Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 19

Artikel: Energie im Gebäude des 21. Jahrhunderts
Autor: Zimmermann, Markus
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85935

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Energie im Gebäude des 21. Jahrhunderts

Leicht überarbeitete Fassung des Referates, gehalten anlässlich des 6. Status-Seminars «Energie im Hochbau», am 5. September 1990, Zürich.

Gebäude sind äusserst langlebige Produkte. Die Gebäude, die wir heute bauen, werden vermutlich das Zeitalter der fossilen Energieträger überleben. Es lohnt sich deshalb, Gedanken darüber zu machen, welche Gebäude mit welchen Problemen und Chancen unsere Enkel von uns einmal erben werden. Am diesjährigen Status-Seminar über die Energieforschung im Hochbau, welches am 5./6. September 1990 an der ETH-Zürich stattfand, wurde deshalb von Mark Zimmermann, Leiter der Koordinationsstelle für Wärmeforschung im Hochbau an der EMPA, ein Referat über das Gebäude im 21. Jh. gehalten. Der nachfolgende, leicht gekürzte Beitrag soll zeigen, welche Chancen und Möglichkeiten durch eine Ausrichtung der Energieversorgung auf erneuerbare Energieträger für den Gebäudebereich bestehen.

VON MARKUS ZIMMERMANN, DÜBENDORF

Die Golfkrise hat uns wieder vor Augen geführt, dass die Energieversorgung nicht so gesichert ist, wie wir das gerne hätten. Auch wenn immer wieder neue vermutete Energiereserven gemeldet werden, so müssen wir uns doch unserer unerhörten Abhängigkeit bewusst sein. Die Erschöpfung der fossilen Energieträger steht zwar nicht unmittelbar bevor, sie ist jedoch im nächsten Jahrhundert absehbar, gekoppelt mit einer unwiderruflichen Veränderung der Umwelt. Einer Veränderung, deren endgültige Auswirkungen wir noch nicht kennen, die jedoch bereits heute von irreparablen Schäden begleitet ist.

Die Unbeschwertheit, mit der wir heute nicht erneuerbare Energien konsumieren, entspricht nicht der realen Situation, in der wir uns befinden. Eine Veränderung der Randbedingungen wird insbesondere den Gebäudesektor treffen. Einerseits weil wir in der Schweiz rund die Hälfte der Energie für die Gebäude verwenden, andererseits weil die Gebäude eine lange Lebensdauer aufweisen. Was wir heute bauen, bauen wir nicht für heute, sondern für das nächste Jahrhundert. Bevor wir bauen, sollten wir uns deshalb überlegen, welche Bedingungen an ein Gebäude zu stellen sind, das wir auch noch in 60 Jahren nutzen möchten.

Die nachfolgenden Überlegungen versuchen deshalb diese Randbedingungen aufzuzeigen. Sie basieren auch auf den Resultaten eines Work-Shops, welcher im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA) im Mai 1989 in Gersau durchgeführt wurde. Unter dem Titel «Buildings of the Future - Beyond 2025» diskutierten über 40 Experten aus 9 Ländern, welches die Anforderungen an zukünftige Gebäude sein könnten. Damit wollte man nicht mögliche Entwicklungen vorwegnehmen, sondern zu langfristigem Denken und entsprechendem Handeln anregen.

Die Veränderung der Energiesituation

Betrachten wir den Energieverbrauch der Industrienationen über die letzten 50 Jahre, so stellen wir eine erschrekkende Zunahme bei der Verbrennung fossiler Energieträger fest. Die Meinungen, wie sich diese Kurve in den nächsten Jahren entwickelt, gehen auseinander, jedoch nur, solange wir den Zeithorizont so eng sehen. Betrachten wir die Ausbeutung der fossilen Energieträger als Epoche der Geschichte der Menschheit, so wird klar, dass sie etwa so schnell wieder vorbei sein wird, wie sie gekommen ist. Wann dies genau ist, ist nicht so wichtig. Im Verhältnis zur Lebensdauer von Gebäuden wird dies eine relativ kurze Periode sein. Die Nutzungszeit vieler heute bestehender Bauten wird bis ins «Nach-fossile Zeitalter» hineinreichen. Wir sollten deshalb bereits heute Bauten realisieren, welche das Ende der nicht-erneuerbaren Energieträger unbeschadet überstehen werden. Denn abbrechen und neu bauen wird ohne die billige Energie von heute wesentlich teurer werden.

Die einzige echte Alternative zu unserer auf Konsum und Verbrauch basierenden Gesellschaft liegt in geschlossenen Kreisläufen, sowohl bezüglich Energie, Rohstoffen und Umwelt. Wir dürfen nicht weiterhin die Erde und ihre Atmosphäre gleichzeitig als Roh-

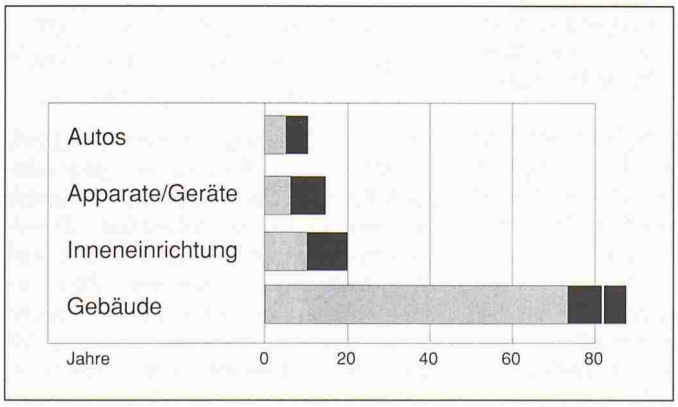

Bild 1. Die Nutzungsdauer verschiedener Güter. Gebäude haben gegenüber anderen Gebrauchsgütern eine extrem lange Nutzungsdauer. Wir sollten deshalb weniger für heute, sondern vermehrt für die Zukunft bauen

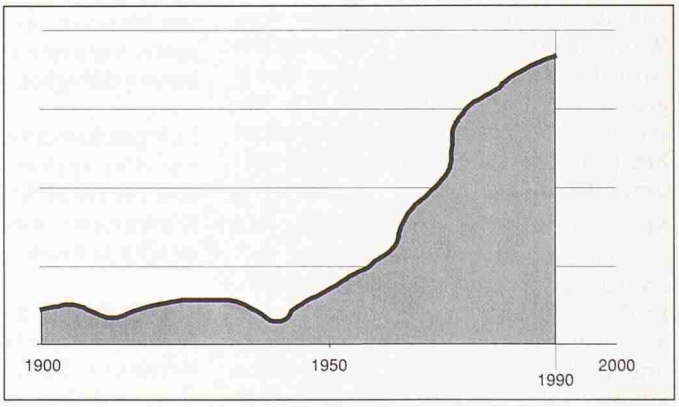

Bild 2. Zunahme des Verbrauches nicht erneuerbarer Energieträger (Öl, Gas, Kohle, Kernkraft) in der Schweiz

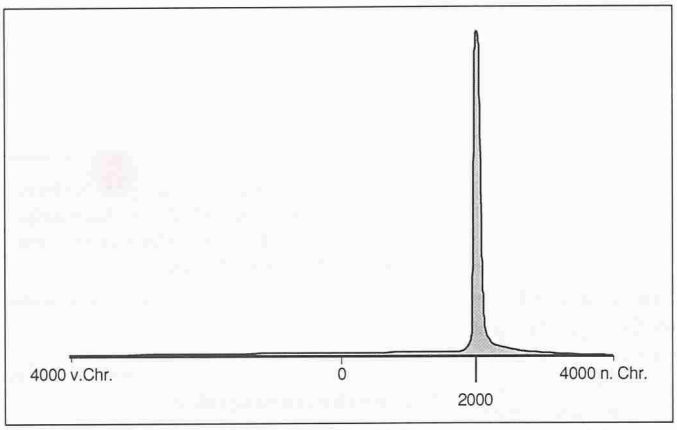

Bild 3. Der Verbrauch der fossilen Energieträger ist nur eine relativ kurze Episode der Menschheit. So unsicher die kurzfristigen Verbrauchsprognosen auch sind, die langfristigen sind es nicht!

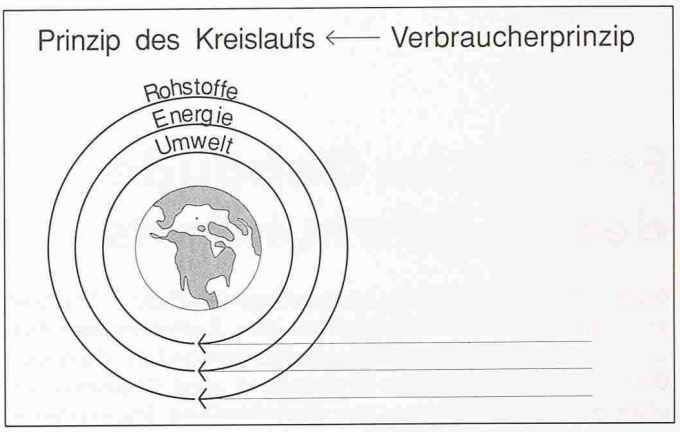

Bild 4. Unsere Gesellschaft zehrt heute von begrenzt vorhandenen Rohstoff- und Energiereserven und belastet damit die Umwelt (Verbraucherprinzip). Langfristig müssen wir uns wieder zu einem Gleichgewicht zurückfinden, das auf geschlossenen Kreisläufen basiert.

stofflieferant und Abfalleimer benutzen. Wir müssen wieder die Reversibilität unseres Tuns beachten.

Ist dies eine Utopie? Energieexperten aus den wichtigsten OECD-Ländern glauben es nicht. Zumindest im Gebäudebereich sind Lösungen in Sicht, die vollständig auf die Verbrennung fossiler Energieträger verzichten können. Die Umstellung muss natürlich nicht plötzlich erfolgen, denn mit jedem Anstieg der Energiepreise rücken nicht nur neue alternative Energiequellen näher, auch neue, teurere fossile Energieressourcen können erschlossen werden. Die Tatsache darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass wir ohnehin viele Jahrzehnte brauchen werden, um unsere Bausubstanz den neuen Anforderungen anzupassen. Es ist dringend notwendig, dass wir diese Aufgabe schon heute anpacken.

Wenn – wie zu vermuten ist – die Verfügbarkeit fossiler Energien im nächsten Jahrhundert abnimmt, werden bald einmal erneuerbare Energieträger den Preis bestimmen. Anstatt Öl werden Wasserstoff, Äthanole, Alkohole und Strom aus Wasserkraft und Photovoltaik die neuen Leitwährungen sein. Während einer längeren Übergangszeit wird sicher auch die verflüssigte Kohle grosse Bedeutung haben. Wir bzw. unsere Nachkommen werden gegenüber heute auf 3–5fache Energiepreise (real) umstellen müssen.

Mit dem Anstieg der Energiekosten werden sich auch die Anteile der verschiedenen Energiebezüger verändern. Es lässt sich dort am meisten einsparen, wo am einfachsten Verluste vermindert und die Kosten nicht überwälzt werden können. Gebäude weisen deshalb nach wie vor ein sehr grosses Sparpotential auf, wogegen dieses beim Verkehr und vor allem bei der Industrie geringer ist. Der Energieverbrauch für Gebäude könnte von rund 50% auf etwa 18% gesenkt werden (bezogen auf den heutigen Gesamtverbrauch). Einige bereits realisierte Gebäude zeigen, dass dieses Ziel ohne weiteres erreichbar ist. Allerdings haben wir auch Gebäude gebaut, die ein Zehnfaches verschlingen. Diese Gebäude zu sanieren, wird sehr aufwendig sein.

Auch beim Verkehr wird es Umstrukturierungen geben. Aber im grossen und ganzen wird – wie amerikanische Studien belegen – die Menschheit kaum freiwillig auf die einmal gewonnene Mobilität verzichten wollen. Eine Halbierung des Energiebedarfes für den Verkehr dürfte ungefähr realistisch sein. Irgendwann werden wir einmal auf Ersatztreibstoffe für Flugzeuge und Transporte umstellen müssen. Im Nah- und Schienenverkehr werden Elektro- und Hybridfahrzeuge eine wesentliche Rolle spielen.

Die geringsten Einsparungen sind im industriellen Sektor zu erwarten. Sicher gibt es auch hier noch gewaltige Energiesparpotentiale. Diese stehen jedoch meist in direkter Konkurrenz zu anderen Massnahmen, die häufig einen wesentlich grösseren Einfluss auf die Konkurrenzfähigkeit der Produkte haben.

Energieeinsparungen werden deshalb nur dort realisiert, wo die Energiekosten ins Gewicht fallen und wegen der Konkurrenz nicht einfach überwälzt werden können.

Sollten die Einsparungen auf allen drei Bereichen langfristig erzielt werden, würde sich der Energieverbrauch verglichen mit heute auf 45% verringern; eine Energiemenge, die vermutlich auch mit erneuerbaren, umweltschonenden Energieträgern gedeckt werden könnte.

Die Konsequenzen für den Gebäudebereich

Was bedeutet dies aber nun für Gebäude? Die dazu notwendigen Konsequenzen sind zum Teil sicher tiefgreifend. Für die verschiedenen Gebäudetypen sind sie jedoch recht unterschiedlich.

Historische Bauten, das heisst vor allem Gebäude, die vor oder um die Jahrhundertwende gebaut wurden, können und wollen wir nicht einfach abreissen. Der Substanzverlust für unsere Städte, aber auch für viele ländliche Gebiete wäre zu gross. Viele wurden schliesslich zu einer Zeit erstellt, als man noch nichts von fossilen Energiequellen wusste. Die Komfortansprüche sind zwar seither massiv gestiegen. Mit einer sanften Sanierung sollte es jedoch in den meisten Fällen möglich sein, eine Energiekennzahl um 400–500 MJ/m²a zu erreichen und gleichzeitig den Kom-

Baujahr	Wohnbauten		Bürobauten	
	Ist	Ziel	Ist	Ziel
<1900	650	500	520	400
1930	~700	350	~580	300
1965	850	300	800	250
1990	550	200	450	150
2025	150	100	100	~0

Tabelle 1. Energiekennzahlen in MJ/m²a für Wohn- und Bürobauten, gegliedert nach Baujahr. Der Ist-Zustand entspricht den heutigen bzw. zukünftigen Durchschnittswerten. Die Zielwerte zeigen, welche Werte anvisiert werden sollten, damit eine Energieversorgung mit erneuerbaren Energieträgern möglich wird. 100 MJ/m²a entsprechen einem jährlichen Verbrauch von ca. 28 kWh bzw. 3 Litern Heizöl pro m² beheizter Wohn- oder Bürofläche. Nicht enthalten ist die im Gebäude gewonnene Solarwärme und mit Photovoltaik erzeugte Elektrizität.

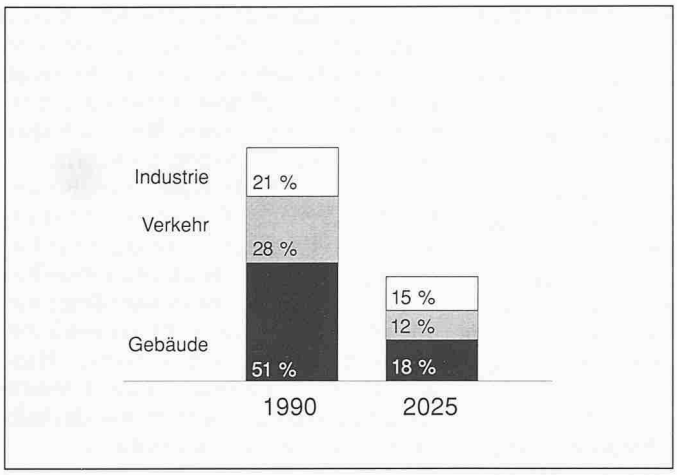

Bild 5. Aufteilung des schweizerischen Energieverbrauches heute (total = 100%) und mögliche Anteile davon im Jahr 2025. Die Darstellung macht deutlich, dass von den Gebäuden der wesentliche Anteil der Einsparungen kommen muss und kann.

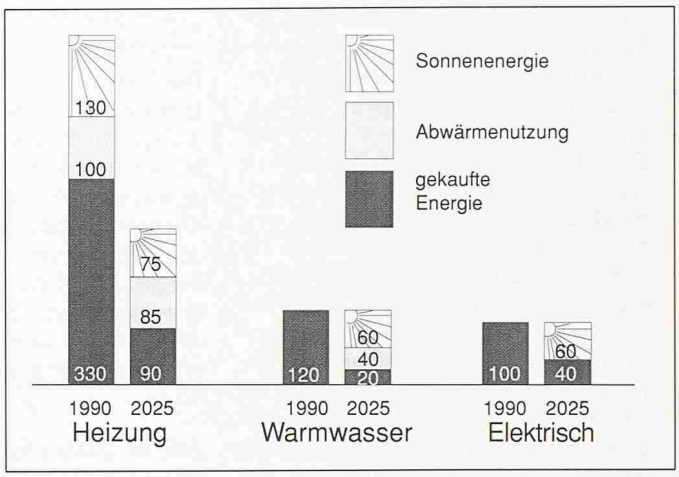

Bild 6. Wünschbare Veränderung der Energiequellen in Wohnbauten für Heizung, Warmwasser und Elektrisch. Die Werte in MJ/m²a zeigen auch den Anteil der Sonnenenergienutzung im Gebäude. Bei der Heizung wird dieser hauptsächlich durch passive Massnahmen, beim Warmwasser durch Sonnenkollektoren und beim Elektrisch durch Photovoltaik gedeckt.

fort und ursprünglichen Gebäudecharakter zu erhalten. Wo dies nicht möglich ist – z.B. bei historischen Bauten – sollten Umnutzungen, oder eine reduzierte Nutzung im Winter, ins Auge gefasst werden.

Gebäude der dreissiger Jahre weisen eine sehr unterschiedliche Bauqualität auf. Qualitativ gute Bauten lassen sich durchaus energietechnisch sanieren. Diverse Massnahmen, besonders an der Gebäudehülle, lassen sich einfacher realisieren als bei Bauten der Jahrhundertwende, so dass Energiekennzahlen von 350 MJ/m²a möglich sein sollten. Dagegen lohnt sich die Sanierung schlechter Bauwerke kaum. Sie sollten abgebrochen werden.

Ein Abbruch muss auch für viele Hochkonjunkturbauten der 60er Jahre ins Auge gefasst werden. Energetisch sind diese Gebäude häufig in einem katastrophalen Zustand, aber auch die Bauqualität lässt zu wünschen übrig. Auch wenn es schmerzt, dass grössere Teile dieses bedeutenden Gebäudeparks sinnvollerweise wieder abgebrochen werden, so ergibt sich dadurch neues verfügbares Bauland, das besser und sinnvoller genutzt werden kann. Es ist jedoch auch klar, dass der Entscheid ob abbrechen oder nicht, kaum je nur energetisch bedingt sein wird. Viel wichtiger sind die Nutzungsmöglichkeiten, die ein Neubau gegenüber dem bestehenden Gebäude bietet.

Die heutigen Gebäude sind in der Regel wärmetechnisch bereits wesentlich besser gebaut. Viele von ihnen werden Veränderungen in der Energieversorgung einigermassen überstehen. Aber auch die sogenannten Energiesparhäuser sind nicht für ewig gebaut. Man wird sie zu gegebener Zeit an die neueste Technik anpassen müssen. Nur bieten sie dazu wesentlich bessere Bedingungen als ältere Gebäude, so dass Energiekennzahlen um 200 MJ/m²a erreicht werden können. Allerdings gilt dies nicht für hochtechnisierte Bürohochhäuser, die bis zu 2500 MJ/m²a benötigen und bei denen der Komfort oft trotzdem zu wünschen übrig lässt. Wie wir diese Gebäude in 50 Jahren nutzen, ist fraglich, vielleicht als Mahnmal für die Auswüchse der Konsumgesellschaft.

Konzepte fürs nächste Jahrhundert

Der Weg zum Gebäude der Zukunft und zu einer Gesellschaft, die im wesentlichen wieder auf geschlossenen Kreisläufen basiert, bedeutet nicht einfach Einschränkung, sondern auch Herausforderung und Chance. Nebst der Energie- und Kostenseite ist heute vor allem die Umweltsituation entscheidend. Dabei ist die Energienutzung, solange sie hauptsächlich auf fossilen Energien basiert, die Hauptverschmutzungsquelle. Eine sinnvolle Nutzung der erneuerbaren Energien könnte die Umwelt schonen und würde den Treibhauseffekt vermeiden.

Als realistisches Ziel können bereits heute Lösungen im Wohnungsbau mit einem Energieverbrauch von 150 MJ/m²a anvisiert werden, und zwar ohne besondere solare Massnahmen. Mit Solarhäusern lassen sich sogar Werte um 100 MJ/m²a realisieren. Alle diese Gebäude könnten ohne weiteres mit erneuerbaren Energiequellen (Holz, Biomasse, Strom aus Wasserkraft und Photovoltaik usw.) betrieben werden. Selbst bei fünfmal höheren Energiepreisen würde der Bewohner nicht mehr für Energie ausgeben, als er es heute im Normalhaus tut.

Wie sieht nun aber das Haus der Zukunft aus?

- Architektonisch kann, aber muss es sich von heutigen Bauten nicht wesentlich unterscheiden.
- Die Bauhülle wird sehr gut isoliert (k-Werte um 0,2 W/m²K) und praktisch luftdicht sein. Wärmebrücken werden konsequent vermieden. Die Fenster-k-Werte liegen unter 1 W/m²K.
- Die Lüftung muss über ein mechanisches Zu- und Abluftsystem mit hervorragender Wärmerückgewinnung erfolgen. Die Fensterlüftung wird jedoch bei warmen Aussentemperaturen immer auch möglich sein.
- Für den stark reduzierten Heizenergiebedarf müssen flinke, mit Raumthermostaten gut regelbare Heizgeräte verfügbar sein, die eine gute Nutzung der passiven Sonnenenergiegewinne und der internen Wärmegewinne zulassen.
- Die Regelungstechnik wird an Bedeutung gewinnen. Dezentrale, «intelligente» Regler werden mit Hilfe der Mikroelektronik die Heizung, Lüftung und Beleuchtung den effektiven Bedürfnissen optimal anpassen und so den unnötigen Verbrauch auf ein Minimum reduzieren. Zentrale Leitsysteme werden zudem bei grösseren Anlagen den Betrieb der verschiedenen Bereiche überwachen und koordinieren.
- Ein allfälliger Kühlbedarf, der bei Solarhäusern im Sommer möglich ist, kann mit passiven Mitteln, z.B. Luftkühlung über das Erdreich, gedeckt werden.
- Für das Warmwasser können Aktiv-Solaranlagen oder Wärmepumpen-

boiler eingesetzt werden. Sowohl für die Heizung wie für das Warmwasser ist soweit wie möglich auf die Verwendung von Elektrizität zu verzichten.

- Der Stromverbrauch muss drastisch reduziert werden. Die Verwendungsmöglichkeiten für Elektrizität werden in Zukunft jedoch weiterhin zunehmen. Nebst dem Einsatz sparsamer und bedarfsabhängig geregelter Elektrogeräte wird vor allem die photovoltaische Stromerzeugung an Bedeutung gewinnen. Verschiedene neuere Entwicklungen deuten auf eine langfristig massive Verbilligung der Photovoltaik hin, und auch Lösungen zur chemischen Speicherung der Sommerüberschüsse sind in Sicht. Mehr als die Hälfte des Stromverbrauches sollte in Zukunft im Wohnungsbau mit Photovoltaik selbst erzeugt werden.

Die Elektrizitätswerke werden in Zukunft nicht nur Stromlieferanten, sondern auch Dienstleistungsbetriebe sein. Sie werden vermehrt Überschüsse aus dezentralen Photovoltaik- und Wärme/Kraftkopplungsanlagen aufkaufen und den Bezügern vermitteln. Grosse Brennstoffzellenwerke, die saisonal überschüssigen Strom in Wasserstoff umwandeln, werden in Zukunft vermutlich anstelle neuer Kraftwerke gebaut.

Alle für zukünftige Gebäude notwendigen Techniken sind im Prinzip bereits heute realisierbar. Es ist jedoch klar, dass sie für eine verbreitete Anwendung vor allem im Preis/Leistungs-Verhältnis noch verbessert werden müssen.

Es ist jedoch wichtig, dass wir bereits heute für die Zukunft planen und bauen. Gebäude weisen eine sehr lange Lebensdauer auf und werden die meisten von uns überleben. Wenn wir dies berücksichtigen, werden wir schrittweise, ohne wesentliche Komforteinbussen und zu tragbaren Kosten, auf eine erneuerbare Energieversorgung und ökologisch vertretbare Bauweise umstellen können. Bis dahin ist es allerdings ein noch langer Weg, auf dem wir noch mit Unmengen von Schadstoffen, Bauschutt und Sondermüll unsere Umwelt schädigen werden. Warten wir deshalb nicht länger, packen wir es an!

Adresse des Verfassers: *M. Zimmermann*, dipl. Arch. ETH/SIA, EMPA, 8600 Dübendorf.

ERS-1 (European Remote Sensing Satellite)

Europäischer Erdbeobachtungssatellit

Die Mission des ersten Europäischen Fernerkundungssatelliten wird in Zielsetzung, technischer Realisierung und in der Bedeutung für die weiteren Zukunftspläne der Europäischen Erdbeobachtung dargestellt. Der European Remote Sensing Satellite (ERS-1) erfasst die globalen Kreisläufe von Wasser und Wärme in den Meeren, überwacht die arktischen und antarktischen Eisbedeckungen, ortet Eisberge, meldet Änderungen der Erdoberfläche, liefert Daten über den klimabeeinflussenden Energieaustausch zwischen Bodenoberfläche und Atmosphäre, registriert dynamische Prozesse in küstennahen Gewässern und hilft beim Lokalisieren von Meeresverschmutzungen. Ferner wird durch genaue Beobachtung seiner Umlaufbahn eine genauere Erfassung des ozeanografischen Geoides (aus dem Schwerefeld hergeleitete mathematisch vereinfachte Erdfigur) ermöglicht. Dies sind wichtige Beiträge für die Lösung brennender Umweltprobleme, und mit der Bewältigung dieser technologischen Herausforderung setzten europäische Wissenschafter, Forscher und Ingenieure für die neunziger Jahre einen Meilenstein der Erdbeobachtung aus dem Weltraum.

Einführung

Die unterschiedlichen Systeme der Litho-, Hydro-, Bio- und Atmosphäre sind in mannigfacher Weise gekoppelt. Zum

VON MEN J. SCHMIDT, GOSSAU, UND DANIEL R. NÜESCH, ZÜRICH

Teil bestehen sehr enge Wechselwirkungen, und der Mensch hat erwiesenermassen im vergangenen Jahrhundert auf entscheidende Weise seine Umwelt beeinflusst. Er greift immer massiver durch industrielle und landwirtschaftliche Produktionen in die Kreisläufe der Atmosphäre, der Landmassen und Ozeane ein. Er ist sich wohl bewusst, dass er einen bestimmten, eventuell verhängnisvollen Prozess in Gang gesetzt hat, aber seine heutigen Kenntnisse über die Beziehungen der einzelnen Teilsysteme und im besonderen über den Einfluss des Menschen auf das Gesamtsystem Erde sind noch sehr spärlich. Obwohl schon einige Simulationen existieren, von denen er sich Aufschluss über Veränderungen seiner Umwelt erhofft, ist er in Zukunft dringend auf zuverlässige Daten des Ist-Zustandes angewiesen, die es ihm erlauben, mit genügender Genauigkeit Modellrechnungen durchzuführen, welche uns die zukünftigen «Trends» aufzeigen könnten. Da es sich hier um grossräumige, ja globale Fragen handelt, drängt sich der Einsatz von Satelliten nachgerade auf, die in idealer Weise sowohl das Beobachten der Erdoberfläche als Gesamtheit (Synoptik) als auch das rasche wissenschaftliche Erfassen von Einzelerscheinungen ermöglichen.

Das Erdbeobachtungsprogramm der Europäischen Weltraumorganisation ESA hat sich zum Ziel gesetzt, auf dem Gebiet der Umweltbeobachtung einen Beitrag zu leisten und mit dem Start des ERS-1 als Vorläufer einer Reihe europäischer Fernerkundungssatelliten in den 90er Jahren einen Anfang gemacht.

Die gesammelten Daten des ERS-1-Satelliten werden erstmals tiefe Einblicke in die physikalischen, biologischen und anderen Zustandsgrössen von Land, Wasser und Luft vermitteln. Damit wird eine breite Palette von Disziplinen wie Meteorologie, Klimatologie, Atmosphärenphysik, Hydrologie, Ozeanographie, Glaziologie, Geologie, Geographie, Land- und Forstwirtschaft in die Lage versetzt, Einzeldaten von lokaler, regionaler und globaler Bedeutung zu verknüpfen.