

feld sein. — Mit Blick auf die Dritte Welt sollte man auch eine der ältesten Anwendungen der Windenergie nicht vergessen, nämlich das Wasserpumpen. Moderne Wind-Wasserpumpen, möglicherweise auch über den Umweg der Stromerzeugung, sind durchaus aussichtsreiche Anwendungsmöglichkeiten.

Meine bisherigen Bemerkungen über die Anwendung von kleinen Windkraftanlagen bezogen sich ausschließlich auf andere Länder. Das ist leider kein Zufall! Es ist offensichtlich, daß wir in der Bundesrepublik auf diesem Gebiet erheblichen Rückstand haben. Immerhin, positive Ansätze gibt es.

Einige Hersteller sind in der Lage, brauchbare Geräte anzubieten oder werden zumindest in kürzerer Zeit dazu imstande sein. In einem Fall ist bereits eine größere Serienfertigung angelaufen — allerdings vornehmlich für den Export in die USA. Das Bundesministerium für Forschung und Technologie fördert die Anwendung in einem Demonstrationsvorhaben „Einsatz kleiner Windkraftanlagen in der Bundesrepublik“. In diesem Rahmen werden 20 Anlagen in Norddeutschland aufgestellt. Auch das Land Schleswig-Holstein hat mit der Herausgabe der „Vorläufigen Richtlinien für die Auslegung, Aufstellung und das Betreiben von Windkraftanlagen“ einen wichtigen Schritt im Hinblick auf die Erleichterung der administrativen Prozeduren getan. Dennoch, auf diesem Gebiet liegt noch vieles vor uns. Ich denke zum Beispiel an die Schaffung der Voraussetzungen für die gemeinschaftliche Nutzung von Windkraftanlagen. Damit könnte die betriebswirtschaftliche Rentabilität der Windkraftanlagen mit Sicherheit gesteigert werden.

Was die vermehrte Aufstellung von Windkraftanlagen in unserem Land betrifft, so sollte man einen wichtigen Aspekt nicht vergessen: Ohne eine nennenswerte Anwendung von Windkraftanlagen im eigenen Land kann man auf Dauer auch keine Exportfolge erwarten. Dies gilt für die Windenergie-technik genau so wie für andere Bereiche. Dieser Gesichtspunkt sollte auch einer der Ausgangspunkte sein, über einen größeren Windpark in Schleswig-Holstein nachzudenken, auch wenn wir in unserem Land keine amerikanischen Windfarmen kopieren können und wollen. Ein gut geplanter Anlagenpark mit der richtigen Größe an einem geeigneten Standort würde der Windenergie-technik einen bedeutenden Schub geben können.

### Systematisch forschen

Im Blick auf die technologische Forschung kann man sicher einige berechtigte Kritik an einzelnen Projekten unseres bisherigen Windenergieprogramms vorbringen. Eines wird man jedoch positiv hervorheben müssen: In der Bundesrepublik wurde in den letzten zehn Jahren die technologische Forschung auf dem Gebiet der Windenergie-technik intensiver und breiter als in manchen anderen Ländern betrieben, die uns in der Anwendung voraus sind. Dies betrifft sowohl die Erprobung unkonventioneller technischer Systeme wie auch einige wichtige Fachgebiete. Ich möchte beispielhaft die Regelungstechnik und die drehzahlvariablen Generatorsysteme für Windkraftanlagen nennen. Hier sind wir im internationalen Vergleich ohne Zweifel an der Spitze der Entwicklung.

Wer von der Windenergie einen wirk-

lich nennenswerten Beitrag für die Zukunft erwartet, muß sich darüber im Klaren sein, daß dieses Ziel im dicht besiedelten Mitteleuropa nur über relativ große Einheiten erreichbar ist. Wir sollten uns deshalb nicht von den Schwierigkeiten entmutigen lassen, die auf diesem Weg zu überwinden sind. Wir sollten uns aber auch nicht über die Länge dieses Weges täuschen. Die Entwicklung von großen Windkraftanlagen, die im Hinblick auf ihre Kosteneffektivität für die Energieversorgungsunternehmen akzeptabel sind, führt nicht mit einer einzigen technischen Entwurfsgeneration zum Ziel. Wer dieses Ziel wirklich erreichen will, braucht einen längeren Atem.

Aus dieser Einschätzung ergibt sich nahezu zwangsläufig ein zweites Ziel: Weil die kommerzielle Anwendung von großen Windkraftanlagen vorläufig noch ein Fernziel ist, im Einzelfall aber durchaus sinnvoll und nützlich sein kann, sollte die vermehrte Anwendung von kleinen Anlagen unser Nahziel sein. Erfahrungsgemäß lassen sich auch die technologischen Probleme von „unten nach oben“ besser lösen als umgekehrt. Auch aus diesem Grunde führt der Weg der Windenergie-technik über die kleineren Systeme zu weiter gesteckten Zielen.

Die Ergebnisse der technologischen Forschung müssen in Zukunft wesentlich stärker auf eine nutzbringende Anwendung konzentriert werden. Bei allem Respekt vor innovativem Forscher- und Erfindergeist, die systematische Forschungsarbeit mit Blick auf die heute einsetzbaren Systeme darf dadurch nicht vernachlässigt werden. Nach meiner Einschätzung klafft gerade in der Windenergie-technik bei uns eine zu große Lücke zwischen innovativen und praktisch einsetzbaren Systemen.

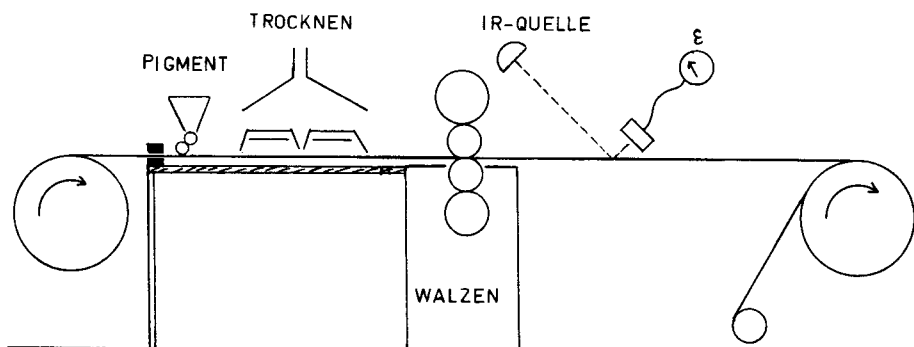
### Neuartige selektive Beschichtung auf Pigmentbasis

Selektive Absorberschichten bieten die Möglichkeit, die Wärmeverluste von Sonnenkollektoren wirksam zu vermindern. Sie reduzieren die Wärmeabstrahlung des heißen Absorbers in Richtung Glasscheibe. Bei gewöhnlichen Flachkollektoren treten durch Wärmeleitung und Konvektion parallel zur Wärmestrahlung auch andere Verlustströme auf. Da aber die Strahlungsverluste eines nicht-selektiven Absorbers meist dominieren, ist mit selektiven Schichten trotzdem viel zu erreichen. In der Praxis lohnt es sich, die Wärmeabstrahlung auf etwa ein Drittel des ursprünglichen Wertes zu reduzieren, was eine Emissivität von rund 0,3 bedeutet. (Erläutert vom Verfasser in „Solar Energy“ 19 [1977], Seite 263 bis 270). Solche Werte sind mit farbähnlichen Schichten gut erreichbar.

Selektive Farben sind eine interessante Alternative zu den bekannten chemischen und galvanischen Beschichtungsverfahren. Zu ihrer Herstellung sind aber die in der herkömmlichen Lacktechnik verwendeten Materialien gänzlich ungeeignet. In der früheren Literatur beschriebene Versuche fielen

auch durchwegs negativ aus. Vor einigen Jahren fanden wir jedoch Metalloxide, die sich als selektive Pigmente gut eignen und zudem sehr hitzefest sind. Zur Verwendung als Bindemittel lassen sich dagegen kaum geeignete Stoffe finden, wenn eine gute Stabilität auch noch bei 150° oder sogar 200°C verlangt wird.

Aus diesem Grunde suchten wir Verfahren, das Pigment ohne Bindemittel an die Metalloberfläche zu binden. Das gelang schließlich durch Kompaktieren in einem Walzwerk (Deutsches Patent Nr. 2656490). Das Fehlen eines Bindemittels ermöglicht eine niedrigere Emissivität und höhere Hitzebeständigkeit, bietet aber auch Gewähr dafür, daß



Funktionsschema zur Beschichtungsanlage

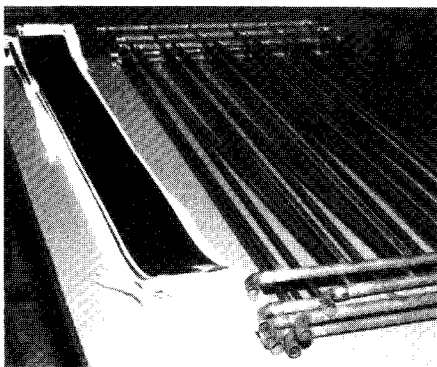
keine Entgasung und somit kein Niederschlag auf der Scheibe entstehen können.

Gegenwärtig betreiben wir eine Pilotanlage zur Beschichtung von Kupferband mit einer Breite von 10 cm. Dabei wird das abgewickelte Band zunächst oberflächenbehandelt, mit einer Pigmentsuspension benetzt, zur Trocknung erhitzt, gewalzt und aufgerollt. Die Emissivität des beschichteten Bandes, die mittels Infrarot-Reflexion überwacht wird, bewegt sich um 0,25, wobei eine weitere Senkung möglich scheint. Die Absorptivität für das Sonnenspektrum AM2 beträgt 0,90 bis 0,92, was für selektive Schichten einen guten Praxiswert darstellt. Das Verfahren produziert keinen Abfall und benötigt wenig Energie. Zur Trocknung werden beispielsweise Halogen-Flutlichtlampen hoher Strahlungsausbeute eingesetzt, für deren Spektrum das schwarze Band ideal absorbierend ist.

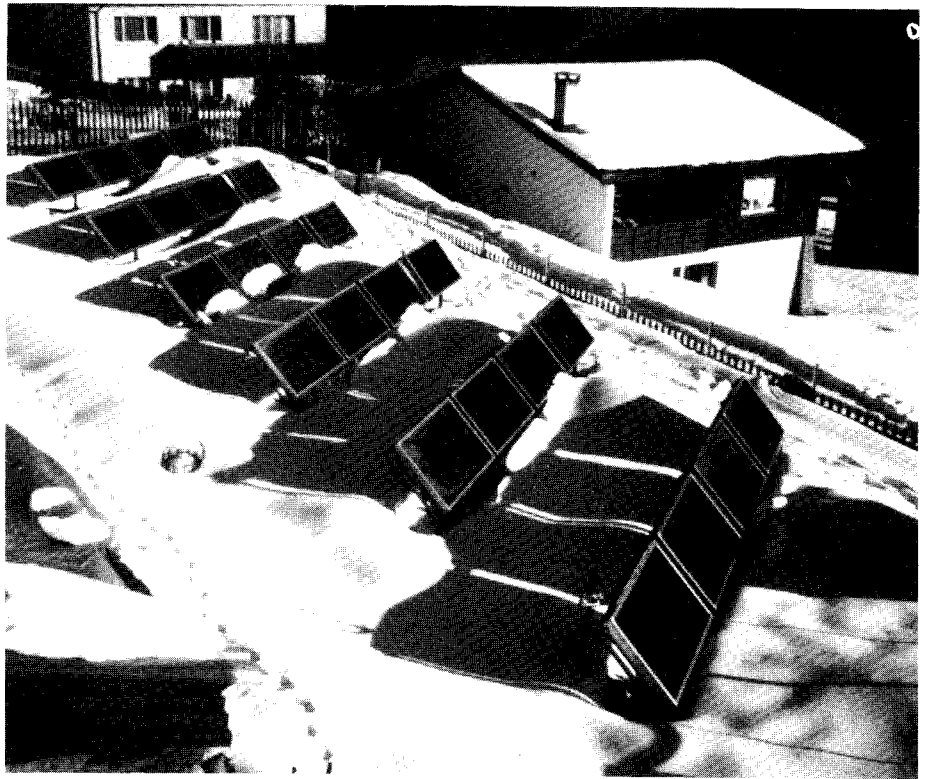
Die restlichen Meß- und Testresultate sind in der Tabelle zusammengefaßt. Da Kupfer bei über 200°C an Luft relativ rasch oxidiert wird, empfiehlt sich für diesen Temperaturbereich eine vorausgehende Vernickelung des Bandes. Die gleiche Vorbehandlung ist auch für Aluminium ratsam, das wegen seiner Feuchtigkeitsempfindlichkeit eine schwierige Basis für selektive Schichten aller Arten darstellt. Für sehr hohe Temperaturen schließlich kann rostfreier Stahl in Betracht gezogen werden.

Wie angedeutet, ist die Materialwahl vom Anwendungsbereich abhängig. Sie wird aber auch von der Art der Weiterverarbeitung des beschichteten Bandes beeinflusst. Gegenwärtig fabrizieren wir Absorber durch Anlöten der Kupferstreifen an ein Kupferrohr-Register. Dabei verbinden wir die Cu-Streifen in der Längsrichtung und tangential mit den Röhren, ohne Profilierung, mit einer Lötnaht von etwa 4 mm Breite. Bei einer Blechdicke von 0,3 mm garantiert diese einen staufreien Wärmeübergang ins Rohr. Eine profilierte Lamelle dagegen würde eine um 10 % vergrößerte Verlustfläche sowie entsprechendes Mehrgewicht sowie Mehrkosten hervorrufen. Für die Absorption der Sonnenstrahlen gilt die projizierte Fläche, die für beide Lamellen gleich ist.

Eine erste Serie von 40 Absorbern wurde auf Maß gefertigt, um die bestehenden Absorber einer Anlage in Disentis (Schweiz) zu ersetzen. Ein Teil der

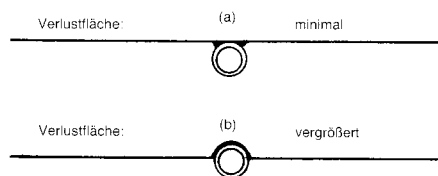


Cu-Streifen und Register vor dem Zusammenlöten



Teilsicht von der 30-m<sup>2</sup>-Anlage in Disentis

Photo: A. Ochsner, Disentis



Absorberlamellen (a) ohne, (b) mit profiliertem Blech

30-m<sup>2</sup>-Anlage, die zusammen mit einem Holzheizkessel die Beheizung eines Einfamilienhauses besorgt, ist im Bild zu sehen.

Was die Wirtschaftlichkeit anbetrifft, kann man zunächst festhalten, daß das Verfahren wenig kapitalintensiv ist: das Walzwerk muß nicht unbedingt ein neues und das Zubehör muß nicht kompliziert sein. Wir stellen uns vor, daß in hochindustrialisierten Ländern das Verfahren weitgehend automatisiert, während in weniger entwickelten Ländern mehr von Hand gemacht wird. Nach Ausschöpfung aller verbilligenden Maßnahmen, vom Materialeinkauf bis zur Automatisierung, erwarten wir bei mittleren Produktionsraten einen mit nicht-selektiven Solarlacken durchaus konkurrenzfähigen Quadratmeterpreis.

**Dr. T.P. Woodman**  
Coralur Laboratories  
Mittelbergsteig 15  
CH-8044 Zürich

Absorptivität	0,90 bis 0,92
$\alpha$ (Sonnenspektr. AM2)	
Emissivität	ca. 0,25
$\epsilon$ (total bei 70°C)	
Absorptions-Transmissionsprodukt $\alpha$	
– mit Weißglas, einfach	ca. 0,82
– mit normalem Glas, einfach	ca. 0,79
Verlustkoeffizient $K_0$	
– bei Einfachverglas.	ca. 2,6 W/m <sup>2</sup> K
– bei Doppelverglas.	ca. 1,8 W/m <sup>2</sup> K
max. zulässige Dauertemperatur	
– beschichtetes Blech	ca. 200°C
– Beschichtung allein	ca. 600°C
kondensierende Feuchtigkeit	
– Standzeit ohne Auswirkungen bei 70°C	über 2000 Std.
Temperaturzyklen unter 0°C	keine Beschädigung durch Eisbildung
Sonnenstrahlung	keine Veränderungen möglich
Temperaturschock	unempfindlich
Entgasung	keine Entgasungsprodukte feststellbar, vakuumtauglich

Meß- und Testresultate für selektive Beschichtung Coralur-C