolen in 2h37' oder 2h15' zurücklegt.

Und doch war es der Verkehrspolitik der vergangenen Jahrzehnte stets wichtiger, auf solchen Fernstrecken Milliarden zu investieren, um solche 22 Minuten an Zeit herauszuholen. Genauer genommen: Es erschien eigentlich nur wichtig, dass die Höchstgeschwindigkeit des Zuges 250 km/h oder gar 300 km/h beträgt. So beträgt die Durschnittsgeschwindigkeit Frankfurt Hbf. - Köln Hbf. trotz einer sechs Milliarden € teuren Neubaustrecke nur 130-170 km/h, da ein sachgerechter Ausbau der Knoten weniger vorangetrieben wurde, als das Heraufschrauben der Höchstgeschwindigkeit auf 300 km/h.



Verkehrsmenge als Funktion der Entfernung (Wiegand, 1994); Der Hauptteil des Verkehrs ist Regionalverkehr und gerade hier spielt die Schiene nicht mit.

Dabei gibt es durchaus erfolgreiche Projekte. Doch sie finden sich alle im regionalen Bereich. Oftmals auch Strecken von kleinen Orten, von denen die allermeisten Bundesbürger sicherlich noch nie gehört haben:

- Eutingen im Gäu – Freudenstadt,
- Pritzwalk – Kyritz – Neustadt (Dosse),
- Hennigsdorf – Neuruppin – Wittstock – Wittenberge.

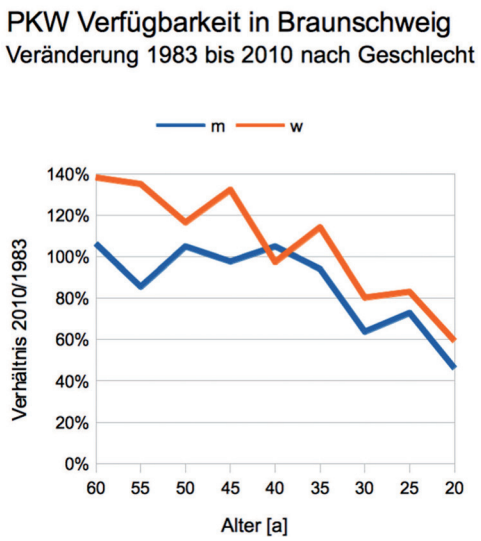
Das soll aber nicht heißen, dass solche Erfolge nur auf dem flachen Land möglich sind. Auch Strecken in Ballungsräumen bieten noch viele Möglichkeiten wie an der Strecke Karst - Neuss - Düsseldorf - Mettmann gut zu sehen sind. Dort messen sich die Fahrgastzahlen in Zehntausenden pro Tag.

Zwischenfazit: Bisherige Investitionen selbst in Milliardenhöhe in Fernstrecken mit Höchstgeschwindigkeiten von 300 km/h bescheren der Bahn keine relevant größeren Verkehrsmengen und damit Einnahmen. Viel wichtiger ist der Regionalverkehr, da hier weit mehr Menschen ihre Verkehrsbedürfnisse haben.

Demographischer Wandel als Chance

Dabei findet inzwischen eine Art Verkehrswende schon längst statt, wenn auch auf anderem Wege und fast unbemerkt. Als Reaktion auf fehlende Alternativen zum Auto ziehen Familiengründer von heute aber auch Ältere verstärkt dorthin, wo die Wege zu den Stätten ihrer Aktivitäten (Arbeit, Freizeit, Einkaufen) kürzer sind und wo es hierfür vernünftige Alternativen zum eigenen Auto gibt. Die Abstimmung findet also wortwörtlich mit den Füßen statt. Schienenanschluss spielt dabei eine wichtige Rolle. Orte ohne Züge haben es deutlich schwerer, Familiengründer davon zu überzeugen, dass sie nicht den ganzen Tag damit beschäftigt sein werden, Ihre Kinder durch die Gegend zu kutschieren.

Das heißt, dass eine Verhaltensänderung schon lange im Gange oder zumindest erwünscht ist und doch wird überwiegend immer noch versucht, diese neuen Verkehrsbedürfnisse mit den Rezepten und Angeboten von früher zu befriedigen. Die Fixierung der Verkehrspolitik auf den Autoverkehr wird all denen, die aus welchen Gründen auch immer kaum oder gar kein Auto fahren, nicht gerecht. Und das werden gerade bei den Jüngeren immer mehr. Am anderen Ende der Skala wächst zudem der Anteil der Bevölkerung, der kein oder nur noch eingeschränkt Auto mehr fahren mag.



Autoverfügbarkeit nach Alter; Die Zukunft ist weniger autoorientiert. (BS 2010)

Neue Medien begünstigen Schiene

Dieser Wertewandel in der jüngeren Gesellschaft zeigt sich sehr schön in einem Dialog zweier Kommunalpolitiker neulich im Kreishaus:„Ich zahle meiner Tochter monatlich Geld, mit dem sie sich ein Auto leisten könnte. Doch was macht sie stattdessen? Besorgt sich eine Mitfahrgelegenheit, eine Jahreskarte und das neueste I-Phone." „Jaja, das kenne ich", erwidert der andere,"meiner musste ich den Führerschein geradezu aufdrängeln und als ich ihr dann sagte, dass sie doch nun auch mal fahren solle, fragte sie doch glatt nur „wohin?" und wie sie dabei denn twittern solle."

Dieses Gespräch offenbart zweierlei, dessen sich Ältere und vor allem Entscheidungsträger erst so langsam bewusst werden. Zum Einen vereinfachen die neuen Medien, z. B. Smartphones, einerseits den Umgang mit komplexen Sachverhalten wie Fahrplänen und zum anderen sind diese

neuen Medien inzwischen oftmals das Ziel an sich. Hinzu kommt die Nutzbarkeit der Zugfahrt für die Nutzung dieser Medien.

Zwischenfazit: In der zukünftigen Gesellschaft gibt es immer mehr Menschen, die gar kein oder zumindest viel seltener ein Auto nutzen werden. Sei es, dass sie nicht können oder es schlicht nicht mehr für nötig erachten. Hier bietet sich eine Chance für den Schienenverkehr, der hier mit einem bedarfsgerechten Angebot, deutlich zulegen können wird.

Kein Auto - Kein Verzicht

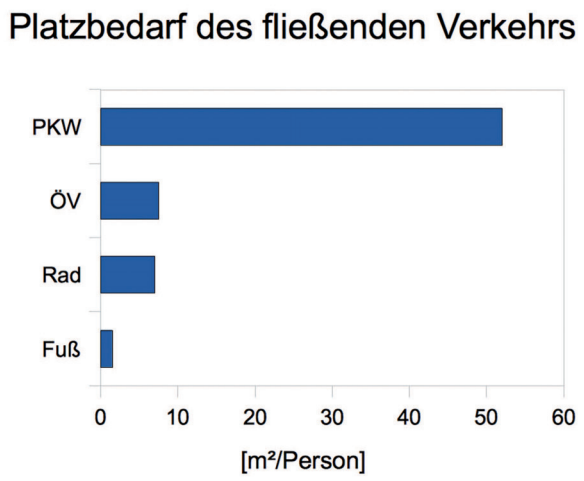
Dabei ist ein solcher Lebensstil, der nicht auf Nutzung des Autos basiert keineswegs ein selbstkasteiender Verzicht. Es ist ein Gewinn, wenn vieles von dem, was man machen möchte (Sport, Freunde, Kultur) so nah dran ist, dass man einfach zu Fuß oder mit dem Fahrrad dorthin und auch wieder zurück kommt. Noch besser ist es, wenn man dann für diese Wege unterschiedliche Möglichkeiten hat, die man möglichst auch kombinieren kann. Hin zur Geburtstagsfeier zusammen mit Freunden. Klar, geht auch mit dem Auto, wenn man so wenig Freunde hat, dass sie alle reinpassen. Aber wie ist es mit dem Weg zurück? Ist doch doof, wenn man seine Rückfahrt verschieben muss, nur weil man auf die gemeinsame Rückfahrt angewiesen ist. Hin mit den Freunden in der Bahn und zurück individuell mit der Bahn oder warum nicht auch mit dem zuvor mitgenommenen Fahrrad? Das macht doch viel mehr Spaß.

Zwischenfazit: Die Kombination verschiedener Verkehrsmittel ermöglicht einem viel mehr Freiheit bei den Aktivitäten.

Neue Techniken wie das Elektrofahrrad erweitern hier den Aktionsradius. Nun gelten 10 Minuten als psychologisch wichtige Grenze, so dass der fußläufige Einzugsbereich eines Haltepunktes mit 500 m gerechnet wird. Dadurch fallen Orte oder Stadtteile, die z. B. 3 km vom Bahnhof entfernt sind, als unattraktiv heraus. Mit einem Fahrrad bei 15 km/h kommt man dieser Grenze mit 12 Minuten schon sehr nahe. Ein Elektrofahrrad erlaubt es auch Schwächeren selbst in dreidimensionalem Gelände mit 25 km/h ohne Schwitzen zu fahren. Damit schrumpft die Zeit auf knapp 8 Minuten und so rutscht selbst diese Distanz unter die psychologische Barriere. Ein Auto kann diese Fahrzeit nur noch um wenige Minuten reduzieren. Hier wirkt der Effekt, dass der gewonnene Zeitvorteil pro km mit steigender Geschwindigkeit deutlich sinkt. 3 km statt 0,5 km vergrößert den Einzugsbereich auf das 36-fache.

Zwischenfazit: Fahrräder oder auch Elektrofahrräder ermöglichen Schienenverkehren ein viel größeres Einzugsgebiet, ohne dass man dafür einen Zubringerverkehr z. B. durch Busse umständlich und teuer organisieren muss. Es reichen vernünftige Wege und Abstell- bzw. Mitnahmemöglichkeiten. B+R = Bike & Ride

Inzwischen haben so viele Menschen mit gutem Einkommen das Leben „in der Nähe" als lebenswert erkannt, dass es in entsprechenden Lagen zu deutlichen Aufwertungen der Immobilien kommt. Im Extremfall kommt es dabei sogar zu massiven Verschiebungen der Bevölkerungsstruktur („Gentrifizierung"). Auch hier zeigt die fehlende Verkehrswende Wirkung. So sehr, dass inzwischen Kommunen mit rigiden Bauvorschriften versuchen gegenzuhalten.



Platzbedarf PKW im Vergleich zu Straßen- und Eisenbahn (Müller, 1999)

Zwischenfazit: Der Autoverkehr ist nicht nur wegen der Emissionen problematisch. Auch der Platzverbrauch, der sich selbst bei einer Umstellung des Antriebes alleine nicht ändert, überfordert und (zer)stört attraktive Wohnlagen.

Die bis hierher dargestellten Hintergründe kann man wie folgt zusammenfassen:

- Die Energiewende erfordert eine Verkehrswende;
- Die Energiewende zeigt, dass selbst große Investitionen gewinnbringend finanziert werden können;
- Die Energiewende hat dabei die objektorientierte Bürgergemeinschaften als Investoren gefunden;
- Wasserstoff ist eine der erfolgversprechendsten Wege, regenerativ erzeugten Strom zu speichern;
- Wasserstoff kann zum Antrieb von Fahrzeugen genutzt werden;
- Die Schiene bietet weit mehr Möglichkeiten, den Einsatz regenerativer Energie im Verkehrsbereich voranzubringen;
- Bislang wurde Verkehrspolitik im Schienenbereich vielfach am Bedarf vorbei gemacht;
- Gesellschaftliche Umbrüche begünstigen den Schienenverkehr;
- Die Kombination verschiedener Verkehrsmittel ermöglicht viel mehr Freiheit bei den Aktivitäten,
- Die Kombination Fahrrad - Schiene (B+R) bietet viel mehr Möglichkeiten;
- Diese Kombination (Umweltverbund) wertet das Wohnumfeld und die Immobilien deutlich auf.

Daraus folgt, dass zukünftig nicht mehr nur linear gedacht werden kann, um ein Problem für sich alleine genommen zu lösen. Vielmehr muss mehrgleisig vorgegangen werden, um endlich Projekte wasserstoffelektrischer Züge im attraktiv verknüpften Regionalverkehr aufs Gleis zu setzen.

Prototyp und Pilotbetrieb in Niedersachsen

Zuerst wäre dafür ein Prototyp notwendig. Da ein moder - ner Triebwagen neu rund 2,5 Mio. € kostet, bietet es sich hier an, vorerst auf ein älteres Modell zuzugreifen. Zu diesem Zweck hat die Schienenflotte GmbH die beiden sogenannten VT686 erworben. Diese sind zwar inzwischen 50 Jahre alt, aber sehr robust.

Foto: Nessel & Blatt

Diese beiden VT686 sind bis Ende 2010 im regulären Nahverkehrseinsatz unterwegs gewesen. 1995 waren sie von ihrem ursprünglichen Akkubetrieb (Die heute so gefeierte Elektromobilität gab es auf der Schiene schon gleich nach dem Krieg) auf dieselelktrischen Antrieb umgebaut worden. Ein Dieselmotor treibt einen Generator an, der den Strom für die vier Fahrmotoren zu je 100 kW erzeugt.

Aus eisenbahnrechtlichen Gründen bietet sich die Strecke Rinteln - Stadthagen an, auf der seit 1962 nur noch gelegentlicher Personenverkehr stattfindet. Diese von der Hauptstrecke Ruhrgebiet - Hannover - Berlin abzweigenden Strecke wurde, wie so viele, ein Opfer der Stilllegungswelle in der Zeit, als eben noch alles autoorientiert dachte. Inzwischen werden sich aber immer mehr Verantwortliche dessen bewusst, dass sie zu den demographischen Verlierern gehören werden, sollten sie nichts für ihre Anbindung tun. So ist auf rege Unterstützung aus der Region zu hoffen. Dabei handelt es sich keineswegs um eine arme und leere Region auf dem „platten Land". An der Strecke wohnen immerhin über 60 000 Einwohner.

Ziel dieser ersten Stufe ist es, einen Prototypen mit wasserstoffelektrischem Antrieb nicht nur zu testen, sondern auch für den regulären Einsatz über zwei Jahre einzusetzen. Erste Rechnungen zeigen, dass die rund 200 000 l Diesel, die für den Betrieb nötig wären durch rund 1,6 GWh Strom aus regenerativer Energie ersetzt würden. Bei einem Dieselpreis von 1,25 €/l und einem Strompreis von 3 ct/kWh, wie er zu Überschusszeiten erhältlich wäre, reduzieren sich die Energiekosten von einer Viertelmillion Euro auf ganze 50 000 €.

Nun reichen 200 000 €/a Ersparnis nicht gleich, um die Investitionskosten von rund 4 Mio. € für den Umbau des Triebwagens und die Installation einer entsprechenden Wasserstofftankstelle mit Elektrolyseanlage zu tätigen. Entscheidend ist hier aber der Trend. Während Brennstoffzellen und Elektrolyseanlagen heute noch teure Einzelstücke sind, deren Preis im Zuge einer Serienfertigung noch deutlich sinken wird, ist die weitere Preissteigerung des Dieselkraftstoffes offensichtlich. Das heißt, die Förderung für ein Startprojekt wäre die Investition in eine zukunftsträchtige und auch wirtschaftliche Technologie. Eine Zahl zum Vergleich: Die Ersparnis gegenüber dem heutigen Dieselpreis ist gut ein Drittel höher als die für den Betrieb nötigen Personalkosten.

Hinzu kommt, dass solche Wasserstoffstationen auch anderen Fahrzeugen zur Verfügung stehen könnten. So wäre das Betriebswerk in Rinteln in der Nähe der viel befahrenen A2. Wenn dann nach den zwei Jahren sich der Einsatz von Brennstoffzellen bewährt haben wird, sollen die Erfahrungen genutzt werden, um neue, moderne Triebwagen damit auszustatten und in ein umfassendes Konzept einzubinden.

Moderner Nahverkehrstriebwagen LINT 41 von Alstom. Hergestellt in Niedersachsen (Foto: H. Busche)

Kombiniertes Startprojekt in Schleswig-Holstein

Ein Standort für eine solche zukunftsgerichtete Investition sollte also folgende Punkte vereinen:

1. Lage inmitten starker Produktion regenerativer Energie;
2. Nähe zu einer viel befahrenen Straße, um später als Tankstelle für PKW und LKW zu dienen;
3. Standort eines logistischen Zentrums;
4. Eine zu erneuernde Busflotte, da im Busbereich bereits Erfahrungen vorliegen;
5. Knotenpunkt mehrerer Schienenstrecken, die mit Triebwagen befahren werden, um für eine gute Grundauslastung zu sorgen;
6. Eine der Schienenstrecken sollte derzeit nicht im Betrieb aber für eine Reaktivierung geeignet sein, um als Referenz- und Teststrecke eingesetzt werden zu können.

Neumünster, rund 80 000 Einwohner, direkt am Schnittpunkt der A7 mit der B205 und zentraler Schienen- und Logistikknoten inmitten von Schleswig-Holstein. Dieses Land hat jetzt schon soviel Energie, dass im von Neumünster gerade mal 60 km entfernten Hemmingstedt bei Heide (Holst.) bereits inmitten zahlreicher Windparks geplant wird, Wasserstoff aus überschüssiger Windenergie in unterirdischen Kavernen zu speichern und in der chemischen Industrie einzusetzen.

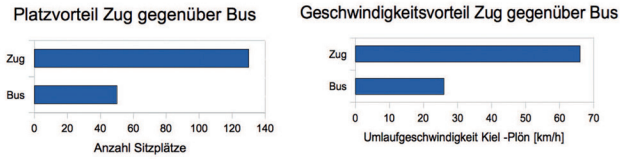
In Neumünster wird der Stadtbusverkehr 2015 neu auszuschreiben sein, da die derzeitigen Verträge bis dann laufen werden. Zu dem Zeitpunkt werden auch schon mindestens zehn der gut 20 Busse zehn Jahre alt sein (Stadtbus, 2012), so dass eine Erneuerung anstünde. Der Betriebshof des Unternehmens liegt direkt an der Schiene nach Heide (Holst.) Ebenfalls direkt an einer Schienenstrecke liegen das Kraftwerk der Stadtwerke Neumünster und das Ausbesserungswerk der Deutschen Bahn AG. Hier bündeln sich Kompetenzen mit Gelegenheiten.

Von Neumünster gehen gleich sieben Schienenstrecken aus, von denen drei elektrifiziert sind (nach Flensburg, Kiel und Hamburg). Auf den Strecken Richtung Heide, Bad Oldesloe und Norderstedt kommen Dieseltriebwagen zum Einsatz. Richtung Kiel verkehren diese sogar unter dem Fahrdraht.

Die siebte Strecke Richtung Ascheberg - Plön wird seit 1985 nicht mehr im Personenverkehr bedient. Heute quält sich der Überlandbus eine Stunde lang für die knapp 40 km, für die ein moderner Schienenverkehr ganze 25 Minuten benötigen würde.

Diese Fahrzeit bedeutet aber nicht nur höhere Attraktivität in der Konkurrenz zum PKW, sondern auch einen Produktivitätsvorteil. Alleine für den heutigen Grundfahrplan werden drei Busse benötigt, was ein Triebwagen alleine schaffen würde. Hinzu kommen weitere drei Busse, die zum

Teil zeitgleich fahren, um überhaupt genügend Platz für die Schüler bieten zu können. Auch hier bietet ein Triebwagen naturgemäß Vorteile.



Produktivitätsvorteil Triebwagen gegenüber Bus; Zweieinhalbmal so schnell und zweieinhalbmal soviel Platz, d.h. man benötigt weit weniger Triebwagen als Busse für die gleiche Verkehrsmenge.

Dies zeigte sich besonders bei der Strecke Richtung Bad Oldesloe. Diese war bis Bad Segeberg im Jahre 1984 stillgelegt worden, wurde aber 2002 wieder reaktiviert. 1 200 Fahrgäste pro Tag hatte man prognostiziert und daraufhin den Betrieb für 2 000 ausgelegt. Gekommen sind aber 3 000, so dass man lange Zeit Busse parallel schicken musste, um der Fahrgastmassen überhaupt Herr zu werden. Inzwischen verkehren die Züge zu Spitzenzeiten in Doppeltraktion, d.h. es werden einfach zwei Triebwagen zusammengekoppelt, so dass nun alle Fahrgäste den höheren Komfort des Schienenverkehrs genießen können. Diese Doppeltraktion kostet lediglich einen zweiten Triebwagen, nicht aber einen zweiten Fahrer.

Da im Gegensatz zum Busverkehr beim Schienenverkehr die Personalkosten nur eine untergeordnete Rolle spielen, sollte bei der Strecke Richtung Plön gleich vorgesehen werden, zumindest zeitweise im Halbstundentakt zu verkehren. Dadurch hätten die Kunden mehr Flexibilität bei der Wahl ihrer Abfahrtszeit, was auch Wartezeiten deutlich verkürzt. Zudem läuft ein Halbstundentakt deutlich pünktlicher, da auf verspätete Anschlusszüge nicht mehr gewartet werden muss.

In Wankendorf als Mitte der Strecke entsteht dadurch ein Knoten, der die Anbindung von Zubringerbussen ideal ermöglicht. Diese können, da sie ja nun nicht mehr dem durchgehenden Verkehr Neumünster - Plön dienen müssen, sich nun darum kümmern als Bürgerbus umliegende Gemeinden anzubinden. Dabei böte sich sogar ein Haustürservice an, um gerade den Schwächeren eine Chance zu bieten, am öffentlichen Leben teilzunehmen. Zusätzlich ist auch Fahrradinfrastruktur samt Ladestationen zu schaffen.

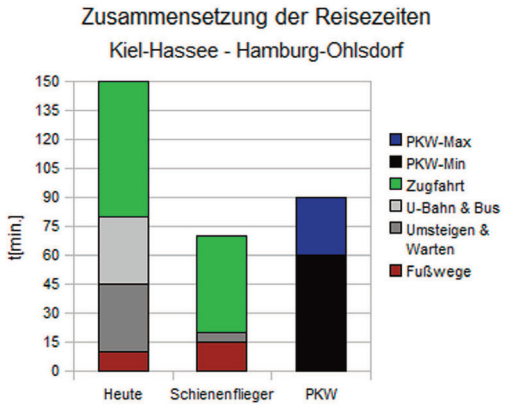
Bahnhof Wankendorf mit modernem Triebwagen (Foto: Peter Knoke anläßlich einer Sonderfahrt 1996); Hier könnte ein lokaler Knotenpunkt entstehen, der die umliegenden Gemeinden mit einbindet.

Zusammen mit dem Busverkehr in Neumünster und den anderen angrenzenden Schienenstrecken ergibt sich hier ein rundes Bild für den Einstieg in die Verkehrswende zusammen mit der Energiewende.

Was ist zu tun? Das Denken andersherum

Bisher wurde sehr infrastrukturlastig gedacht. Es wurden Projekte aufgelegt und dann überlegt, wie diese die Verkehrsbedürfnisse beeinflussen. Dabei spielten oftmals technische Spitzenleistungen insbesondere in punkto Höchstegeschwindigkeit eine größere Rolle als der Nutzen für die Bürger. Man sollte lieber erst schauen, wo denn die Bedürfnisse und Zeitverluste liegen. Dabei kommt man im Schienenverkehr oftmals zu der scheinbar überraschenden Erkenntnis, dass die Wege zum und vom Bahnhof viel mehr Potential zur Beschleunigung der Reisezeit von Haustür zu Haustür bieten, als die Spitzengeschwindigkeit des Fahrzeuges. Dieses zeigt sich beispielsweise in der Anbindung von Schleswig-Holstein an die nördlichen Zentren in und um Hamburg. Oftmals sitzt man länger auf der Wartebank sowie in Bussen und U-Bahnen als im eigentlichen Zug. Die ununterbrochene Zugfahrt an sich ist ja angenehm nutzbar

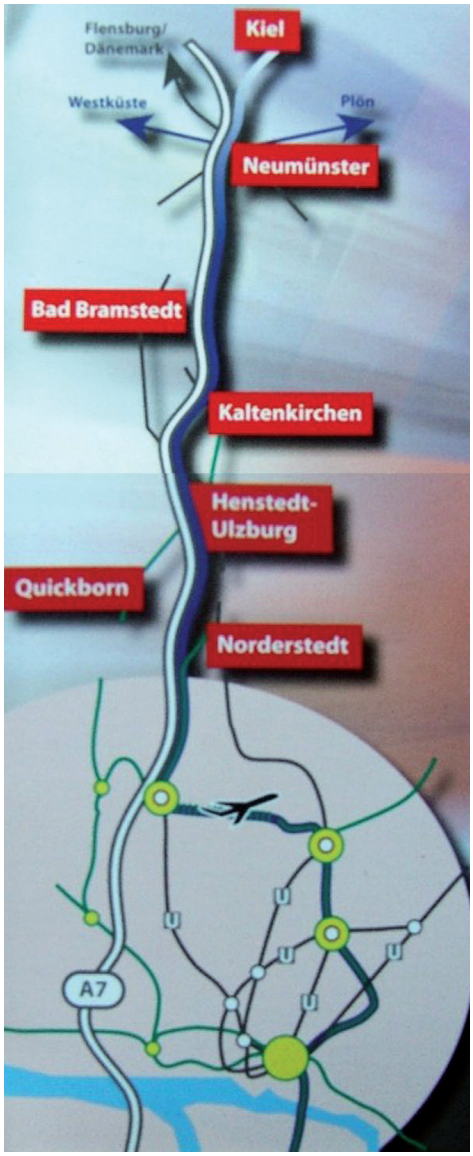
(lesen, entspannen, essen oder wenn es sein muss: arbeiten). Doch was nützt das, wenn die nicht nutzbaren Wege zum und vom Bahnhof länger dauern als die Zugfahrt selbst bzw. als die gesamte Fahrt mit dem Auto?



Zusammensetzung der Fahrzeiten eines typischen Kieler Wohngebietes mit dem nördlichen Hamburger Zentrum bei Ohlsdorf; Die wahren Zeitverluste entstehen vor und nach der Zugfahrt. Direkte Verbindungen ohne Umsteigen bringen viel mehr, als die Erhöhung der Geschwindigkeit.

Hier gilt es anzusetzen. Das Problem dieser Verbindungen ist nicht die Höchstgeschwindigkeit der Züge (160 km/h) sondern der historisch bedingte Umweg über Elmshorn. Mitte des vorletzten Jahrhunderts, als diese Bahn entstand, war der Herzog von Holstein zugleich König von Dänemark. Und dieser wollte, dass die Bahn von Kiel nach Altona, das damals noch nicht zu Hamburg gehörte, eben über Elmshorn führt, um so den eigenen Hafen in Glückstadt als Alternative zu Hamburg zu stärken.

Die Geschichte verlief aber nunmal anders. Hamburgs Hafen ist bedeutender als je zuvor, auf der direkten Achse gen Norden entstand ein Flughafen sowie zahlreiche Zentren und Altona ist längst schon ein Teil von Hamburg. So kommt es, dass diese einstmals fortschrittliche Linienführung nun ein Hindernislauf durch gleich zwei Engpässe ist, der zudem wesentliche Ziele in Hamburg links liegen läßt. Und es ist ja nicht nur Hamburg. Auch die Region „Nordgate" von Neumünster bis Norderstedt ist von hoher Wirtschaftskraft geprägt. Warum wohl verläuft die A7 entlang dieser Achse und warum hat sie soviele Kunden? Sicher, es gibt mit der AKN (Eisenbahn Altona Kaltenkirchen Neumünster AG) eine gutes lokales Schienenangebot entlang dieser Achse. Aber nur im Nahverkehr. Man kommt sehr gut von Ort zu Ort, aber schon Fahrten von 30 km dauern doch zu lange.



Der neue Weg: Der Schienenflieger verknüpft schnellen Regionalverkehr mit dem Nahverkehr der Metropole.

Setzt man sich nun einmal hin und überlegt wieviele von wo nach wo fahren wollen und verknüpft die infrastrukturellen Gegebenheiten ideal miteinander, so entsteht das Bild eines schnellen Regionalverkehrs verknüpft mit dem guten und dicht getakteten Nahverkehr. Ein Netz von Stadtteilhalten verteilt über die Hansestadt, bringt die

Menschen entweder direkt ans Ziel oder lässt sie U- und S-Bahnen sowie Metrobusse einfacher erreichen. Meist an den Enden, wo sie einfacher zu verstehen sind als am überfüllten Hauptbahnhof. So werden nicht nur die überfüllten Innenstadtabschnitte entlastet, sondern es steigt auch der Komfort, wohingegen die Reisezeit sinkt.

Wichtig sind nicht die technischen Details sondern die Grundprinzipien, die das Leben einfacher machen - Das Prinzip Schienenflieger:

- Einsteigen, wo man ist;
- Ankommen, wo man hinmöchte;
- Wenn schon umsteigen, dann einfach;
- Zehn Minuten sind genug, wir warten nicht mehr länger;
- Nie wieder einen Fahrplan lesen müssen.

Vergleicht man nun ein derartig verbessertes Gesamtsystem, stellt man fest, dass man in vielen Verbindungen auf der Schiene Reisezeiten und Komfort bieten kann, die dem PKW ebenbürtig und oftmals auch überlegen sind. Wenn man aber das erreicht, dann kommen auch die Fahrgäste und bringen Geld mit. Entscheidend ist hier, dass sie es nicht nur im Nahverkehr bis z.B. 20 km tun, sondern auch im Regionalverkehr von 100 oder gar 200 km Länge. Dann steigt im Regionalverkehr die Produktivität der Züge und die Kosten sinken. Zudem sind die Kunden bereit, bei einem guten Angebot mehr für die Fahrkarte zu bezahlen.

Schneller ans Ziel - Ein Gewinn für alle

Gewinnbringender Regionalverkehr ist undenkbar? Genau aber das wird in Oslo schon gemacht. Dort wurde die 50 km lange Verbindung zum Flughafen so gut gemacht (19 Minuten Fahrzeit, Zehnminutentakt, einfacher Tarif), dass die Fahrgäste in derartigen Massen kamen, dass man die ursprünglich dreiteiligen Triebzüge um einen weiteren Waggon erweitern musste. Über 15 000 Fahrgäste täglich sorgen für rund 20 Mio.€ Gewinn im Jahr. (Flytoget, 2011)

Fazit: Die Energiewende zeigt, wie mit Gewinn ein ganzes System umgestülpt werden kann. Die Frage der Energieversorgung hat massive Auswirkungen auf das Verkehrssystem der Zukunft. Nicht nur rein technisch im Antrieb sondern auch in der Struktur an sich. Eine Verkehrswende hin zum Umweltverbund aus Schiene, Bus, Fahrrad ist nötig. Diese Verkehswende hat teilweise schon in einem veränderten Verkehrsverhalten begonnen, bedarf aber stärkerer Zugkraft mit einem Antrieb aus Sicht der Nutzer. Lassen Sie uns gemeinsam Konzepte weiterentwickeln und voranbringen. Sichern Sie sich schon jetzt einen Sitzplatz im Schienenflieger: Kopiloten gesucht.

Schienenflieger KG/Schienenflotte GmbH
- Dr. Holger Busche -
Ellernstraße 41
30175 Hannover
pilot@schienenflieger.de
www.schienenflieger.de

Literaturverzeichnis

- age, 2006: „Energieflussdiagramm 2006"; www.ag-energiebilanzen.de, zuletzt gesehen 2009
- ApS, 2010: „Stadt Land Schiene" - Allianz Pro Schiene; Berlin, 2010; https://www.allianz-pro-schiene.de/publikationen/stadt-land-schiene/; zuletzt gesehen am 12.07.2012
- ApS, 2012: Allianz Pro Schiene; 2012; https://www.allianz-pro-schiene.de; zuletzt gesehen im Juni 2012
- BS, 2010: Mobilitätsuntersuchung Großraum Braunschweig - Projektpräsentation im Ausschuss für Regionalverkehr; 8. Dezember 2012
- Flytoget 2011: AArsreport 2011 - Flytoget AS, Oslo, 2012
- Müller, 1999: Müller Städtebau, S. 254, Stuttgart, 1999
- Sprit, 2012: Spritpreise - historische Entwicklung" - http://www.spritkostenrechner.de/spritpreise/benzinpreisentwicklung; zuletzt gesehen am 12.07.2012
- Stadtbus, 2012: http://www.stadtbus2.de /magazin/ m_fahrzeuge_erdgas.html#sh; zuletzt gesehen Juni 2012

Kapitel 14

Mögen hätten wir schon wollen ...

– Die verkannte Bereitschaft der Menschen zur Änderung ihres Verhaltens –

Werner Brög

1 Worum es geht

Im Jahr 2006 erschien in der Reihe „Informationen zur Raumentwicklung" des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung das Heft „Postfossile Mobilität". In gut recherchierten und ansprechend aufbereiteten Beiträgen wurde auf die bedenkliche Entwicklung unserer Energiereserven und auf die zu erwartenden Folgewirkungen hingewiesen. Jörg Schindler und Werner Zittel beschrieben in ihrem Beitrag „Energieversorgung am Wendepunkt" eine postfossile Mobilität, die durch einschneidende Verhaltensänderungen gekennzeichnet ist. Auch wer den präsentierten Szenarien nicht in vollem Umfang folgen wollte, wird zustimmen, dass wir in einem spürbaren Ausmaß unser Mobilitätsverhalten werden ändern müssen. Dennoch blieb dieses Thema in der genannten Broschüre ausgespart, obwohl es auch 2006 schon erfolgreiche Projekte zur Veränderung des Mobilitätsverhaltens gegeben hat. Das ist kein Einzelfall.

Diese Lücke möchte dieser Beitrag schließen. Es wird sich zeigen, dass es große Reserven zur Verhaltensänderung gibt, die kurzfristig, kostengünstig und flächendeckend erschlossen werden können. Hierfür muss man aber die Menschen ernst nehmen, mit ihnen reden, sie motivieren (und nicht belehren), ihnen gezielte Informationen geben (anstatt sie mit Werbe- und PR-Maßnahmen zu überhäufen), kurzum, einen „Dialog auf Augenhöhe" aufbauen. Und Dialoge sind immer individualisiert, interaktiv und prozesshaft. Erst im Laufe des Dialoges (und oft noch danach) wird vielen Menschen bewusst, wie einfach sie ihr Verhalten ohne größere Nachteile ändern können. Es ist ein Erlebnis, die latent vorhandene Bereitschaft zur Veränderung zu spüren, zu wecken und zu unterstützen. Und man wird durch schnelle, oftmals pfiffige und nachhaltige Verhaltensänderungen belohnt. *(„Die Idee ist gut, weil es damit gelungen ist, meinen Mann, der seit 26 Jahren in Nürnberg wohnt, erstmals in ein öffentliches Verkehrsmittel zu bringen und seinen geliebten Jaguar in der Garage zu lassen.")* Das passt so gar nicht in das vorherrschende Denken, wonach nur infrastrukturelle, technische oder ökonomische Maßnahmen spürbare Veränderungen ermöglichen.

2 Wie wir uns verhalten

Bevor wir uns aber damit befassen, wie man Menschen dazu bringt, ihr Mobilitätsverhalten zu ändern, müssen wir uns einen kurzen Überblick darüber verschaffen, wie wir uns heute verhalten. Vieles davon ist bekannt und hinlänglich publiziert; wir können uns also kurz fassen. Dabei konzentrieren wir uns auf die alltägliche Mobilität; Urlaubs-, Fern- und Dienstreisen bleiben, ebenso wie der Wirtschaftsverkehr, ausgeklammert.

Jeden Tag des Jahres bleibt ein knappes Fünftel der Bevölkerung zuhause: Keine Mobilität. Aus dem Haus geht, wer etwas erledigen will. Das nennt man (aushäusige) Aktivitäten. Unsere Aktivitätenprogramme sind einfach: knapp zwei Aktivitäten pro Tag, wenn wir überhaupt unterwegs sind. Dafür gehen wir etwa eineinhalbmal aus dem Haus und legen insgesamt pro Tag gut drei Wege zurück. Auch unsere Aktivitätsmuster sind in der Hälfte der Fälle ganz einfach: Wir gehen/fahren zu einem Ziel und wieder zurück. Nur in etwa einem Zehntel der Fälle gibt es komplizierte Aktivitätsmuster mit mehreren Zielen (die man dann auch nur schwer verändern könnte).

Für alles, was wir unterwegs so treiben, brauchen wir ungefähr eine Stunde („aktive Mobilität"), etwa 23 Stunden am Tag sind wir nicht unterwegs („passive Mobilität"), aber den Folgen der aktiven Mobilität ausgesetzt. Vier von fünf unserer täglichen Wege beginnen oder enden an der eigenen Wohnung (wenn man Verhalten beeinflussen will, hat man also größere Chancen, wenn man zuhause ansetzt). Gleichwohl sind die Entfernungen, die wir zurücklegen, oft

nicht sehr hoch: Ein knappes Viertel aller Wege ist nicht weiter als einen, knapp die Hälfte nicht weiter als drei Kilometer.

In unseren Städten legen wir etwa die Hälfte unserer Wege mit dem motorisierten Individualverkehr zurück (Pkw als Fahrer oder Mitfahrer, motorisierte Zweiräder), mit dem „Umweltverbund" (zu Fuß, Fahrrad, ÖPNV) die andere Hälfte. Diese Verteilung variiert mit dem jeweiligen Verkehrsangebot.

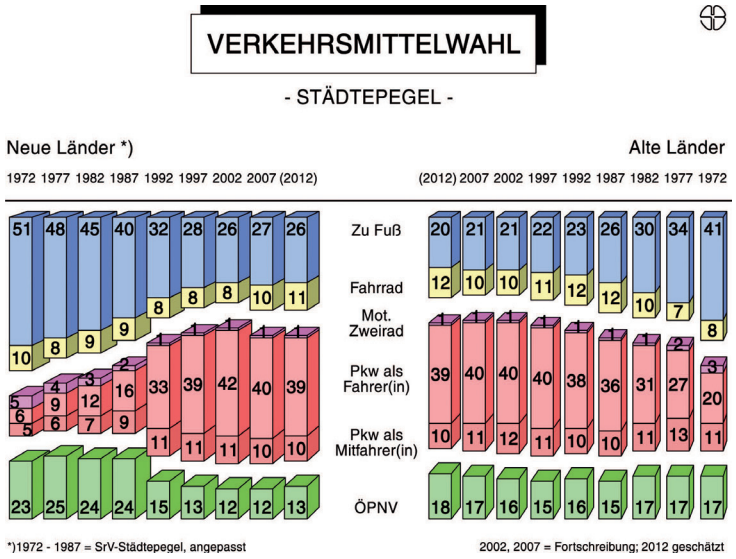
Unsere Autos nutzen wir im Schnitt nur 40 Minuten am Tag (etwa 3 Prozent von 24 Stunden). Wir machen mit ihnen gut zwei Fahrten täglich und sind in etwa drei von vier Fällen alleine unterwegs. Dabei sind die Entfernungen, die wir zurücklegen, durchaus überschaubar. Weltweit gilt die sog. 10-30-50-Regel: 10 Prozent aller Autofahrten sind nicht weiter als einen, 30 Prozent nicht weiter als drei und 50 Prozent nicht weiter als fünf Kilometer.

Dies alles steht im Gegensatz dazu, wie wir alle die Mobilität wahrnehmen. Längere Autofahrten oder eine ÖPNV-Fahrt mit zweimal Umsteigen sind in unseren Köpfen viel präsenter als kurze Fuß- oder Fahrradwege. Und so kommt es, dass die meisten von uns die Mobilität überschätzen (mehr Aktivitäten/Wege, größere Entfernung, aber auch häufigere und intensivere Autonutzung etc.). Denn wir denken eher an die „komplizierten Fälle" als an die einfachen. Das ist verständlich, aber dem Ziel der Verhaltensänderung zunächst nicht förderlich.

3 Wie sich unser Verhalten ändert

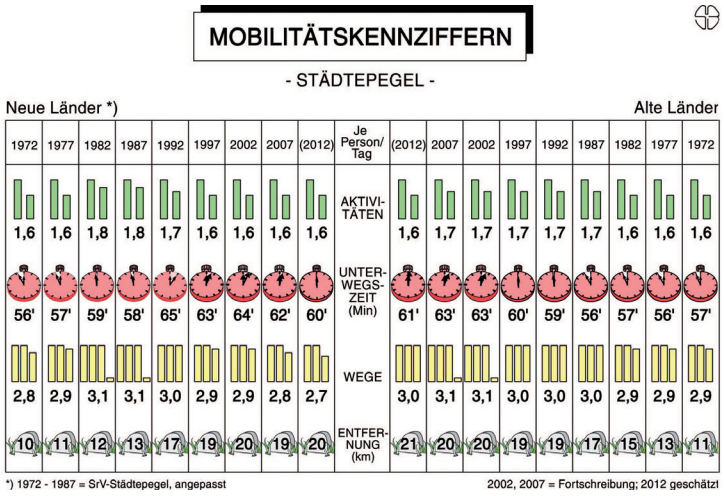
Will man Verhalten ändern, muss man wissen, was nur schwer und was nicht veränderbar ist. Wissenschaftlicher formuliert: Was sind die Konstanten und was die Variablen des Mobilitätsverhaltens.

Zur Beantwortung dieser Frage hilft uns ein Glücksfall. Seit 1972 wurde nämlich in der DDR eine Mobilitätserhebung in Städten durchgeführt (SrV = System repräsentativer Verkehrserhebungen) und im Fünfjahres-Rhythmus wiederholt. Im Zuge der Wiedervereinigung haben wir bei SOCIALDATA Zugang zu diesen Daten bekommen, aus unseren westdeutschen Beständen eine vergleichbare Datenbasis gebildet und die (geringen) methodebedingten Abweichungen korrigiert. Nach der Wende haben wir die Reihe fortgesetzt bis 2007, und für 2012 haben wir die Kennziffern geschätzt.



Verkehrsmittelwahl in deutschen Städten

Man sieht sehr deutlich, wie sich zwischen 1987 und 1992 die Verkehrsmittelwahl in Ostdeutschland zugunsten des Pkw-Verkehrs verändert hat. Das gewählte Verkehrsmittel ist also eine variable Größe der Mobilität. Ein ganz anderes Bild ergibt sich bei den Mobilitätskennziffern:



Mobilitätskennziffern in deutschen Städten

Obwohl die Wiedervereinigung die größte denkbare Veränderung aller Lebensumstände mit sich brachte, blieb die durchschnittliche Zahl der Aktivitäten wie auch die der Wege im Zeitverlauf weitgehend konstant; ebenso die tägliche Unterwegszeit. Neben diesen konstanten Größen gibt es eine Variable: Die (alltäglich) zurückgelegte Entfernung. Wenn aber in gleicher Zeit größere Entfernungen zurückgelegt werden, dann muss sich die Geschwindigkeit erhöhen (durch Wechsel auf schnellere Verkehrsmittel). Diese Variable funktioniert aber in beiden Richtungen: Attraktivere Nahbereiche erlauben kürzere Entfernungen und damit auch langsamere Verkehrsmittel. Die in den achtziger Jahren durchgeführten Projekte zur „Flächenhaften Verkehrsberuhigung" haben das anschaulich belegt.

Für eine geplante Verhaltensänderung bedeutet das: Menschen fahren weniger Auto, wenn sie ihr Aktivitätenprogramm beibehalten können und ihr Reisezeitbudget nicht erhöhen müssen. Deshalb sind Veränderungen bei der Verkehrsmittelwahl oft auch an Veränderungen der jeweiligen Ziele geknüpft und führen meist zu einer Steigerung der Attraktivität der Nahbereiche.

4 Welche Alternativen wir haben

In der Verkehrsplanung geht man davon aus, dass ein Haushalt, der beispielsweise in fußläufiger Entfernung von einer Straßenbahn-Haltestelle wohnt, eine ÖPNV-Alternative hat. Dieses Denken steht nicht im Einklang mit der Alltagswelt wie wir sie erleben. Jeder Mensch nimmt diese Alltagswelt subjektiv wahr; bei der Wahrnehmung gibt es Defizite und Verzerrungen. Alle subjektiven Welten der Menschen unterscheiden sich voneinander und von der Wirklichkeit. Das wissen wir alle.

Im Bereich der Mobilität gibt es – als ein gutes Beispiel hierfür – eine (international gültige) Faustregel: Alles was mit dem Auto zusammenhängt, wird besser wahrgenommen, als es ist; alles andere schlechter. Reisezeiten mit dem öffentlichen Verkehr, dem Fahrrad oder auch zu Fuß werden regelmäßig überschätzt, die entsprechenden Angebote dagegen nur lückenhaft wahrgenommen. Da aber der Verkehrsmittelentscheid in der subjektiven Welt gefällt wird, ist das falsch erlebte Angebot verhaltensbestimmend. Das ist zunächst bedauerlich, hat aber auch Vorteile. Wenn es nämlich gelänge, die (schlechtere) Wahrnehmung zu verbessern, wäre in der subjektiven Welt der Ansprechpersonen auch das Angebot verbessert, ohne dass sich physisch etwas verändern müsste. An dieser Stelle sollten Programme zur Verhaltensänderung ansetzen. Und wirklich erfolgreich sind sie, wenn es ihnen gelingt, die subjektiven Welten nachhaltig zu verändern.

Dabei ist das Potential für Verhaltensänderungsprogramme in deutschen Städten durchaus hoch. Zu seiner Abschätzung müssen wir uns klar machen, dass es verschiedene Arten von Gründen gibt, mit dem Auto unterwegs zu sein:

- Sachzwänge: Das sind einsehbare Gründe, das Auto zu nutzen (z. B. abendliche Ankunft am Bahnhof mit drei schweren Koffern; die Tochter, die ins Krankenhaus gebracht werden muss, weil sie sich den Arm gebrochen hat etc.);
- Keine angemessene Alternative: Wenn Quelle und Ziel nicht mit einem anderen Verkehrsmittel verbunden sind oder diese Verbindung unangemessen lange dauert oder zu kompliziert ist, dann gibt es zu der Autofahrt keine (angemessene) Alternative;
- Subjektive Gründe, die schwer änderbar sind: Es gibt natürlich Menschen, die so sehr auf ihr Auto fixiert sind, dass sie sich die Welt darum so zurecht denken, dass sie ihre Verkehrsmittelwahl immer begründen können;
- Subjektive Gründe, die änderbar sind: Es gibt aber auch viele subjektive Gründe, die sich relativ leicht ändern lassen (z. B. fehlende Information über Alternativen; falsche Einschätzung der Fahrzeit oder der Kosten etc.).

Während beim ersten Grund nur schwer Maßnahmen zur Veränderung entwickelt werden können, gibt es für die anderen Gründe unterschiedliche Möglichkeiten: Infrastruk - tur beim zweiten, Restriktionen beim dritten und Verhaltensänderungsprogramme beim vierten.

In deutschen Städten liegt der Anteil der Autofahrten mit Sachzwang und/oder keiner realistischen Alternative bei etwa 45 Prozent; bei 55 Prozent der Autofahrten gibt es keinen Sachzwang und mindestens eine Alternative. Hier sind subjektive Gründe ausschlaggebend für die Verkehrsmittelwahl. Gut die Hälfte dieser subjektiven Gründe sind „änderbar". Damit liegt das Potential für Programme zur Verhaltensänderung bei einem knappen Drittel aller Autofahr-ten. Es ist damit genauso groß wie das Potential für denkbare Infrastruktur-Maßnahmen. In über 100 Erhebungen in Deutschland, aber auch knapp hundert vergleichba-

ren Erhebungen in Australien, England, Niederlande, Österreich, Schweden, Schweiz und USA zeigt sich: Fast nie fällt der Anteil der subjektiv bedingten Autofahrten unter 40 Prozent und nirgends fällt der Anteil der subjektiv änderbaren Autofahrten unter ein Fünftel. Dies ist ein Grund dafür, dass verhaltensändernde Programme zur Reduzierung des Autoverkehrs im internationalen Vergleich verblüffend ähnliche Erfolge erreichen.

5 Wie man uns zur Verhaltensänderung motivieren kann

Jede(r) Autofahrer(in) erlebt alle hier gezeigten Situationen täglich selbst: Manchmal verhindern Sachzwänge die Nutzung anderer Verkehrsmittel, manchmal gibt es keine realistische Alternative und manchmal gibt es nur subjektive Gründe für die Wahl des Autos. Das heißt, dass jede(r) Autofahrer(in) auch ihr/sein Verhalten ändern kann. Zielgruppe für ein entsprechendes Projekt sind mithin alle Menschen.

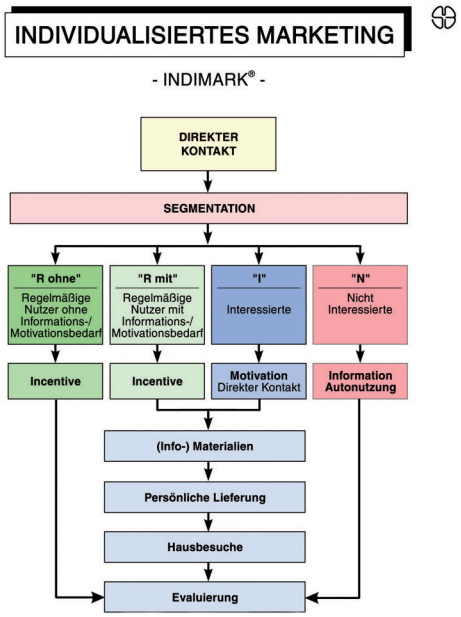
Dazu müssen sie kontaktiert werden. Hierfür gibt es drei Möglichkeiten: Persönlich, telefonisch oder schriftlich. Alle drei Möglichkeiten können und müssen genutzt werden. Bei Anwendung geeigneter Konzepte kann man damit heute mit 70 - 90 Prozent der jeweiligen Haushalte einen erfolgreichen Kontakt herstellen.

Dieser Kontakt dient auch dazu, die Haushalte zu segmentieren. Dabei ist es empfehlenswert, nicht nach Soziodemografie oder Lifestyle (wie heute üblich) zu unterscheiden, sondern nach der Wahrscheinlichkeit einer Verhaltensänderung. Denn es gibt natürlich Haushalte, die es kategorisch ablehnen, sich mit Alternativen zu ihrem Auto auch nur zu beschäftigen, geschweige denn auf ein anderes Verkehrsmittel umzusteigen.

In unserem Konzept zum „Individualisierten Marketing" werden diese Haushalte als N (nicht interessiert) klassifiziert. Der Dialog mit ihnen wird nicht fortgeführt. Denn: Warum sollte man Geld und Energie aufwenden für jemanden, der sein Verhalten ohnehin nicht ändert? Dies ist begünstigt dadurch, dass der Anteil dieser Haushalte selten größer als ein Drittel ist. Und: Informationen bekommen sie dennoch, nämlich Hinweise, wie sie ihr Auto wenigstens nachhaltiger nutzen können.

Eine zweite Gruppe der Segmentation ist die Gruppe R (regelmäßige Nutzer), also Haushalte, die bereits regelmäßig alternative Verkehrsmittel zum Auto nutzen. Diese Haushalte bekommen positives Feedback, um sie in ihrem Verhalten zu bestärken. Zusätzlich zeigt sich regelmäßig, dass ein erheblicher Anteil dieser Haushalte zwar nachhaltige Verkehrsmittel nutzt, aber sein diesbezügliches Potential bei weitem nicht ausgeschöpft hat, oft auch aus subjektiven Gründen (z. B. noch immer unvollständige Information). Deshalb wird die Gruppe R unterschieden in „ohne" und „mit" Bedarf an weiterer Motivation/Information. In fast allen Projekten ist die Gruppe „R mit" zwei- bis dreimal so groß wie die Gruppe „R ohne". Menschen, die bereits in einem gewissen Ausmaß zu Fuß gehen, Radfahren oder den ÖPNV nutzen, haben noch Reserven, diese Nutzung zu steigern (und sind leichter dafür ansprechbar).

Als letzte Gruppe bleibt die Gruppe der „Interessierten" (I). Sie bekommt das „volle Programm" zur Verhaltensänderung: Das beginnt mit der Motivation, über das eigene Verhalten nachzudenken. Danach wird eine Serviceaktion gestartet, in der (individualisierte) Information und Unterstützung in vielfältiger Form angeboten wird. Um im Dialog zu bleiben, müssen die Haushalte aktiv werden und aus diesem Angebot bestellen. Sie bekommen dann das Gewünschte persönlich geliefert und – wenn nötig – direkte Beratung / Motivation zuhause. Während des gesamten Prozesses gibt es zusätzliche Möglichkeiten für Fragen oder Ratschläge, die gerne genutzt werden.



IndiMark® - Konzept zum individualisierten Marketing

Dieses Vorgehen ist vollständig individualisiert und interaktiv. An keiner Stelle werden die Teilnehmer zur Verhaltensänderung aufgefordert; stattdessen wird „Hilfe zur Selbsthilfe" gegeben.

Viele Haushalte bestellen Unterlagen (z. B. Fahrpläne) die bereits frei verfügbar wären, die sie aber aus unterschiedlichen Gründen nicht wahrgenommen haben. Deshalb ist die persönliche Übergabe (in möglichst kurzer Zeit nach der Bestellung) sehr wichtig, denn sie schafft für die übergebenen Materialien die notwendige Aufmerksamkeit. In unseren Projekten werden für die Übergabe fast immer Fahrradfahrer mit Trailern und auffälliger Kleidung eingesetzt. Das wird im jeweiligen Gebiet schnell bemerkt und die Lieferungen werden schon erwartet. *(„Ich finde das ganz toll, dass Sie dieses Projekt mit so viel persönlichem Engagement und Einsatz betreiben. Oft ist man ja argwöhnisch, weil man von so vielen Firmen kontaktiert wird, aber so ein Projekt, das ist was ganz Anderes!")*

Dies dient auch der Erreichung eines zusätzlichen, wichtigen Effektes. Da Nachbarn mit Nachbarn reden, Familienmitglieder mit Familienmitgliedern, Freunde mit Freunden und Kollegen mit Kollegen kann man diesen Effekt der Diffusion gezielt nutzen, um die Projektwirkung zu verbreitern. Die Bewohner eines Gebietes übernehmen quasi das Projekt und führen es fort.

Darüber hinaus wird Haushalten, denen die bereitgestellten Hilfsmittel nicht genügen, ein Hausbesuch angeboten mit einem ausführlichen persönlichen Motivations- und Beratungsgespräch: Über das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln, mit Anleitung zur Nutzung und Pflege ihrer Fahrräder oder mit Tipps für mehr körperliche Bewegung.

6 Welche Verhaltensänderungen wir erreichen können

Wenn man versucht, in einem bestimmten Gebiet mit möglichst vielen Bewohnern einen Dialog aufzubauen, dann ist das nicht ganz billig. Wenn man Projekte nur nach den jeweils auflaufenden Kosten beurteilt, dann sind solche Projekte teuer.

Aus diesem Grund wurden die ersten Großprojekte mit IndiMark® sämtlich für den ÖPNV durchgeführt. Denn: Wenn zusätzliche Fahrgäste gewonnen werden, kaufen diese einen Fahrschein, Fahrscheine bringen Erlöse und die Kosten werden zur Investition.

Dabei gilt als Faustregel, dass die zusätzlichen Erlöse in nur einem Jahr in etwa die gesamten Projektkosten decken. Bleiben die neu gewonnenen Fahrgäste länger, steigen die Einnahmen. Da der größte Teil der zusätzlichen Fahrten auf den Schwachlast-Verkehr fällt, sind Angebotserweiterungen meist nicht nötig.

In einem europaweiten Demonstrationsprojekt (Switching to Public Transport) der International Association of Public Transport (UITP) wurden 45 Pilotprojekte in 13 Ländern durchgeführt; davon waren 44 Projekte erfolgreich. Es folgten über 100 Projekte in fünf europäischen Ländern. Auch in der Schweiz, die ja über eine ganz andere ÖPNV-Kultur verfügt, gab es ansprechende Erfolge.

ÖPNV-PROJEKTE IN EUROPA

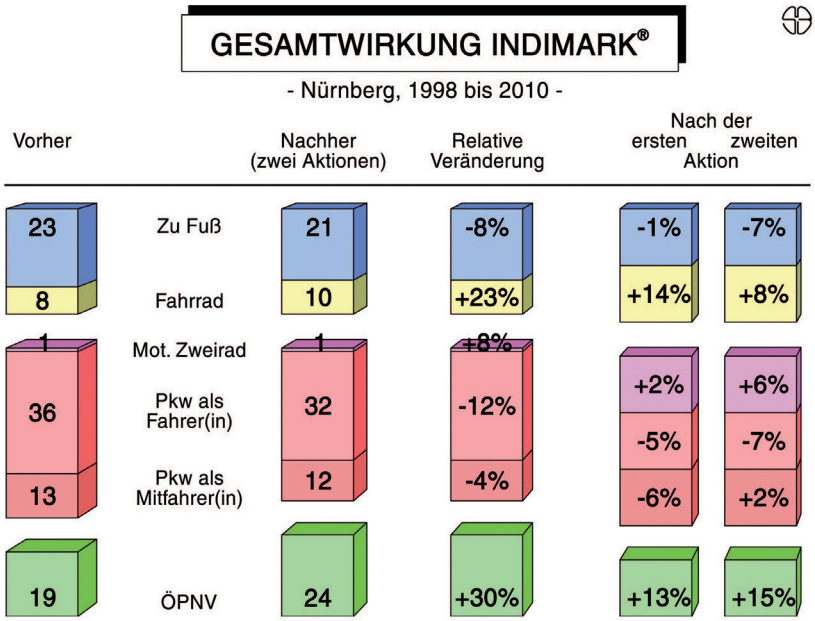
Land	Anzahl Projekte	Anzahl Orte	Zielpersonen	Relative Steigerung ÖPNV
Deutschland*	59	45	1.007.000	+16%
Österreich	23	15	228.200	+15%
Schweden	25	19	163.800	+15%
Schweiz	5	2	20.800	+9%
UK	6	1	286.000	+16%

* ohne Nürnberg

Die Wirkung von ÖPNV-Projekten in Europa im Vergleich

Die naheliegende Integration vergleichbarer Programme in die jeweiligen Unternehmensstrategien fand allerdings so gut wie nicht statt.

Neben den Basler Verkehrs-Betrieben (BVB), die seit längerer Zeit jährlich einen Stadtteil mit individualisiertem Marketing bedienen, bildet die VAG Nürnberg die große Ausnahme. Sie betreibt seit 1998 systematisch individualisiertes Marketing. In einem Zeitraum von sechs Jahren wurde das gesamte Stadtgebiet bedient; in den nächsten sechs Jahren ein zweites Mal. Dieses – auf der ganzen Welt einmalige – Vorgehen blieb nicht ohne Wirkung:



In Nürnberg durch zwei IndiMark®-Projekte erzielte Veränderungen zugunsten des ÖPNV.

Die intensive Begleitforschung für jedes Einzelprojekt (insgesamt knapp 45 000 Personen) zeigt bei integrierter Auswertung (für Gruppe R, I und N), dass der Anteil der Nutzer öffentlicher Verkehrsmittel um 30 Prozent gesteigert werden konnte, und – besonders erfreulich – der Anteil der Pkw-Fahrer konnte um 12 Prozent reduziert werden. (Dies sind die addierten Wirkungen der einzelnen Projekte, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt wurden und nicht zu verwechseln mit der Entwicklung der Mobilität in den beiden Zeiträumen insgesamt.) Dabei ist bemerkenswert, dass die zweite Runde erfolgreicher war als die erste. Dies bestätigt die Annahme, dass sich Verhaltensänderungen in einem längeren Prozess vollziehen und durch gezielte individuelle/motivierende Ansprache vorbereitet werden müssen.

Nun ist es aber nicht so, dass unsere Städte schon mit der perfekten Infrastruktur für nachhaltige Mobilität ausgestattet wären. Es gibt also auch noch Bedarf an infrastrukturellen Maßnahmen. Wenn man aber weiß, dass derzeit in Deutschland beispielsweise 50 Prozent der Menschen, die Wege mit angemessenen ÖPNV-Alternativen haben, von diesen Alternativen nicht (genug) wissen und wenn sie es wissen die Reisezeit um ca. 50 Prozent überschätzen, dann weiß man auch, dass die für die bisherige Infrastruktur aufgewendeten finanziellen Mittel nicht wirklich effizient eingesetzt wurden. Dies bedeutet, dass auch neue Infrastruk - tur von einem geeigneten verhaltensändernden Programm begleitet werden sollte. Die Wirkungen sind verblüffend, wie eine Auswahl von 13 Projekten zeigt:

INDIMARK® MIT SYSTEMVERBESSERUNGEN (SCHIENE)

Zielgebiet	Zielpersonen	Zunahme der ÖPNV-Fahrten*) pro Person/Jahr	
		nur System	System und IndiMark®
11 Projekte in Deutschland	154.000	+22%	+44%
Perth-Melville	38.500	+11%	+29%
Portland-Interstate	14.446	+16%	+32%

*) Alle Ergebnisse sind durch Zählungen bestätigt

Verhaltensveränderung durch Systemverbesserungen in Kombination mit individualisiertem Marketing

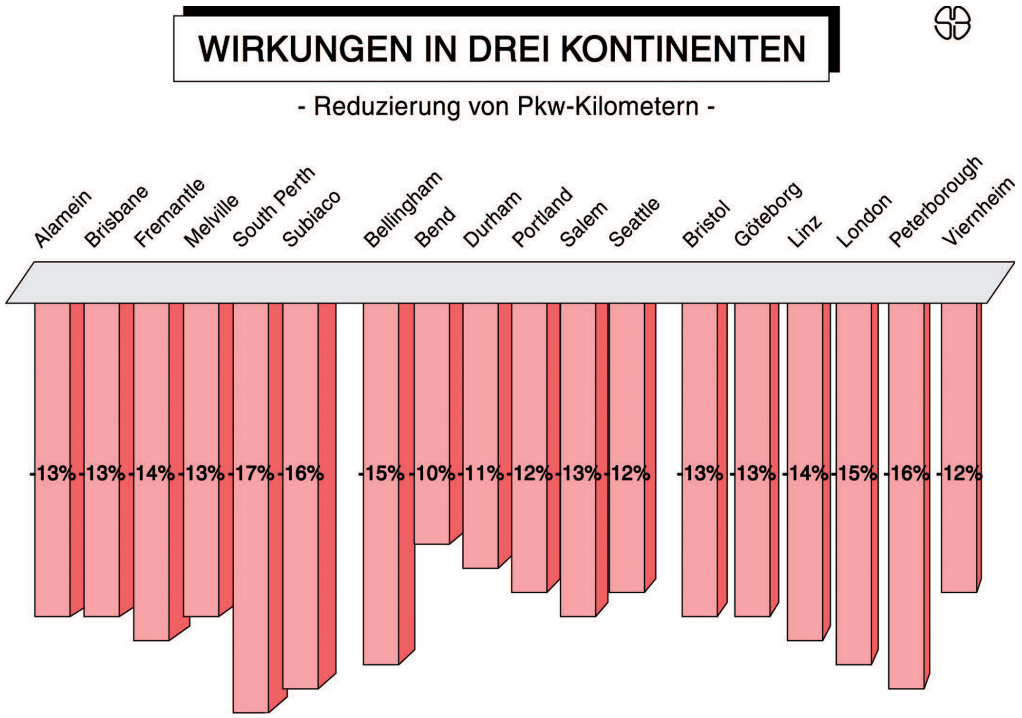
Als Faustregel gilt dabei, dass die Wirkung der Infrastruktur (die natürlich schon mit den üblichen Werbemaßnahmen eingeführt wurde) durch ein individualisiertes Marketing verdoppelt werden kann. Natürlich wäre ein Teil der so gewonnenen Nutzer nach ein oder zwei Jahren auch gewonnen worden, aber so wird die Verhaltensänderung beschleunigt und die Projektwirkung vergrößert.

Richtig interessant wird es aber, wenn man die Wirkungen auch mit Kosten belegt. Im Projekt Portland, im Stadtteil Interstate wurde beispielsweise eine neue Light-Rail-Linie gebaut. Die Kosten lagen bei etwa 130 Mio. Dollar. Das begleitende individualisierte Marketing hat 260 000 Dollar gekostet (knapp 18 Dollar pro Bewohner). Mit zwei Promille der Projektsumme konnte somit die Wirkung verdoppelt werden!

Man könnte jetzt denken, dass die Betreiber öffentlicher Verkehrsmittel scharenweise solche Verfahren anwenden (die ihre Einnahmen schnell und flächendeckend steigern und eine erhebliche Imageverbesserung bewirken). Das ist nicht der Fall. Ein explosives Gemisch aus Unverständnis, Rivalität und Intrigen hat Verhaltensänderungsprogramme in Deutschland gründlich diskreditiert.

Da war es ein glücklicher Umstand, dass die Stadt Perth diese Verfahren testen wollte, allerdings jetzt mit dem Ziel, den Autoverkehr zu reduzieren. Ein erstes Pilot-Projekt 1997 bei 865 Personen war erfolgreich, die erste Großanwendung (in South Perth, bei 35 000 Personen) ergab eine Reduzierung der Autofahrten um 14 Prozent und der Pkw-Kilometer um 17 Prozent.
Danach hat sich dieses Verfahren (oft unter dem Namen TravelSmart®) rasch verbreitet. In etwa zehn Jahren wurden in Perth fast eine halbe Million Zielpersonen bedient, in über 400 Projekten weltweit über vier Millionen. Das größte Einzelprojekt wurde gerade in Brisbane bei 450 000 Teilnehmern (in nur einem Jahr) beendet.

Überall wurden intensive Erhebungen zur Evaluierung durchgeführt (und immer für die gesamte Population, nicht nur die aktiven Teilnehmer); die Wirkungen sind überall sehr ähnlich. Für Australien sind Beispiele aus Melbourne (Alamein), Brisbane und Perth dargestellt. In den sechs ausgewählten amerikanischen Städten wurden jeweils nur Stadtteile bedient (Ausnahme Bend) und in den gezeigten europäischen Städten auch (Ausnahme Peterborough).



Der Erfolg von IndiMark®-Projekten in drei Kontinenten im Vergleich

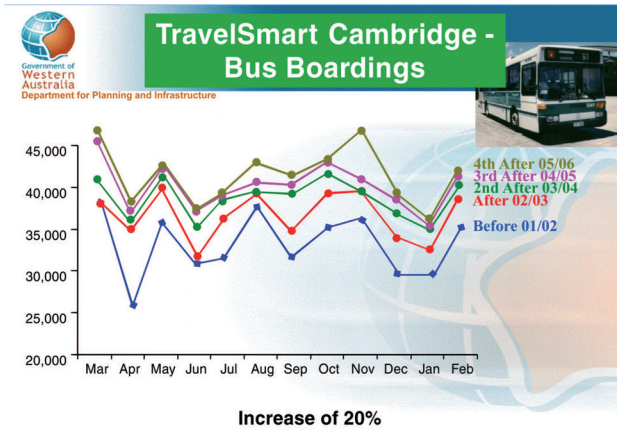
Auch die Stadt Perth hat inzwischen eine integrierte Auswertung aller ihrer einzelnen Projekt-Evaluierungen durchgeführt (Fallzahl ca. 18 000 Personen). Sie zeigt insgesamt eine Reduzierung des Autoverkehrs um 10 Prozent (65 Fahrten pro Person und Jahr). Ein Viertel der verlagerten Fahrten sind jetzt beim öffentlichen Verkehr, ein Fünftel beim Fahrrad. Über die Hälfte (55 Prozent) gehen aber zu Fuß (und das in der „Autostadt" Perth!). Auch das

ist eine solide Faustregel für solche Projekte: zu Fuß gehen ist für etwa die Hälfte der reduzierten Autofahrten die Alternative. Ein Verkehrsmittel, das in der traditionellen Verkehrsplanung gar nicht vorkommt, ist der wichtigste Agent bei der Verhaltensänderung! Nicht zuletzt deshalb ist in allen Projekten die Zahl der Aktivitäten im eigenen Stadtteil – und damit die Attraktivität der Nahbereiche – gestiegen.

Da in keinem der bisher bearbeiteten Gebiete alle Bewohner bedient werden konnten, gab es immer Raum für die im Kapitel 5 beschriebene Diffusion. In dem später gezeigten Projekt „Sustainable Travel Towns" in England konnte diese Wirkung erstmals nachgewiesen werden. Sie lag bei etwa einem Drittel der Originärwirkung. Dieser Befund hat sich seitdem mehrfach bestätigt. Allerdings tritt diese Wirkung nur ein, wenn man ein Konzept anwendet, das die Diffusion auch aktiv fördert und unterstützt. *(„We will set a goal for next month after we hold a family meeting about this and hopefully inspire everyone.")*

Auch bei den Projekten, die über die Förderung einzelner Verkehrsmittel hinausgehen und sich um eine insgesamt nachhaltige Mobilität bemühen, gibt es Kritik. Einer der wichtigsten Kritikpunkte betrifft dabei die Nachhaltigkeit der Verhaltensänderung. Dabei wird vermutet, dass die Teilnehmer zunächst begeistert von den Alternativen sind, sie kurzfristig nutzen, schnell feststellen, dass sie ihnen nicht zusagen und wieder in ihre alten Verhaltensmuster zurückfallen. Tatsächlich gibt es eine kleine Gruppe, die sich genau so verhält. Die Mehrheit dagegen erfährt, dass alternative Mobilität keinen Verzicht bedeutet, gute Alternativen bietet und sogar Spaß macht. Und dann entdecken sie weitere Möglichkeiten, ändern Ziele, organisieren ihren Alltag anders, ziehen um, und mehr. Die Wirkung verhaltensändernder Programme hält an oder steigt. *(„Fantastic idea! It's much harder to ignore a friendly person on the phone or on your doorstep than a flyer in your mailbox.")*

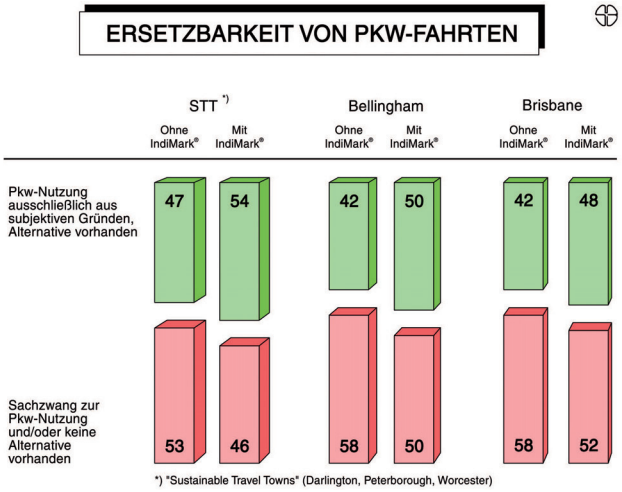
Ein besonders schöner Beleg hierfür findet sich in Perth, wenn auch nur für den Bus. Im Stadtteil Cambridge, einem Stadtteil, in dem in den dargestellten Jahren das Bus-Angebot nicht verändert wurde und die Bevölkerung (Anzahl und Struktur) weitgehend gleich geblieben ist. Die zum damaligen Zeitpunkt in den Bussen installierten Sensoren zur Messung der Einsteiger ergaben, dass sich die nach einem Jahr gemessene Wirkung (+ 13 Prozent) jedes Jahr ein bisschen verbessert hat.



Nachhaltiger Anstieg der Busbenutzung in einem Stadtteil in Perth nach Durchführung eines IndiMark®-Projektes im Jahr 2002

Alle gezeigten Wirkungen sind sehr erfreulich, wären aber nicht wirklich befriedigend, wenn das eigentliche Projektziel nicht erreicht würde. Dieses Ziel ist in Kapitel 4 beschrieben und betrifft eine Veränderung der subjektiven Welten. In der empirischen Sozialforschung gehört es nicht gerade zu den einfachsten Übungen, subjektive Welten und ihre Veränderung zu messen. Der in Kapitel 4 beschriebene Ansatz hilft uns dabei aber weiter. Er unterteilt die Autofahrten in solche, die „gemacht werden müssen" (Sachzwang und/oder keine angemessene Alternative) und in solche, die „gemacht werden wollen" („nur" subjektive Gründe für die Wahl des Autos). Wenn also ein erfolgreiches IndiMark®-Projekt durchgeführt und der Anteil der Autofahrten reduziert wurde, müsste man annehmen, dass subjektiv bedingte Fahrten auf nachhaltige Verkehrsmittel verlagert wurden und ihr Anteil damit zurückgeht. Das ist der Fall, aber es verändern sich auch die subjektiven Welten. *(„Psychologically it was a very good way of making me commit to cycling all the time now. I'm a psychologist and your strategy, I found, had a subliminal undertone that made me more aware of exercise and responsibility.")*

Die in den drei gezeigten Städten gemessenen Veränderungen sind nur möglich, wenn neue Alternativen mit nachhaltigen Verkehrsmitteln entdeckt oder wenn Sachzwänge aufgehoben wurden. Gleichzeitig hat sich der Anteil der Fahrten mit veränderbaren subjektiven Gründen erhöht. Mit anderen Worten: Wenn – nach einem großen Erfolg (12 Prozent Reduzierung der Fahrten bei STT, 13 Prozent in



IndiMark®-Projekte erhöhen die Ersetzbarkeit von Pkw-Fahrten.

Bellingham und Brisbane) – die gleichen Projekte noch mal gestartet würden, wäre die Wirkung größer als beim ersten Mal! Die Ergebnisse von Nürnberg sind damit für die gesamte Alltagsmobilität bestätigt.

7 Wie es weitergehen könnte

Nachhaltiges Verhalten ist nicht nur im Bereich der Mobilität erforderlich. Je nach Definition der Nachhaltigkeit wird man sich Verhaltensänderungen auch bei der Energienutzung, beim Wasserverbrauch, im Bereich Abfall, aber auch bei der Gesundheit (körperliche Bewegung, gesünder Leben, Ernährung etc.) wünschen.

Die einschlägige Literatur zeigt, dass in keinem der genannten Bereiche eine Verhaltensänderung schwerer zu erreichen ist als die Reduzierung des Autoverkehrs. Es ist mithin ein Paradoxon, dass im bislang schwierigsten Bereich die größten und erfolgreichsten individualisierten Projekte durchgeführt wurden.

Dieses Bild könnte sich rasch ändern. Inzwischen gibt es – gerade in Australien – erfolgreiche Projekte zur Reduzierung des Wasser- und Energieverbrauches. Diesen Projek - ten kommt ein Umstand zugute, der ihre Wirkung zusätzlich steigert: Weil der Wasser- und Energieverbrauch durch Zähler für jeden Haushalt kontinuierlich erfasst wird, kann man den Haushalten auf einfache Weise Feedback über die Wirkung ihrer Verhaltensänderungen auf den Verbrauch geben. Ein klassisches Design hierfür ist: Gemeinsame Festlegung von Zielen – Messung des Erfolges über Zähler – Feedback an die Haushalte – Diskussion der Wirkungen und weitere individuelle Maßnahmen.

Erste größere Projekte zum Wasserverbrauch in Sydney, Melbourne und West Australien zeigen, dass zwischen zehn und zwanzig Prozent des täglichen Verbrauches ohne nennenswerte Einschränkungen eingespart werden können, mit positiver Resonanz bei den jeweiligen Haushalten. Vergleichbare Projekte bei der Energienutzung zeigen ähnliche Wirkungen. Bei Anwendung ausgereifter Projektdesigns kann man ebenfalls von einem Einsparpotential in der Größe von 10 Prozent ausgehen. *(„I got a greater understanding of living sustainable in our environment. Learning more about and being more aware broadens your horizon in all aspects of conservations and makes you more conscious of the impact we have on the environment.")*

Leider war es in Deutschland bisher nicht möglich, anwendungsreife und aussichtsreiche Konzepte dieser Art zu platzieren, weil das Bewusstsein für sorgsamen Umgang mit unserem Wasser kaum vorhanden ist und weil viele Energieversorger in letzter Konsequenz Energie verkaufen und nicht einsparen wollen.

Inzwischen gibt es aber auch erfolgreiche Pilotprojekte in anderen Bereichen. Gerade bei der Zivilisationskrankheit „mangelnde körperliche Bewegung" sind verhaltensändernde Programme aussichtsreich. In einem bemerkenswerten Projekt der Stadt Rockingham (West Australien) wurde erprobt, ob man mit einem Programm zur individualisierten Verhaltensänderung die Bewohner(innen) zu mehr physischen Aktivitäten anregen kann. Das Ziel war eine Steigerung des Zeitbudgets für diese Tätigkeiten um fünf Minuten pro Person und Tag. Das Ergebnis war fast dreimal so hoch. Und obwohl die Verkehrsmittelwahl kein originäres Thema des Projektes war, ist der Anteil der Pkw-Fahrten um 12 Prozent zurückgegangen, um die gleiche Größenordnung also, wie bei einem Projekt zur Reduzierung des Autoverkehrs.

Dies gibt uns einen wichtigen Hinweis für die Zukunft von individualisierten Konzepten und Projekten zur Verhaltensänderung: Der Aufbau eines persönlichen Dialoges ist nicht einfach und aufwendig. Ist aber ein gewisses Vertrauensverhältnis einmal aufgebaut, dann kann dieser Kontakt in vielfältiger Weise über einen längeren Zeitraum genutzt

werden: Die Zukunft der Verhaltensänderung liegt neben der Individualisierung, der Diffusion und der Großanwendung in der Kombination verschiedener Themen. Dazu gibt es keine kostengünstigere Alternative. *(„I think as a society we should all be more aware of this huge problem and should all contribute to the solution.")*

8 Wo das alles hinführt

Selbst bei großen Infrastrukturprojekten gibt es – wenn überhaupt – eine Begleitforschung zur Evaluierung, die in Umfang und Qualität in der Regel sehr überschaubar ist. Bei Projekten zur Verhaltensänderung, die meist nur wenige Prozent vergleichbarer Infrastrukturprojekte kosten, ist das anders. In einer wahren Evaluierungswut wird jedes kleine Pilotprojekt genauso umfassend evaluiert wie das fünfundzwanzigste Projekt in einer Stadt, in der schon vierundzwanzig Projekte erfolgreich waren.

Diese Evaluierungen dokumentieren Erfolge, die man so bisher nicht gekannt hat: In kurzer Zeit können beispielsweise bei der Mobilität erhebliche Reduzierungen des Autoverkehrs erreicht und die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel gesteigert werden. Die Menschen fahren mehr Rad und gehen mehr zu Fuß. Sie leben gesünder und entdecken ihr Wohnumfeld und nahegelegene Parks / Begegnungsstätten neu. Sie motivieren andere und helfen ihnen. Und sie fallen nur selten in ihre alten Verhaltensmuster zurück. *(„The support is the best part. It reminds you that you're doing the right thing, that you're not just a crackpot.")*

Dies alles zu Kosten, die sich – je nach Berechnungsart – zwischen weniger als zehn und etwas über zwanzig Euro pro Person bewegen. Es gibt mehrere seriöse Kosten / Nutzen-Rechnungen hierzu. Sie zeigen (bei Einbezug der externen Kosten) Faktoren, die in der Größenordnung von 1 : 13 bis 1 : 30 liegen. Alleine die zusätzlichen Erlöse im ÖPNV finanzieren ein Projekt zur Steigerung der Nutzung aller nachhaltigen Verkehrsmittel und damit zur Reduzierung des Autoverkehrs in ein bis drei Jahren. Da würde jeder Investor auf dem Finanzmarkt beherzt zugreifen.

Das ist in der einschlägigen Szene ganz anders. Anstatt die leicht belegbaren Erfolge herauszustellen, die Verfahren weiter zu verbessern und die Politik aufmerksam zu machen auf die Möglichkeiten in kurzer Zeit die Nachhaltigkeit des Handelns zu verbessern, gibt es höchst skurrile Diskussionen über Evaluierungsverfahren.

Dies öffnet die Tür für Verhaltensänderungsprogramme, die sich dieser Debatte nicht aussetzen müssen, weil sie Verfahren anwenden, an die man sich schon gewöhnt hat: Lifestyle-basierte Werbekampagnen, umfangreiche Direkt-Marketing-Aktionen oder (vor allem in den USA) sog. „Travel Demand Management (TDM)"-Projekte, die oft mit Betrieben zusammenarbeiten und sich um den Berufsverkehr kümmern. Diese sog. „feel good" Projekte stören niemanden und bewirken wenig. Aber sie erwecken den Eindruck, dass man sich „um die Probleme kümmert"!

Was die Menschen aber brauchen, ist etwas ganz anderes. Sie wissen ganz gut, dass pfleglicherer Umgang mit der Welt nötig ist und sie dafür auch ihr eigenes Verhalten ändern müssen. Viele sind dazu bereit, aber in einer Zeit, in der beispielsweise der Umstieg vom Auto auf das Fahrrad gerne als Autoverzicht bezeichnet wird, brauchen sie Motivation, Inspiration und Hilfe. *(„I have learned so much. It should be done every year everywhere. The participation alone makes one become aware. Why would you not be on such a program!")* Oder, frei nach Karl Valentin: *Mögen hätten sie schon wollen, aber dürfen haben sie sich nicht getraut.*

Und was wäre dann? In einer (fiktiven) deutschen Stadt mit einer Million Einwohnern würde in einem Jahr der Autoverkehr der Bewohner(innen) um 10 Prozent gesenkt. Bei einem Pkw-Fahrer-Anteil von 40 Prozent und einer Pkw-Fahrleistung von 7,5 Kilometern pro Fahrt würden im Jahr 300 Millionen Pkw-Kilometer reduziert. Das würde zwischen 10 und 20 Millionen Euro kosten und könnte in ein bis zwei Jahren erfolgreich durchgeführt werden. Die gesparten externen Kosten lägen bei etwa 18 Millionen jährlich, alleine der CO_2-Ausstoß würde um 40 000 Tonnen pro Jahr gesenkt.

Zu schön um wahr zu sein? Das sagen viele, vor allem in der Fachwelt. Schon der Gedanke, dass die Menschen heute mit einfachen Mitteln der Kommunikation und Motivation zu Verhaltensänderungen inspiriert werden können, reizt sie zum Widerspruch. Das darf uns nicht beirren.

Viele kleine Schritte tun nicht weh, machen Spaß und entfalten in Summe große Wirkung. Die Menschen sind dazu bereit. Sie brauchen halt ein bisschen Aufmunterung.

Kapitel 15

Peak Oil und der Übergang zur postfossilen Mobilität

Jörg Schindler

Kurzfassung

Öl ist der Treiber des modernen Verkehrs und Grundlage des westlichen Lebensstils. Seit Mitte 2004 hat die weltweite Ölförderung ein Plateau erreicht und hat zu bleibenden Ölpreissteigerungen geführt. Die Folge sind Krisen in der Automobilindustrie und der Luftfahrt. Peak Oil ist damit „jetzt". In den kommenden zwei Jahrzehnten wird das Ölangebot auf etwa die Hälfte abnehmen. Die Endlichkeit der fossilen Energieträger wird jetzt spürbar und zeigt, dass die gegenwärtigen Strukturen nichtnachhaltig sind. Damit steht der Übergang vom fossilen Verkehr zur postfossilen Mobilität an.

Öl ist der Treiber des modernen Verkehrs

Industrialisierung und Entwicklung des modernen Verkehrs sind untrennbar miteinander verbunden. Die breitere Nutzung der Kohle ab etwa 1830 markiert den Beginn des fossilen Zeitalters und den Beginn der Beschleunigung: Die Kohle befeuerte nun statt Holz die neuen Dampfmaschinen, die nach etlichen Entwicklungsschritten auch den Bau von Eisenbahnen ermöglichten. Eisenbahnen brachten auch zum ersten Mal den Durchbruch für den Güterverkehr auf dem Landweg. Güterverkehr über größere Enfernungen jenseits des Nahbereichs war davor nur auf dem Wasser möglich. Daher die Bedeutung von schiffbaren Flüssen, Kanälen und Seehäfen. Erste Versuche mit Dampfschiffen gab es schon vor der Eisenbahn, doch sollte es noch bis zum Ende des 19. Jahrhunderts dauern, bis wirklich leistungsfähige Dampfschiffe die Segelschiffe ablösten.

Nur der Verkehr auf der Strasse blieb noch lange Zeit präfossil: Fußgänger, Reiter und von Tieren gezogene Kutschen und Fuhrwerke. Das änderte sich erst mit der Erfindung des mit Benzin und Diesel angetriebenen Verbrennungsmotors. Diese Kombination hat gegenüber Dampfmaschine und Kohle weit überlegene technische Eigenschaften bezüglich Wirkungsgrad, Gewicht und Volumen. Dazu kommt die bessere Regelbarkeit des Antriebs, sowie die hohe Energiedichte und die einfache Speicherung und Handhabbarkeit des Kraftstoffs im Fahrzeug. Damit wurde es zum ersten Mal möglich, neue und leistungsfähige motorisierte Verkehrsmittel für die Strasse zu bauen: Automobile, Autobusse, Lastkraftwagen und Motorräder. Auch ein uralter Menschheitstraum ging in Erfüllung: der Bau von Motorflugzeugen wurde möglich. Der Siegeszug des ölgetriebenen Verbrennungsmotors nahm seinen Lauf. Auch bei der Eisenbahn wurden Dampfmaschine und Kohle im Laufe der Zeit vollständig verdrängt. Öl befeuerte den Aufstieg des motorisierten Verkehrs zu Wasser, zu Lande und in der Luft. Die Entwicklungsdynamik des modernen fossilen Verkehrs - Erdöl war seit Mitte des 19. Jahrhunderts in großen Mengen entdeckt worden - und die steigende Nachfrage der neuen Verkehrsmittel im 20. Jahrhundert sorgte für einen wachsenden Erdölmarkt. Der moderne mit Erdöl angetriebene Verkehr hat eine zunehmende Gravitation in Gang gesetzt. Autos, Busse und LKWs haben den Raumwiderstand – das ist der Aufwand für die Überwindung des Raumes – reduziert (zeitlich, ökonomisch, emotional...). Der Aktionsradius ist laufend größer geworden: Wohnen und Arbeiten, Einkaufsorte, öffentliche Einrichtungen, Erholung und Urlaubsorte können immer entfernter sein. Weil das attraktiv ist, hat es sich auch immer weiter in diese Richtung entwickelt: Siedlungstrukturen und Verkehrsinfrastrukturen sind rückgekoppelt und verstärken so diese Tendenzen. All dies hat zu einer ständig steigenden Bedeutung der Straße im Personen- und Güterverkehr geführt. Der von Erdöl getriebene Verkehr wurde so zum dominanten Modell. Er wurde zu Voraussetzung, Folge und Symbol des westlichen Wohlstandsmodells und schließlich zum globalen Entwicklungsmodell.

Attraktion und Gravitation des modernen Verkehrs sind selbstverständlich geworden, der fossile Verkehr hat die

Wahrnehmung geprägt - das mental framing: „Motorisiert ist besser als nicht motorisiert", „schneller ist besser als langsamer" und „weiter ist besser als näher".

Der Lebensstil in den industrialisierten Ländern der Welt beruht auf der reichlichen und billigen Verfügbarkeit von Erdöl. Obwohl jeder weiß, dass Erdöl als eine fossile Energiequelle endlich ist (wie auch Kohle, Erdgas und Uran) wird gleichzeitig die Tatsache der Endlichkeit als rein theoretisch wahrgenommen, die keine praktischen Auswirkungen hat. Dies erweist sich gerade als eine folgenreiche Fehleinschätzung.

Peak Oil ist jetzt

Wie sieht die Zukunft der Ölversorgung aus? In den Medien finden sich zunehmend widersprüchliche Signale. Auf der einen Seite heißt es, das Öl reicht noch für sehr lange Zeit, es wird über neue Funde und wachsende Reserven berichtet und die Ölindustrie versichert, dass auch unsere Urenkel noch Auto fahren werden. Auf der anderen Seite finden sich Meldungen, dass es immer schwieriger wird, neue Ölvorkommen zu erschließen, dass die Förderung in wichtigen Regionen wie der Nordsee und Mexiko abnimmt und dass sogar die Internationale Energie Agentur (IEA) in Paris vor einer drohenden Versorgungskrise in wenigen Jahren warnt.

Die gängige Sicht der künftigen Verfügbarkeit von Erdöl ist immer noch geprägt durch die Internationale Energie Agentur (IEA). In den jährlich erscheinenden Berichten World Energy Outlook (WEO) beschreibt die IEA Projektionen der künftigen Nachfrage und des Angebots für die einzelnen Energieträger. Das New Policies Scenario der IEA im WEO 2011 geht bis 2030 von einem weiteren kontinuierlichen – wenn auch eher geringem – Wachstum des Ölverbrauchs aus. Gleichzeitig wird gesagt, dass die konventionelle Ölförderung seit 2006 ein Plateau erreicht hat, das bis 2035 in etwa gehalten werden kann, so dass der Zuwachs nur von nicht-konventionellem Öl kommen kann. Dieses Szenario besagt im Grunde, dass die Zukunft mehr oder weniger so sein wird, wie die Vergangenheit, nur eben mehr von allem. Dementsprechend lautet die Botschaft, dass business as usual (BAU) noch für mindestens zwei weitere Jahrzehnte wie bisher fortgesetzt werden kann.

Dieses Szeanario stellt mit seinem reduzierten Anstieg des Ölverbrauchs zwar gegenüber den früheren viel höheren Projektionen eine Annäherung an die Realität dar, aber es ist noch bei weitem nicht realistisch. Wesentlich wahrscheinlicher ist ein alternatives Szenario der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik, das in einer ersten Fassung im Jahr 2007 für die Energy Watch Group (EWG) erarbeitet wurde. Dies stützt sich insbesondere auf die Analyse der Entwicklung der Fördermengen in den wichtigen Erdölregionen der Welt. Dabei zeigt sich, dass die meisten Länder und Regionen ihr Fördermaximum bereits überschritten haben. Wesentliche Ergebnisse dieser Analysen sind: (1) Peak Oil ist „jetzt", und (2) ein steiler Rückgang der Förderung nach dem beginnenden Abstieg vom Peak mit einer Halbierung der Ölförderung bis etwa 2030.

Tatsächlich hat die globale Ölförderung seit Mitte 2004 ein Plateau erreicht. Dieses nunmehr schon sieben Jahre andauernde Plateau ist (für die gängige Wahrnehmung) umso überraschender als genau in diesem Zeitraum die Ölpreise auf nie dagewesene Höhen gestiegen sind. Offensichtlich konnte das Angebot der Nachfrage nicht mehr folgen.

Die Nichtnachhaltigkeit des fossil getriebenen Verkehrs

Was wir gerade erleben sind die Folgen des Erfolgs. Weil das westliche Entwicklungsmodell so attraktiv war und jetzt von einem größeren Teil der Welt kopiert wird, kommt es um so schneller an sein Ende. Es war zwar grundsätzlich schon immer klar, dass dieses Entwicklungsmodell nicht nachhaltig sein kann, weil es auf der Nutzung von endlichen fossilen Energiequellen beruht. Damit ist das Modell des fossilen Verkehrs nicht verallgemeinerbar: es ist nicht übertragbar auf die ganze Welt und auch nicht fortsetzbar für künftige Generationen.

Es zeigt sich jetzt, dass mit Peak Oil die Grenzen des Wachstums des fossilen Verkehrs tatsächlich erreicht werden. Die bisherige Dynamik der Verkehrsentwicklung kommt an ein Ende. Der fossil getriebene Verkehr ist nicht nachhaltig: es geht nicht so weiter, weil es nicht so weiter gehen kann! Das ist trivial, hat aber weitreichende Folgen. Die Konsequenzen von Peak Oil für den Verkehr werden sofort spürbar, wie sich an den wiederkehrenden Krisen der Automobilindustrie und den Turbulenzen der Airlines zeigt.

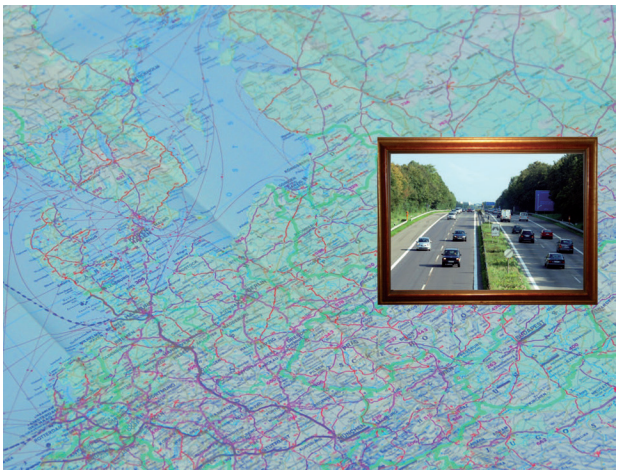
Angesichts der Tatsache, dass Erdöl die wichtigste fossile Energiequelle ist, der moderne Verkehr fast vollständig auf ihm beruht und dieser Verkehr wiederum Grundlage der westlichen Wirtschaftsweise und Lebensstile ist, wird damit auch das Ende von business as usual (BAU) eingeläutet.

Vom fossilen Verkehr zur postfossilen Mobilität

Peak Oil ist der Beginn einer epochalen Transition in eine postfossile Welt. Dieser Übergang ist unvermeidlich und steht jetzt an. Was bestimmt die postfossile Welt, speziell den postfossilen Verkehr? Wird die Zukunft so sein wie die präfossile Zeit davor?

Die postfossile Welt wird sich grundlegend von der präfossilen Welt unterscheiden. Grund dafür sind die Basisinnovationen des fossilen Zeitalters:

- die Nutzung der Elektrizität,
- die Nutzung des vollen Spektrums der erneuerbaren Energien,
- die Technologien der Datenverarbeitung und der Kommunikation,
- das Fahrrad als erstes postfossiles Verkehrsmittel!



Fossile Verkehrsbrille (Foto: J. Schindler)

Was heißt das aber konkret für Verkehr und Mobilität in einem postfossilen Kontext? Dazu müssen wir zuerst den Blick erweitern. Der Aufstieg des modernen Verkehrs, seine Erfolgsgeschichte und seine Dominanz, haben auch die allgemeine Wahrnehmung geprägt. Wir sehen die Welt durch die Brille des fossilen Verkehrs. Dies hat zur Folge, dass vielfach Mobilität mit Verkehr gleichgesetzt wird, und Verkehr wiederum wird im wesentlichen mit motorisiertem Verkehr gleichgesetzt. Wenn man von Verkehr spricht, dann ist der Blick auf (motorisierte) Verkehrsmittel und die dazugehörigen Infrastrukturen gerichtet: Auf Automobile und Straßen, auf Züge und Schienenwege, auf Flugzeuge und Flughäfen sowie auf Schiffe und Häfen. Neben dem motorisierten Verkehr gibt es dann noch die Nische des Restverkehrs – damit bezeichnen die Verkehrsplaner Menschen, die sich irgendwie zu Fuß oder mit dem Fahrrad bewegen. So wie der moderne Verkehr fossil geprägt ist, so ist auch die Wahrnehmung von Verkehr fossil geprägt.

Diese Sicht verstellt jedoch das Wesentliche: Tatsächlich geht es um den Menschen und diejenigen seiner Bedürfnisse, die nur an anderen Orten erfüllbar sind. Verkehr und Mobilität sind eben nicht synonym, sie bezeichnen nicht das Gleiche. Vielmehr ist Mobilität der grundlegendere Begriff, weil er vom Menschen ausgeht. Mobilität als Überbegriff umfasst vier Dimensionen:

(1) die Beweglichkeit (die Potenzialität – was könnte ich machen an mir erreichbaren anderen Orten),
(2) die Bewegung (die tatsächliche Ortsveränderung – den physischen Verkehr) einschließlich
(3) das Ankommen (und Innehalten) sowie
(4) das Bewegende (die Emotionen).

Wie kann Mobilität für alle Menschen gesichert werden, wenn die bisher so billig und reichlich erscheinenden fossilen Energiequellen zur Neige gehen? Dazu müssen wir uns von der mentalen Landkarte des fossilen Verkehrs verabschieden. *„Fossiles Denken schadet noch mehr als fossile Brennstoffe."* (Bank Sarasin)

Wegweiser und Leitplanken für den Übergang zur postfossilen Mobilität

Die Zukunft ist prinzipiell offen und in vielfältiger Weise gestaltbar. In „vielfältiger Weise" heißt aber nicht „beliebig". Es gibt naturgesetzliche Schranken, und es gibt Schranken, die durch nichtnachhaltige Strukturen gesetzt werden. Wir schlagen daher einige „Wegweiser und Leitplanken" vor, die für die anstehende Transition eine klare Richtung vorgeben.

(1) Vielleicht die grundlegendste und weitreichendste Leitplanke für eine zukunftsfähige postfossile Welt findet sich im Prinzip der Verallgemeinerbarkeit. Damit ist gemeint, dass nur solche Strukturen zukunftsfähig sind, die im Prinzip von allen Menschen auf der Welt heute und in Zukunft gleichermaßen gelebt werden können. Das gilt vor allem für den Energieverbrauch, den Flächenverbrauch und den Verbrauch von Rohstoffen und Materialien. Dieses Prinzip der Verallgemeinerbarkeit ist eine wesentliche Bedingung für Nachhaltigkeit.

Konkret bedeutet das: Mobilitätschancen für alle Menschen überall auf der Welt, für alle Altersgruppen, für Gehbehinderte, für alle Einkommensklassen.

Mobilität beginnt im Kopf (Foto: J. Schindler)

(2) Energie ist nicht mehr reichlich und billig, sondern knapp und teuer. Mit Energie muss wirtschaftlich umgegangen werden: Effizienz ist kein hohles Schlagwort mehr (angeblich immer angestrebt, aber nie wirklich erreicht), sondern wird zur Notwendigkeit. Damit kommt auch die fossil angetriebene Verschwendungswirtschaft an ein Ende.

(3) Fossile Energien müssen durch erneuerbare ersetzt werden. In den kommenden Jahrzehnten wird der Kraftstoff für den fossilen Verkehr deutlich weniger werden. Das Einphasen von erneuerbarer Energie in den motorisierten Verkehr wird nicht in der Geschwindigkeit möglich sein, dass die entstehenden Lücken vollständig gefüllt werden können: auch erneuerbare Kraftstoffe werden knapp und teuer sein.

(4) Da Energie in Zukunft knapp und teuer sein wird, wird der Raumwiderstand – nämlich der Aufwand für Ortsveränderungen – steigen. Ziel muss es daher sein, nicht nur Verkehrsmittel effizienter zu machen, sondern zu effizienten Raum- und Siedlungsstrukturen zu kommen, die den Verkehrsaufwand reduzieren. Die bisherigen Raumstrukturen sind wesentlich das Ergebnis des billigen motorisierten fossilen Verkehrs. Sie stellen sich daher bei geänderten Rahmenbedingungen als ineffizient heraus. Dies bedeutet eine neue Balance zwischen Nähe und Ferne (die Nähe rückt wieder näher und die Ferne rückt ferner) und eine neue Balance zwischen langsam und schnell (angemessene Geschwindigkeiten statt so schnell wie möglich).

Die Erhöhung des Raumwiderstandes wirkt sich insbesondere auch auf den Wirtschaftsverkehr aus: auf den Seeverkehr und den Luftverkehr, aber besonders auf die Ferntransporte mit Lastkraftwagen auf der Straße. Dies wird für die regionalen Austauschbeziehungen weitreichende Konsequenzen haben.

(5) Körperkraftmobilität für Gesundheit und Wohlbefinden. Der Mensch wurde in der Evolution zum Menschen durch den aufrechten Gang. Die Notwendigkeit zur Bewegung ist eine anthropologische Grundkonstante, die zur Erfüllung von Mobilitätsbedürfnissen zu nutzen ist. Bewegung aus eigener Kraft (aktive Mobilität im Gegensatz zur passiven Mobilität mit motorisierten Verkehrsmitteln) ist kein zu überwindendes Relikt aus präfossiler Zeit, sondern prägt wesentlich die postfossile Mobilität.

Das erste moderne postfossile Verkehrsmittel, das Fahrrad, erweitert den Aktionsradius der aktiven Mobilität. Erst recht gilt dies für die Hybridisierung des Fahrrads mit elektrischer Unterstützung der Muskelkraft (Pedelec).

Neuere Untersuchungen zu Ernährung und physischer Aktivität haben ergeben, dass sich der Mensch möglichst täglich mindestens eine Stunde gemäßigt bewegen sollte. Dies kann neben körperlichen Aktivitäten wie Gartenarbeit am leichtesten durch die Alltagsmobilität realisiert werden. Zugleich ergaben die Studien, dass sich alle körperlichen Aktivitäten addieren, auch das Treppensteigen statt Aufzugfahren, die kurzen Wege zwischen Einkäufen und dergleichen.

Auffällig ist, wie fast durchgängig noch von nichtmotorisiertem Verkehr gesprochen wird. Damit wird die Grundlage der Mobilität negativ definiert, als ob ihr etwas fehlen würde.

(6) Die modernen Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationtechnologien erweitern, bildlich gesprochen, den Mobilitätsraum der Menschen und ändern das Verhalten.

(7) Emotionale Aspekte aller Formen der Mobilität sind ernst zu nehmen und zu nutzen. Nicht nur das private Auto ist emotional besetzt (übrigens durchaus zu Recht; die beliebte Argumentation gegen die Emotionalisierung des Autos ist verfehlt). Insbesondere geht es auch darum, die Attraktivität und Aufenthaltsqualität der öffentlichen Räume zu steigern.

Mobilität geht vom Menschen aus (Foto: J. Schindler)

Von der fossilen Verkehrspolitik zu einer postfossilen Mobilitätspolitik

Peak Oil erzwingt das Ende des fossilen Verkehrs und den Übergang zu einer postfossilen Mobilität. Damit ist jedoch noch nichts darüber gesagt, welche Formen dieser Übergang annehmen wird. Es kann zu einem chaotischen Übergang mit großen sozialen und ökonomischen Verwerfungen kommen.

Daher ist die verträgliche Gestaltung des Übergangs eine politische Gestaltungsaufgabe. Ein erster Schritt auf diesem Weg ist die Einsicht in die Unvermeidlichkeit des Übergangs. In der Folge muss die bisherige fossil geprägte Verkehrspolitik zu einer umfassenden postfossilen Mobilitätspolitik umgestaltet werden. Die im vorigen Abschnitt genannten Wegweiser und Leitplanken geben dafür die Richtung vor.

Dieser Politikwechsel erfordert einen grundlegenden Paradigmenwechsel. Aktive Mobilität muss den Vorrang vor dem motorisierten Verkehr bekommen mit weitreichenden Folgen für den öffentlichen Raum und die Geschwindigkeiten des motorisierten Verkehrs. Schneller ist nicht mehr automatisch besser als langsamer. Das bedeutet auch eine Aufwertung der Nähe: weiter ist nicht mehr besser oder wichtiger als näher. Dies erhöht die Mobilitätschancen für viele Menschen, insbesondere auch die selbständige und ungefährdete Mobilität von Kindern. Für den motorisierten Verkehr muss der Vorrang des öffentlichen Verkehrs vor dem privaten Auto gelten.

Eine postfossile Mobilitätspolitik wird zu lebenswerteren Städten führen mit einem viel größeren Anteil der aktiven Mobilität, mehr Sicherheit und mehr Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum.

Für eine verträgliche Gestaltung des anstehenden Übergangs vom fossilen Verkehr zu einer postfossilen Mobilität sind alle Akteure in Zvilgesellschaft, Wirtschaft und Politik gefordert.

Umfassendes Mobilitätsbild (Foto: J. Schindler)

Boelkow2012_Layout 1 06.08.12 17:37 Seite 123

Literatur

Akademie für Raumforschung und Landesplanung: Postfossile Mobilität und Raumentwicklung. Positionspapier aus der ARL Nr. 89. Hannover 2011.

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Steigende Verkehrskosten – bezahlbare Mobilität. Die postfossile Zukunft braucht postfossile Siedlungsstrukturen. Informationen zur Raumentwicklung 12. 2009.

Gehl, Jan: Cities for People. Washington D.C. 2010.

Netzwerk Slowmotion: Mobilitätspyramide 2010 – Das Zeitbudget, 2. Auflage. München 2011.

Schindler, Jörg & Martin Held unter Mitarbeit von Gerd Würdemann: Postfossile Mobilität. Wegweiser für die Zeit nach dem Peak Oil, Bad Homburg 2009.

Autorenverzeichnis

Dr. Uwe Albrecht

Uwe Albrecht ist Geschäftsführer der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST). Dr. Albrecht kam 2008 von der Siemens AG zur LBST, wo er als Managing Partner bei Siemens Venture Capital die Siemens Wachstumsstrategie mit Investments in internationale Technologieunternehmen aus den Bereichen Industrie und Energie unterstützt hat. Davor war er viele Jahre im Innovationsmanagement und in der Technologieberatung bei Siemens und Mannesmann tätig. Dr. Albrecht hat Physik an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz sowie der University of Washington, Seattle (USA) studiert und seine Promotion an der Universität Konstanz abgeschlossen.
www.lbst.de

Matthias Altmann

Studium der Physik an der Universität Dortmund, Umweltwissenschaften an den Universitäten Arlon (Belgien) und Kaiserslautern und Master of Business Administration (MBA) an der Technischen Universität München. Senior Consultant bei der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, seit 1993 dort tätig. Er berät internationale Unternehmen und öffentliche Institutionen auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene. Seit mehreren Jahren unterstützt er den Ausschuss für Industrie, Forschung und Energie des Europaparlaments mit Fachgutachten im Bereich Energie und Klimaschutz.

Werner Brög

Werner Brög ist Geschäftsführer und wissenschaftlicher Leiter von Socialdata - Institut für Verkehrs- und Infrastrukturforschung. Er lehrte am Massachusetts Institute of Technology, war Universitätslektor an der TU Graz und wurde an der Universität für Bodenkultur in Wien zum Gastprofessor bestellt. Schwerpunkte seiner Arbeit sind die Erhebung und Analyse von Mobilitätsverhalten und die Anwendung von Konzepten zur Förderung von Verhaltensänderungen in allen Bereichen nachhaltigen Verkehrs.

Dr. Holger Busche

Holger Busche studierte Geophysik in Kiel und Auckland. Nach einigen Jahren Forschungs- und Gutachtertätigkeit zur Beurteilung von Gesteinsformationen plant er seit 2006 nebenberuflich sein Projekt. Seit 2011 ist er hauptberuflich persönlich haftender Gesellschafter der Schienenflieger KG. Ziel ist es, eine direkte Schienenverbindung Schleswig-Holstein – Hamburg über den Flughafen Hamburg und die nördlichen Zentren Hamburgs in der öffentlichen und politischen Diskussion voranzubringen und Lösungsvorschläge zu vermitteln. Seit Mai 2012 ist er auch geschäftsführender Gesellschafter der Schienenflotte GmbH i.Gr.

Dr. Ulrich Bünger

Maschinenbaustudium und Promotion an der Universität Hannover und der Norwegisch-Technischen Hochschule-/SINTEF in Trondheim, Norwegen. Senior Scientist und Berater für Industrie und Politik bei der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, seit 1990 dort tätig. Koordinator verschiedener Wasserstoff-Strategieprojekte und Roadmaps in Deutschland und Europa. Associate Professor für Wasserstoff-Energiesysteme an der Norwegian University of Science and Technology (NTNU) in Trondheim, Norwegen.

Prof. Dr.-Ing. Eveline Gottzein

Eveline Gottzein leitete viele Jahre die Abteilung für „Regelung und Simulation" im Raumfahrtbereich der MBB GmbH. Die Abteilung hat neben der Entwicklung zahlreicher Bahn- und Lageregelungssysteme für wissenschaftliche Erdbeobachtungs- und Nachrichtensatelliten auch bahnbrechende Arbeiten bei der Entwicklung von Trag- und Führsystemen von Magnetbahnen geleistet.
Eveline Gottzein lehrt Regelung und Dynamik von Raumfahrzeugen an den Universitäten in Stuttgart und Würzburg und ist Distinguished Affiliated Professor der Technischen Universität München

Hans-Josef Fell, MdB

Hans-Josef Fell, MdB, sitzt seit 1998 für Bündnis 90/Die Grünen im Deutschen Bundestag. Er ist Träger vieler Preise aus dem Umfeld der erneuerbaren Energien, sowie der Antiatombewegung. Hans-Josef Fell hatte 1999 den ersten Entwurf für das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) geschrieben. Das EEG wurde im Jahr 2000 weitgehend nach den Inhalten dieses Entwurfs im Bundestag verabschiedet. Das EEG gilt als Grundlage für das damals von vielen unerwartete Wachstum der erneuerbaren Energien. Es ist inzwischen zum Vorbild für viele andere Länder der Erde geworden. Hans-Josef Fell besitzt ein vielfach ausgezeichnetes Haus, in dem seit vielen Jahren die gesamte Energie für Strom, Wärme und Kraftstofffe vollständig aus erneuerbaren Energien bereitgestellt wird. Im Internet: www.hans-josef-fell.de

Thomas Kaiser

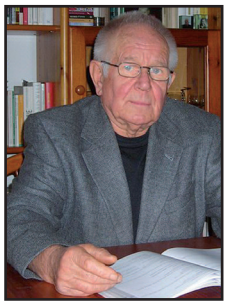
Thomas Kaiser ist einer der Pioniere der Nutzung von naturbelassenen Pflanzenölen als Kraftstoff. Sein Handwerk hierzu lernte er bei Ludwig Elsbett, dem Erfinder des modernen pflanzenöltauglichen Motors mit Direkteinspritzung. 1992 gründete er das Institut für Energie- und Umwelttechnik Brand und Kaiser GbR München und 1993 die VWP vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie Kaiser & Gruber & Dotzer GbR Allersberg. Weltweit hat er Projekte zur nachhaltigen lokalen Nutzung von Pflanzenöl initiiert und beraten. Thomas Kaiser erhielt im Jahr 2010 für sein Lebenswerk den Förderpreis Nachwachsende Rohstoffe des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Hubert Landinger

Studium der Versorgungstechnik an der Hochschule München. Projektleiter bei der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, seit 1999 dort tätig. Erzeugung Erneuerbarer Energie, Energiespeicherung und Energieanwendung. Arbeiten zur Vorbereitung und Durchführung von Leuchtturmprojekten zur Demonstration von Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeugen in Europa. Mitwirkung bei Projekten und Aktivitäten zur großtechnischen Energiespeicherung. Analysen der Marktentwicklung und -potenziale für Wasserstoff- und Brennstoffzellenprodukte und deren Systemkomponenten.

Rolf Martin

Rolf Martin hatte sich bei Siemens auf mehreren Gebieten mit Automatisierungstechnik beschäftigt. Nach seiner Pensionierung begab er sich auf die Suche nach einer Betätigung, bei der die Technik zur Lösung der anstehenden Probleme besonders beitragen sollte. 1989 kam er zur Ludwig-Bölkow-Stiftung, wo er als freier Mitarbeiter das Projekt SOLUX gründete, PV-Minileuchten entwickelte und in 10 verschiedenen Entwicklungsländern Werkstätten einrichtete.



Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Norbert Makowski

Norbert Makowski studierte nach dem Abitur Landwirtschaft an der Rostocker Universität. 1970 übernahm er eine leitende Tätigkeit innerhalb der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR und wurde 1979 zum Professor für Pflanzenbauwissenschaft berufen. Nach der Wiedervereinigung arbeitete er als Leiter der Forschungsstelle für nachwachsende Rohstoffe und Gartenbau und Stellvertretender Direktor des Instituts für Acker- und Pflanzenbau in der neu gegründeten Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Seit seiner Emeritierung 1997 ist er im Institut für Energie- und Umwelttechnik München, als externer Wissenschaftler der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern und als Berater in Osteuropa tätig.

Hans Mutzbauer

Der gelernte Kaufmann mit der Leidenschaft für Vertrieb und Service sammelte seine Erfahrungen im In- und Ausland, gerne und meist bei Projekten der Elektrotechnik und Elektronik. Seit 2011 leitet er als Geschäftsführer die SOLUX SERVICE GmbH und hat sich vorgenommen, mit dem Unternehmen im internationalen Wettbewerb die Erfolgsgeschichte des SOLUX e.V. weiterzuführen.

Jörg Schindler

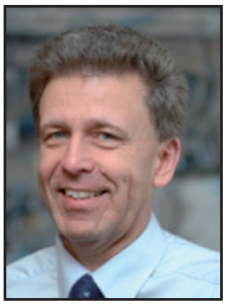
Jörg Schindler war bis Ende 2008 Geschäftsführer der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH in Ottobrunn. Er befasst sich seit Jahrzehnten mit den Themen Energie und Verkehr. Er war Mitglied in der Enquête-Kommission des Bayerischen Landtags „Neue Energie für das neue Jahrtausend" (2000-2004). Er ist Mitglied der Mobilitätsinitiative (moin) sowie Gründungs- und Vorstandsmitglied von ASPO Deutschland (Association for the Study of Peak Oil and Gas). Zusammen mit Martin Held initiierte er das Netzwerk Slow Motion. Veröffentlichungen: Ölwechsel (2002/2008, dtv) mit Colin Campbell, Frauke Liesenborghs, Werner Zittel; Geht uns das Erdöl aus? (2009, Herder) mit Werner Zittel, Postfossile Mobililtät (2011, VES) mit Martin Held und Gerd Würdemann.

Dr.-Ing. Roger Weninger

Studium der Elektrotechnik an der TU München mit anschließender Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent.
Seit 1983 in der kommunalen Energiewirtschaft tätig, seit 2002 bei der Stadtwerke Augsburg Energie GmbH. Dort als Betriebsdirektor und Prokurist zuständig für den Kundenservice.
Mitglied in Gremien des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) und der Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW).
Dozent für Energiewirtschaft an der Fachhochschule Kufstein Tirol.

Thomas Seltmann

Thomas Seltmann beschäftigt sich als Berater, Referent und Autor seit mehr als zwanzig Jahren mit Energie und Nachhaltigkeit. Von 2006 bis 2011 war er Projektmanager der Energy Watch Group. Als unabhängiger Experte für Photovoltaik hat er u. a. das Fachbuch „Photovoltaik - Strom ohne Ende" (Solarpraxis/Beuth-Verlag, 2000-2009) sowie den Ratgeber der Stiftung Warentest „Photovoltaik – Solarstrom vom Dach" (2011/2012) verfasst, beide sind Bestseller zu diesem Thema. www.thomas-seltmann.de



Reinhold Wurster

Ausbildung als Bauingenieur an der Technischen Universi - tät München (1976-1981). Senior Consultant bei der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, seit 1984 dort tätig. Strategieberatung, Projektbegleitung und Projektkoordination internationaler Vorhaben im Bereich Wasserstoff als Energieträger und Kraftstoff im Transportsektor, Brennstoffzellen, sowie im Rahmen von vergleichenden Well-to-Wheel Analysen vielfältiger Kraftstoff-Antriebskombinationen. Gründungsmitglied des Deutschen Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Verbandes (DWV) und seit 1996 Mitglied des Vorstandes des DWV.

Dr. Werner Zittel

Werner Zittel studierte Physik in München und Darmstadt. Seit 1989 ist er als Senior Scientist bei der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH tätig. Zahlreiche Vorträge und Veröffentlichungen zur Nichtnachhaltigkeit unseres Umgangs mit Energie und notwendigen Veränderungen hin zu einer nachhaltigen Energieversorgung. U.a. hat er gemeinsam mit Jörg Schindler die Bücher „Ölwechsel" (2002/2008, dtv), „Geht uns das Erdöl aus?" (2009, Herder), sowie mit weiteren Autoren „Aufbruch" (2010, Finanzbuchverlag) und „Kämpfe um Land – gut leben im postfossilen Zeitalter" (2011, Mandelbaum) veröffentlicht. Seit Juli 2011 ist er Vorstand der Ludwig-Bölkow-Stiftung in Ottobrunn.