

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 109 (1991)
Heft: 37

Artikel: Photovoltaik - Gebäudebestandteil im Jahr 2010
Autor: Jehle, Felix
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-86010>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 18.03.2025

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

derungen an die Erhaltung der Grundwasserqualität zu erfüllen. Erscheint die Gefährdung des Grundwassers als zu hoch, ist auf eine künstliche Meteorwasser-Versickerung zu verzichten.

Die Tabelle 5 zeigt eine Auflistung der von verschiedenen Flächen anfallenden Meteorwässer. Ihr potentieller Verschmutzungsgrad nimmt in der Tabelle von oben nach unten zu. Die Tabelle gilt nur für Flächen, die nicht im Einflussbereich unzulässiger Luft-Emitenten liegen. Dort, wo übermässige Immissionen gemäss LRV vorhanden sind, hat die Tabelle keine Gültigkeit. In solchen Gebieten ist die Versickerung für jeden Einzelfall zu prüfen und, wenn überhaupt, nur sehr restriktiv zuzulassen. Zudem setzt die Tabelle voraus, dass die Vorschriften der Störfallverordnung eingehalten sind.

Im weiteren wird auf der Tabelle die Zulässigkeit der Meteorwasser-Versik-

kerung in den Schutzzonen SI bis SIII und den Gewässerschutzbereichen Zonen A, B und C für verschiedene gängige Versickerungs-Systeme dargestellt. Bei der Versickerungs-Art wird unterschieden zwischen:

- diffuse Versickerung über die belebte Bodenschicht,
- diffuse Versickerung innerhalb der Deckschichten,
- konzentrierte Versickerung in der durchlässigen, sickerfähigen Schicht.

Als Grundsatz geht aus der Tabelle hervor, dass die Anforderungen an die Versickerungs-Anlage bzw. an die erwünschte Qualität des zu versickernden Meteorwassers in der Zone S am grössten sind und sich in Richtung Gewässerschutzbereich Zone B und C abschwächen. Im übrigen ist darauf hinzuweisen, dass bei der Prüfung des Ausnahmefalles (b in der Tabelle) insbesondere zu berücksichtigen sind:

- Flurabstand des Grundwasserspiegels/verbleibende Sickerstrecke unter der Versickerungs-Anlage,
- Verschmutzungsgefahr an der zu entwässernden Fläche (diese kann z.B. bei Industriebauten erhöht sein),
- Art der Vorreinigung,
- Platzverhältnisse (wenn möglich ist die diffuse Versickerung immer den konzentrierten vorzuziehen).

Adressen der Verfasser: *D. Hartmann*, dipl. Geol., Mühlerain, 3210 Kerzers; *Dr. T. Kempf*, Geologisches Büro Dr. Heinrich Jäckli, Limmattalstrasse 289, 8049 Zürich; *Dr. H. Keusen*, Geotest, Birkenstrasse 15, 3052 Zollikofen; *Dr. H. Krüss*, Kant. Amt für Wasserwirtschaft, Rötihof, 4500 Solothurn; *E. Müller*, dipl. Geogr., Büchi + Müller AG, Zürcherstrasse 34, 8500 Frauenfeld; *Dr. N. Sieber*, Sieber, Cassina + Partner, Langstrasse 149, 8004 Zürich; *R. Studer*, dipl. Ing. ETH, Kiefer + Studer AG, Winkelstrasse 20, 4153 Reinach.

Photovoltaik - Gebäudebestandteil im Jahr 2010

Diese Fachtagung vom 16. April 1991 in Muttenz wurde von der SIA-Sektion Basel und unter dem Patronat der Bau- und Umweltschutzdirektion des Kantons Basel-Landschaft durchgeführt. Rund 350 Architekten und Ingenieure aus dem In- und nahen Ausland nahmen daran teil. In 13 Fachbeiträgen wurde der Stand der Photovoltaiktechnik aufgezeigt und an einigen ausgeführten Beispielen in der Praxis vorgeführt.

Auch diese Chance müssen wir nutzen

Baudirektor *Eduard Belser* sieht in der Energieerzeugung durch Photovoltaik einen Weg unter anderen, den wir auch beschreiten müssen.

VON FELIX JEHLE,
GELTERKINDEN

Die Nutzung der Elektrizität ist heute eine Selbstverständlichkeit. Besondere Bedeutung hat die Elektrizität für uns alle, weil sie von enorm hoher Qualität ist und sich in alle anderen Energieformen, z.B. in Licht oder Antriebsenergie von Geräten (natürlich auch direkt in Heizenergie), umwandeln lässt. Es erstaunt deshalb wenig, dass ohne diese «Schlüsselenergie» bei unserem modernen Lebensstil nichts mehr läuft.

Der Elektrizitätsverbrauch steigt landauf, landab trotz vielen Sparbekennt-

nissen immer noch an. Die zusätzliche Bedarfsdeckung ist je länger je schwieriger und kostspieliger. Kernkraftwerke möchten wir abbauen, die zusätzliche Wasserkraftnutzung hat enge Grenzen, der wachsende Strombezug aus dem Ausland ist längerfristig auch nicht akzeptabel, und Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen benötigen trotz sehr guten Umwandlungswirkungsgraden fossile Energie, welche auch nicht schadstofffrei in Wärme und Strom umgewandelt werden kann.

Ist diese Situation die Chance für die Photovoltaik? Sicher ist es eine Chance, die wir nutzen müssen, ein Weg, den wir auch beschreiten müssen, um aus der Sackgasse herauszukommen. Mit dieser Elektrizitätsproduktions-Technik haben wir die Chance, die Stromproduktion von der Umweltbelastung zu entkoppeln. Eine noch bessere Umweltbelastungsbilanz weist die rationale Elektrizitätsanwendung auf, weshalb trotz «Schönheit» der Photovoltaik die-

ser mehr Beachtung geschenkt werden muss.

Neuartige Lösungen sind vorstellbar

«Ich selber bin kein Energiespezialist», sagte der Präsident des SIA Basel, *Peter Rapp*. Er arbeitet nämlich im weiten Feld der Verkehrsplanung. Trotzdem stellte er ein paar Erwartungen oder Visionen aus seiner Sicht dar:

In den letzten Jahren hat der Energieverbrauch im Verkehrssektor sowohl absolut als auch im Verhältnis zu anderen Verbrauchsgruppen enorm zugenommen. Selbst wenn es uns gelingt, unsere Mobilität auf ein verträgliches Mass zu reduzieren, ja sogar Anteile vom Individualverkehr auf den öffentlichen Verkehr umzulagern, bleibt ein grosser und wohl auch langfristig nicht mit erneuerbarer Energie zu deckender Bedarf bestehen. Könnte dabei nicht auch im öffentlichen Verkehr die Photovoltaik vermehrt ihren Beitrag leisten? Ist es verwegen, sich Bahnhöfe vorzustellen, auf deren Perrondächern der Strom für den Betrieb der Beleuchtung, der Belüftung und der Nebenanlagen erzeugt wird? Oder Lärmschutzwände längs der Bahntrassees, deren Hülle als zweite Nutzung Solarstrom produziert, analog dem Pilotprojekt mit Lärmschutzwänden entlang der Autobahn N13 bei Chur?

Bei der Bedienung dünn besiedelter Räume, d.h. im sogenannten Verkehr in der Fläche, stösst der öffentliche Verkehr (ÖV) an ökonomische und ökologische Grenzen. Möglicherweise können elektrobetriebene Kleinfahrzeuge hier die Lücke füllen und stellen das wesensgerechte Verkehrsmittel zur Erschliessung dieser Räume dar. Dies würde bedeuten, dass wir an den Übergangspunkten, wo die fein verästelten individuellen Verkehrsströme auf den gebündelten ÖV-Strom umgeleitet werden sollen, Park-and-Ride-Anlagen mit Photovoltaik-Tankstellen bereitstellen sollten.

Mit diesen Beispielen soll angedeutet werden, dass man sich auf vielen Gebieten neuartige Lösungen vorstellen kann.

Solarzellen für den Weltmarkt und neue Technologien

Regenerativen Energiequellen als potentielle Ergänzung oder gar Ersatz herkömmlicher Energieträger wird in letzter Zeit in der öffentlichen Diskussion erhebliche Bedeutung beigemessen. Dietrich Stahl, Vorsitzender der Geschäftsführung der Siemens Solar GmbH, räumte aber ein, dass die Erwartungen die heutigen technisch-wirtschaftlichen Möglichkeiten oft weit übersteigen.

Technologie von Solarzellen

Wie bei jedem Prozess ist auch die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in Elektrizität aus physikalischen Gründen mit Verlusten behaftet. Laborwirkungsgrade von über 20% wurden bis heute mit kristallinem Silizium erreicht.

In Bild 1 sind die wichtigsten Modultechniken mit Materialangaben, Leistungen und Herstellungsverfahren zusammengestellt. Vereinfacht lassen sich diese in Dickschicht- (z.B. aus kristallinem Silizium) und Dünnschichtzellen (z.B. aus amorphem Silizium) unterscheiden. Dank der frühen Anwendung der kristallinen Solarzelle in der Raumfahrt weist diese Technologie einen Entwicklungsvorsprung gegenüber der amorphen Technik auf. Die Herstellung geschieht folgendermassen: Silizium wird in Blöcke gegossen und in Scheiben mit einer Dicke von 0,4 mm gesägt. Aus Kostengründen wird versucht, ein Siliziumband durch ein besonderes Verfahren direkt aus der Schmelze zu ziehen und nach der Abkühlung geteilt direkt zu Solarzellen zu verarbeiten. Kostensenkungen sind nur beim Einsatz in industriellem Massstab zu erwarten.

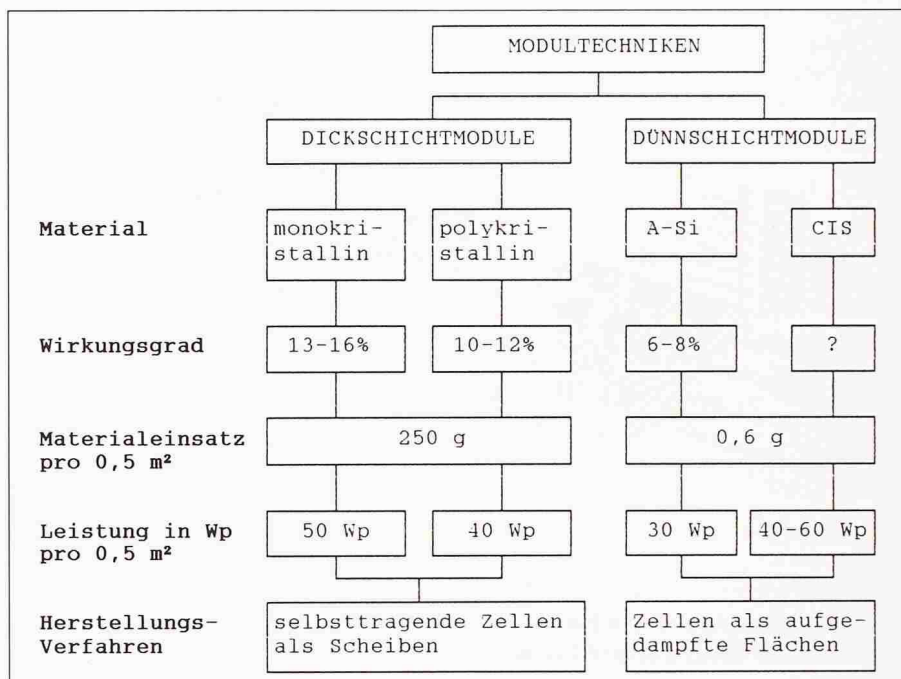


Bild 1. Die wichtigsten Solarzellentypen

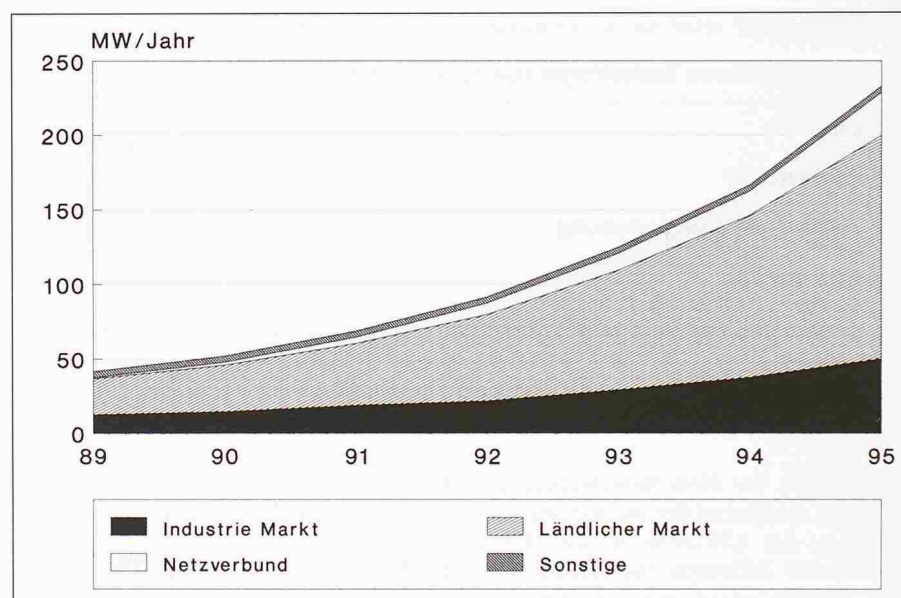


Bild 2. Photovoltaik-Marktwachstum weltweit (Quelle: Strategies Unlimited, 1990)

Schon früh wurde nach Techniken gesucht, die hohen Sägeverluste zu vermeiden und die aktive Schichtdicke zu minimieren, um so das teure Ausgangsmaterial Silizium sparsamer einsetzen zu können. Die Verfahren zur Herstellung von extrem dünnen Solarzellen aus amorphem Silizium sind heute am weitesten entwickelt.

Als Schichtträger für die etwa 1 µm dicke amorphe Siliziumschicht wird Glas verwendet, welches die Glimmentladungstemperatur von 250 °C aushält. Die Schichtdicke kann dank des besonders guten Absorptionsverhaltens dünner gewählt werden als mit der kristallinen Zelle. Die Kostenvorteile dieser Zellen werden erst in Zukunft, bei Fer-

tigung im industriellen Massstab, erreicht werden.

Zusätzlich zu Dünnschichtzellen aus Silizium wurden in den letzten Jahren eine Anzahl weiterer Materialverbindungen untersucht: die Verbindungshalbleiter. So nennt man Zellenmaterial, dessen aktive Schicht aus unterschiedlichen Werkstoffen zusammengesetzt ist (z.B. Gallium-Arsenid, Cadmiumsulfid/Kupfersulfid, Kupfer-Indium-Diselenid, Silizium-Germanium).

Von der Vielzahl der möglichen Kombinationen werden insbesondere die Kupfer-Indium-Diselenid-Zellen (CIS) als entwicklungsfähig eingestuft. Dank dem noch besseren Absorptionsver-

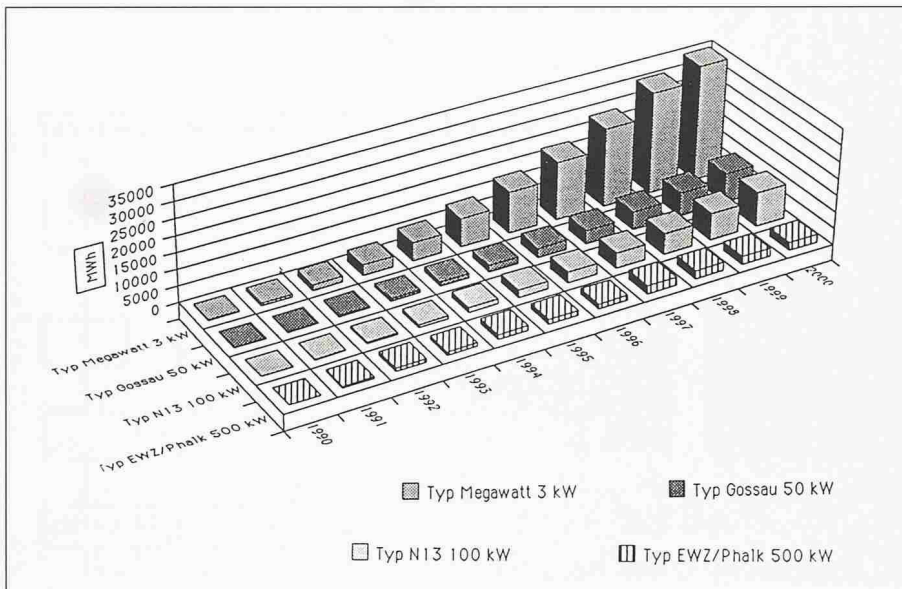


Bild 3. Wachstumsrate verschiedener Solarkraftwerkstypen für 0,5% Solarstromproduktion im Jahr 2000 (Quelle: Alpha Real AG)

Finanzierung durch Innovationsrapen	1 Rp / kWh
Jährlicher Betrag : 45 GWh mal 1 Rp = 450 Millionen; Total über 10 Jahre : 4,5 Milliarden	
Kapital für neue Technologien bis zum Jahre 2000	4.5 Milliarden
gegliedert in:	
• Photovoltaik	2.5 Milliarden
• verbesserte Energienutzung	1.5 Milliarden
• Elektroautos	0.25 Milliarden
• andere Energien/Umwelttechnologien wie Speicher ect.	0.25 Milliarden

Bild 4. Finanzierungs-konzept für 0,5% Solarstromproduktion bis zum Jahr 2000 (Quelle: Alpha Real AG)

ten genügen für diese Schichtdicken 2 bis 3 µm. Aufgrund der intensiven Entwicklung der CIS-Zelle in den USA stellt dieser Zellentyp mit bereits über 10% Wirkungsgrad eine interessante Ergänzung bzw. Alternative zur amorphen Silizium-Solarzelle dar.

Durch die Kombination mehrerer Dünnschichtzellen unterschiedlicher Charakteristik zu sogenannten Tandemzellen lässt sich die Strahlungsenergie der Sonne noch besser ausnutzen. Tandemzellen lassen erwarten, dass sich in absehbarer Zeit auch für Leistungsanwendungen die heute üblichen Dickschichtzellen durch kostengünstigere Dünnschichtzellen (mit vergleichbarem Wirkungsgrad) ersetzen lassen.

Entwicklung des Photovoltaik-Weltmarktes

Das Wachstum des Photovoltaik-Marktes ist extrem hoch (Bild 2). Die Welt-nachfrage hat sich in den letzten drei Jahren verdoppelt und erreichte 1990 eine Jahreskapazität von rund 50 MW

Modulleistung. Mit einer weiteren Verdoppelung wird bis 1992 gerechnet. Bis 1995 rechnet man mit einem weltweiten Marktvolumen von rund 250 MW.

Weiterhin wird der sogenannte ländliche Markt (Dritte Welt) der bedeutendste bleiben, gefolgt vom Industriemarkt (Versorgung von Fernmeldeeinrichtungen, kathodische Korrosionsschutzanlagen bei Pipelines, Bojen, Leuchttürmen usw.) und dem neuen Markt der kleinen und mittleren Anlagen zur direkten Netzeinspeisung, speziell in Europa.

Wachstumsmodell für Moratorium

Die begrenzten Ressourcen dieses Planeten zwingen uns zu einer Ära eines neuen, global auf die Umwelt abgestimmten Wirtschaftssystems. Eine mit der Umwelt verträgliche und dauerhafte Entwicklung muss Vorrang vor einer

auf reines Wachstum und Konsum abstellenden Gesellschaft erhalten. Diese Wirtschaftsform wird mit den natürlichen Ressourcen schonender umgehen müssen, als das bisher der Fall war. Im Schnittpunkt dieser Umweltproblematik und der industriellen Entwicklung liegt die Frage der Energieversorgung. Diese wird damit zu einem Schlüsselfaktor.

Markus Real, Geschäftsleiter der Alpha Real AG, verfasste 1984 und 1988 zuhanden des Bundesamtes für Energiewirtschaft zwei Studien, die ein Photovoltaik-Potential von rund 10% des elektrischen Stromkonsums in der Schweiz ausweisen. Trotz des grossen möglichen Anteils kann diese junge Energietechnik bis heute – im Abwind tiefer Ölpreise – «nicht abheben». Hohe Preise verunmöglichen eine breite Markteinführung und damit ein industrielles Volumen, welches Voraussetzung ist für tiefere Energiegestehungskosten, verglichen mit konventionellen Energieträgern.

Welche Ziele können in der kurzen Frist bis zur Jahrtausendwende erreicht werden? Die Antwort lautet: Trotz ungünstiger Ausgangslage müssen Bedingungen geschaffen werden, die der Photovoltaik ein industrielles Volumen bringen. In Bild 3 sind die Resultate für folgende Ziele dargestellt:

- 0,5% Solarstrom im Jahr 2000,
- industrielles Volumen bei allen Photovoltaik-Komponenten,
- Senkung der Stromgestehungskosten unter 45 Rp./kWh.

Ein ambitionöses Programm – und doch: Ein nur halbherziges Engagement wird dieser Technologie nicht zum Durchbruch verhelfen. Soll diese Photovoltaik in 30 bis 40 Jahren substantiell zur Elektrizitätsproduktion in der Schweiz beitragen, ist es nun an der Zeit, diesen «Startschuss» auszulösen.

Es wäre allerdings eine Illusion anzunehmen, dass diese Entwicklung ohne den Einsatz finanzieller Mittel erreicht werden kann, vor allem nicht im Schlepptau der tiefen Erdölpreise. Eine mögliche Finanzierung wird mit einem «Innovationsrapen» – erhoben auf die Strompreise – vorgeschlagen (Bild 4). Mit einem solchen Programm könnte erreicht werden, dass die kommenden zehn Jahre nicht nur eine Denkpause sind, sondern dass eine zukunftsweisende Innovation und Entwicklung im Elektrobereich in Gang gesetzt wird.

Aktivitäten des Bundes

Jürg Gfeller, Chef der Sektion Energietechnik des Bundesamtes für Energie-

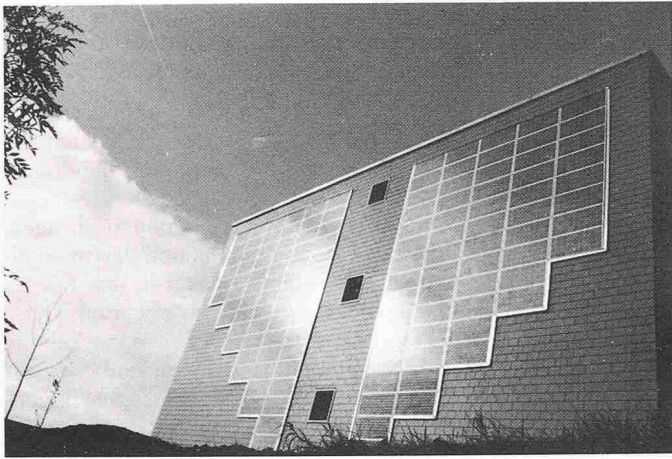


Bild 6. Über 500 m² Photovoltaikpaneele in den Shed-Oberlichtern einer Fabrikanlage

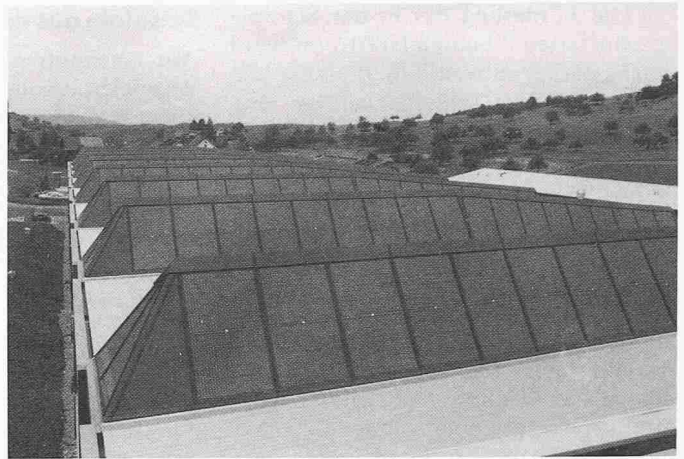


Bild 5. 60 m² Paneele für ein Fassadenkraftwerk an einem Wohngebäude

wirtschaft (BEW), erläuterte, dass durch die Annahme des Energieartikels Bund und Kantone zu einer wesentlich aktiveren Politik auf dem Gebiet der rationellen Energieverwendung und zur Förderung der erneuerbaren Energien aufgerufen sind.

Der Energieartikel bringt an sich den Bundesstellen noch keine neuen Kompetenzen. Hierzu ist ein Energiegesetz notwendig, das erst in einigen Jahren in Kraft treten kann. Die klare Kundgebung des Volkes bei der Abstimmung vom 23. September 1990 hat jedoch verschiedenes ins Rollen gebracht.

Aktionsprogramm «Energie 2000»

Vier Hauptstossrichtungen hat Bundesrat Ogi in diesem Programm angekündigt:

- Stabilisierung des fossilen Energieverbrauchs bis zum Jahr 2000 und anschliessende Senkung,
- Dämpfung des Elektrizitätsverbrauchs-Zuwachses bis ins Jahr 2000 und anschliessende Stabilisierung,
- deutliche Steigerung der Beiträge der erneuerbaren Energien an der Produktion,
- Realisierung des umweltgerechten Ausbaus der bestehenden Wasserkraftwerke und der geplanten Leistungserhöhungen in bestehenden Kernkraftwerken.

DIANE

Das Programm DIANE (Durchbruch innovativer Anwendungen neuer Energietechniken) als Bestandteil von «Energie 2000» soll von der technischen Seite her einen Beitrag zu dessen Zielerreichung leisten. Im Rahmen dieses Programms sollen Baukastensysteme für rationelle Photovoltaik-Installationen unterstützt werden (mit rund 3 Mio. Fr. von 1991 bis 1995). Ziel ist es,

eine Kostensenkung für gängige Montagesituationen zu erreichen.

Umsetzungsprogramm

Das Umsetzungsprogramm (im Rahmen von «Energie 2000») verstärkt im Bereich Photovoltaik die Gebiete der Information, Beratung, Aus- und Weiterbildung. Daneben sollen einige Pilot- und Demonstrationsanlagen erstellt werden.

Energienutzungsbeschluss

Noch 1990 wurde der Energienutzungsbeschluss vom Parlament verabschiedet. Dieser trat auf den 1. Mai 1991 in Kraft und bringt, abgestützt auf den Verfassungsartikel, dem Bund verschiedene neue Kompetenzen und Aufgaben, auch im Bereich der Photovoltaik.

Art. 7: Anschlussbedingungen

Aufgrund dieses Artikels sind die Elektrizitätswerke verpflichtet, Strom, der in einer photovoltaischen Anlage erzeugt und vom Erzeuger nicht selber gebraucht wird, abzunehmen und hierfür einen Preis zu zahlen, der sich nach den Grenzkosten richtet.

Art. 12: Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien

Aufgrund dieses Artikels wird der Bund in Zukunft Beiträge an jede neu erstellte Photovoltaikanlage ausrichten können. Zurzeit werden die Modalitäten, wie ein solches Förderungsprogramm abgewickelt werden soll, erarbeitet. Es ist geplant, diese Bestimmungen auf Mitte dieses Jahres in Kraft zu setzen.

Art. 10: Forschung und Entwicklung

Mit der Erweiterung der Kompetenz, Pilot- und Demonstrationsanlagen (P+D) auch ausserhalb des Bundesbereiches unterstützen zu können, ist ein wichtiges Postulat verwirklicht worden.

Ein P+D-Komitee beurteilt die eingehenden Gesuche nach festgelegten Kriterien.

Art. 9: Aus- und Weiterbildung

Das BEW plant, eine «Zentralstelle für berufliche Aus- und Weiterbildung im Energiebereich» zu schaffen. Das Ausbildungsangebot wird auch die erneuerbaren Energien umfassen.

Art. 8: Information und Beratung

In enger Zusammenarbeit mit den Kantonen sollen die bereits bestehenden Informationsaktivitäten (Infosolar, Infoenergie, regionale Energieberatungsstellen) in einer Organisation vereint werden. Der Bauherr und Architekt, der eine Photovoltaikanlage realisieren möchte, kann so noch umfassender beraten werden.

Photovoltaik setzt rationelle Elektrizitätsanwendung voraus

Einen leichten «Gegenpol» zu den doch recht euphorischen Beiträgen der Vorredner setzte Hansjürg Leibundgut mit seinen «13 Sätzen». Er plädierte dafür, vermehrt dem vernetzten Denken gerecht zu werden und die rationelle Elektrizitätsanwendung vor die neue Produktion zu stellen. Seine Thesen können in zwei Schwerpunkte zusammengefasst werden:

Tagungsband

Alle Vorträge sind in der SIA-Dokumentation 07 «Photovoltaik - Gebäudebestandteil im Jahr 2010, Tagung vom 16. April 1991» abgedruckt: 14 Vorträge auf 94 S. im A4-Format mit Abbildungen. Erhältlich bei: SIA, Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, Postfach, 8039 Zürich, oder bei: Infosolar, Postfach 311, 5200 Brugg.

□ Die Förderung des in der Schweiz produzierten Photovoltaikstroms wird nicht stärker subventioniert als die eingesparten kWh. Da hiermit bei Neu- und Umbauprojekten mit der Grenzkostenmethode operiert werden muss, werden diejenigen Massnahmen als nächstes realisiert, die billigeren Strom liefern bzw. mit tieferen Stromkosten realisiert werden können.

□ Für jeden in der Schweiz erstellten Quadratmeter Photovoltaikfläche werden in Entwicklungsländern vier Quadratmeter aus einem zu bildenden Fonds durch die Schweiz erstellt.

Bericht über die 8. Internationale Konferenz über Wind

Die 8. Internationale Konferenz über Wind fand vom 8. bis zum 12. Juli 1991 in London/Ontario (Kanada) statt. Die Universität von Western Ontario ist im Zusammenhang mit Wind eine äusserst traditionsreiche Stätte. Mehrere epochemachende Anstösse kamen aus dem Umfeld von Dr. Alan Davenport und seinen Leuten, die alle eine reiche Erfahrung mit Windproblemen und Grenzschichtwindtunneln vorweisen können.

Es ist daher auch kein Zufall, dass Alan Davenport als Chairman dieser Konferenz, die alle vier Jahre stattfindet, gewirkt hat. Ich habe ihm einige kritische Fragen zu diesem Grossanlass gestellt: Mein Eindruck war, dass seit der letzten Konferenz von Aachen kein grosser Fortschritt auszumachen ist, wenn man davon absieht, dass heute viel mehr Leute in der Lage sind, Grenzschichtuntersuchungen und Feldmessungen durchzuführen.

Alan Davenport konnte mich da eines Besseren belehren. Messgeräte und Computer haben dazu geführt, dass an bestehenden Gebäuden tausend Messstellen praktisch gleichzeitig erfasst werden können. Dadurch ist es gelungen, den dynamischen Staudruck an Gebäuden sichtbar zu machen. Physikalische Modellvorstellungen können nun verifiziert und teilweise auch korrigiert werden. Die moderne Ausrüstung ermöglicht es auch, wichtige Einzelereignisse wie Gewitterstürme oder Tornados zu untersuchen und sie damit der Berechnung ebenfalls zugänglich zu machen.

Bisher haben allerdings Windingenieure zu wenig dahin gewirkt, dass ihre Erkenntnisse in den Entwurf der Architekten und in die Bemessung der Ingenieure einfließen. Wie konnte es sonst geschehen, dass Hurrikane zwar genau analysiert werden können, Massnahmen und Widerstände der Tragwerke jedoch im-

Beispiele aus der Praxis

Am Nachmittag der Tagung wurden Beispiele aus der Praxis vorgestellt. Diese reichten vom Fassadenkraftwerk im Wohngebäude (Bild 5) bis zur echt integrierten Photovoltaikanlage im Industrie- und Dienstleistungsbereich.

Das eindrucklichste Beispiel war ein Fabrikneubau in Arisdorf BL, wo auf der Südseite der Shed-Oberlichter über 500 m² Photovoltaikpaneele installiert worden sind und in der Bürofassade weitere rund 80 m² (Bild 6).

Adresse des Autors: F. Jehle, El.-Ing. HTL, NDSE, Marktgasse 15, 4460 Gelterkinden.

mer noch ungenügend sind? Alan Davenport sucht einen Teil der Schuld bei den Windingenieuren selber: «Die Trennung des Wesentlichen vom Unwesentlichen fehlt weitgehend. Eine effiziente Bemessung ist aber nur auf diesem Weg erreichbar. Es ist zudem leicht, Probleme kompliziert zu machen. Das führt dazu, dass für das letzte Prozent an Verbesserungen 99% der Energie und der Köpfe eingesetzt bzw. absorbiert werden.» Seiner Meinung nach geht es darum, komplizierte Windprobleme für den praktisch tätigen Ingenieur einfach und verständlich aufzubereiten.

An dieser Stelle habe ich die Frage der Ausbildung der Studenten im Zusammenhang mit solchen Problemen aufgeworfen. In dieser Beziehung sei es natürlich unumgänglich, in der Ingenieurausbildung die entsprechenden Grundlagen bereitzustellen, war seine spontane Antwort.

In der Diskussion habe ich ihm einige Bilder über Druckverteilungen auf Fassaden aus dem Kommentar zum Kapitel Wind der SIA 160 (1989) vorgelegt. Genau diese Art Umsetzung brauche es seiner Meinung nach, um dem Konstrukteur wirkliche Bemessungshilfen zu geben. Zudem lasse er sich dadurch auch für eigene Studien in zu Unrecht vernachlässigten Gebieten motivieren. Er hat dann seinerseits Beiträge der Windkonferenz aus dem Bereich Glasbeanspruchung angeführt. Diese zeigen eine neue Richtung auf, indem nicht nur dynamische Staudrücke auf die Glasflächen, sondern auch durch den Wind transportierte Projektile einbezogen werden. Man begegnet dem Problem nicht einfach durch Bemessung der Gläser, sondern versucht Elemente (Storen, Gitter) einzubeziehen, die einerseits den Schutz gegen Projektile sicherstellen können, die andererseits aber auch als

Sonnenschutz wirken. Das Denken in Gefährdungsbildern nach dem Muster der SIA 160 (1989) ist gefragt.

In Australien, Deutschland und Kanada als Schwerpunktländer werden auch Anstrengungen unternommen, Staudrücke mit Biegemoment- und Querkraftbeanspruchungen in Verbindung zu bringen. In diesem Zusammenhang darf man einige interessante Artikel in den Konferenzveröffentlichungen erwarten. Diese Arbeiten sollten ja auch dazu führen, dass Windeinwirkungen und Bemessungskonzepte wieder zusammenrücken.

Als äusserst wichtig erweisen sich auch immer wieder die Diskussionen in den Pausen. Frei vom Prestigedenken offizieller Diskussionsrunden wird hier wirklich versucht, den Problemen auf den Grund zu gehen. Die heutige Professionalität von Windingenieuren, gerade auch in Europa, lässt doch darauf hoffen, dass die Vorschriften, die im Euro-code erscheinen werden, auf den in der Praxis tätigen Ingenieur zugeschnitten sind. Es bleiben auch so noch genügend Windprobleme, die eine Unterstützung durch Spezialisten erfordern. Eine Durchsicht der Berichte der Windkonferenz wird den Interessierten aufklären. Schliesslich soll dieser internationale Überblick ja auch dazu dienen, dem in der Bemessung tätigen Ingenieur aufzuzeigen, wo der Wind eine für die Bemessung massgebende Grösse wird.

Dass es sich bei der Windbemessung nicht einfach um einen «exotischen» Zweig der Ingenieur Tätigkeit handelt, hat in einem eindrucklichen Vortrag Dr. Gerhard Berz von der Münchner Rückversicherung zeigen können. Der Sturm, der 1990 über Europa hinweggefegt ist (die Schweiz jedoch nur leicht gestreift hat), hat alleine 55% zur Schadenssumme von 80 Milliarden D-Mark des Jahres 1990 beigetragen. Davon waren wiederum 87% versichert. Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass nicht einzelne grosse «Brocken» diese Schadenssumme bewirkt haben, sondern rund 10 Millionen kleinere Einzelereignisse. Die internationale Dekade zur Reduktion natürlicher Katastrophen (IDNDR) soll auch hier neue Wege weisen.

Die Flut von Beiträgen hat dazu geführt, dass die Sitzungen in drei parallelen Gruppen durchgeführt werden mussten. Das hat automatisch bewirkt, dass man aus verschiedenen interessanten Gebieten eines auszuwählen hatte. Ungefähr Ende Oktober sollten die Konferenzberichte nach einem sorgfältigen Durchsichtprozedere erscheinen. Dann wird sich auch weisen, ob man immer zur richtigen Zeit am richtigen Vortrag war.

Dr. B. Zimmerli, Luzern