Zeitschrift: Tec21

Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

Band: 127 (2001)

Heft: 14: Windenergie

Artikel: Konvektionsfrei, billig und umweltfreundlich heizen: ein neuartiges System könnte die Haustechnik-Branche revolutionieren

Autor: Langer, Heinz

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-80141

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: 13.07.2025

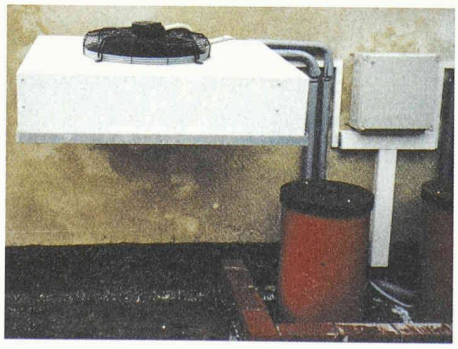
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Heinz Langer

Konvektionsfrei, billig und umweltfreundlich heizen

Ein neuartiges System könnte die Haustechnik-Branche revolutionieren

Bei konvektionsfreier Strahlungswärme entfallen unangenehme Luftströme. Die Behaglichkeit von Wohnräumen erhöht sich dadurch erheblich. Wenn Fussboden und Wände eines Raumes gleichmässig erwärmt würden, könnte dieser Effekt durch die verschiedenartigsten Wärmequellen erzeugt werden. Die üblichen Heizanlagen stossen jedoch an Grenzen. Deshalb wurden neue Wege in Form von Direktkondensationsheizungen praktisch erprobt. Seit 10 Jahren revolutioniert eine neue Methode dieses Verfahren. Sie ist allerdings auch heute noch ungewohnt und bei Fachleuten umstritten.

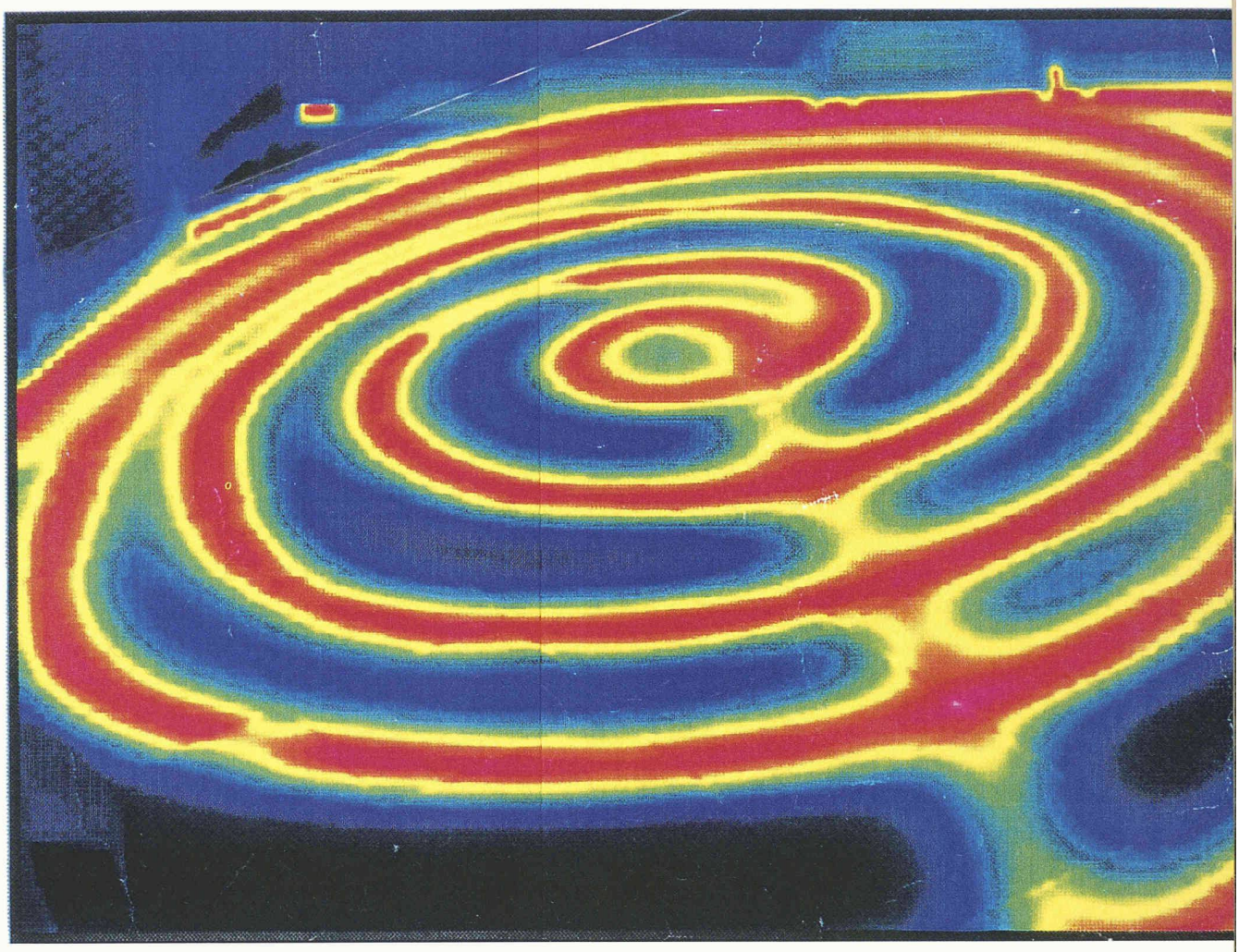


1
Der Hochleistungsverdampfer, das Herzstück des Heizsystems. Es gibt drei getrennte Kreisläufe

Das Funktionsprinzip der neuartigen Direktkondensationsheizung «Acalor» von Henning Scheel basiert auf dem Konzept der Wärmepumpe. Die zum Beheizen der Räume notwendige Wärmemenge wird aus der Aussenluft gewonnen, die beim Durchlaufen des Hochleistungsverdampfers (Bild 1) um einige Grade abgekühlt wird. Die gewonnene Energie wird aber nicht, wie in anderen Systemen üblich, an einen Warmwasserkreislauf überführt, sondern via Kältemittel (R 290) bis zum Verbraucher transportiert. Durch den Wärmekreislauf strömt Propan. Die flüssige Substanz wird in den Hochleistungsverdampfer eingespritzt und dort verdampft. Dieser Vorgang entzieht der Aussenluft etwa 7 kW an Wärmeenergie. Ein Rollkolbenverdichter komprimiert den kalten Dampf, erhitzt ihn bei diesem Vorgang und bläst ihn in die blanken Kupferrohre des Heizsystems, das im Estrich verlegt ist. Während des Komprimierens kommen nochmals 1,5 kW Wärmeenergie hinzu. Der Dampf kondensiert im Leitungssystem des Estrichs zuerst an der kältesten Stelle und gibt dort seine Kondensationswärme ab. Die Temperaturdifferenz in den Räumen bleibt unterhalb von 0,2 °C. Die Vor- und Rücklauftemperaturen unterscheiden sich zudem nicht. Unzählige Messreihen aus unterschiedlichen Projekten beweisen die Tüchtigkeit des Systems und die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.

Behagliche Strahlungswärme

Das neue System verbindet die Vorzüge der Wärmepumpe mit den Vorteilen von Propan: Zum Verdampfen von Kältemitteln genügt im allgemeinen wenig Energie. Propan erweist sich im Langzeittest anderen Kältemitteln als überlegen. Sein Gefrierpunkt liegt bei etwa –100 °C. Das verschafft diesem Wärmepumpensystem Reserven gegenüber tiefen Aussentemperaturen. Beide Fakten ermöglichen der Raumheizung auch im Bereich zweistelliger Frostgrade ein ungestörtes Arbeiten. Die Verwendung von Propan im gesamten Heizkreislauf heizt den Estrich des Raumes sehr gleichmäs-



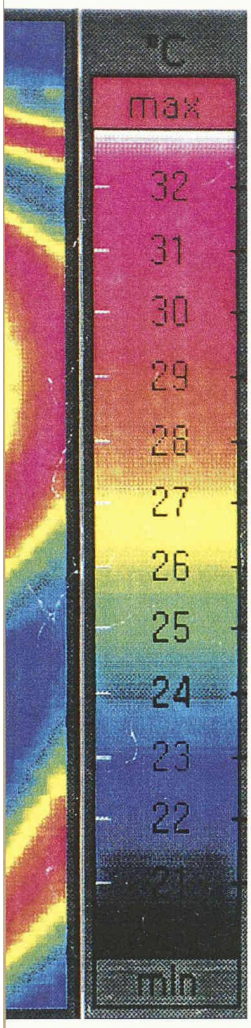
2

Die Thermografieaufnahme zeigt, dass oberhalb der Kupferrohre der Fussboden Streifen exakt gleicher Temperatur aufweist (Bilder: Acalor Technik Scheel)

sig aus. Auf dem Fussboden über der Heizfläche entstehen Linien konstanter Temperatur (Bild 2).
Das hocheffektive Heizsystem ermöglicht aber nicht nur räumlich, sondern auch zeitlich ein sehr gleichmässiges Heizen. Dadurch erzeugt es im Vergleich zu anderen Heizsystemen eine geringe Konvektionsneigung und einen hohen Strahlungsanteil, der hier nahe bei 100% liegt – mehr als übliche Heizsysteme bieten. Potenzielle Temperaturunterschiede an den inneren Raumumfassungsgrenzen werden unter diesen Bedingungen bei einer guten Gebäudeisolation via Wärmestrahlung ausgeglichen.

Sicherheitsaspekte

Die Nutzung des brennbaren Gases Propan wirft für dieses Direktkondensationssystem Fragen der Gebäudesicherheit auf. Zudem bricht das Verfahren, das Kupferrohr blank im Estrich zu verlegen, mit einem Tabu der Heizungsbranche. Die meisten Handwerker sind nicht zu einer derartigen Verfahrensweise bereit. Nach der geltenden Lehrmeinung verrottet Kupfer im Beton. Der in diesem System vollzogene Wechsel von PE-ummantelten zu blanken Kupferrohren ist in einer deutlich höheren Leistung der Anlage begründet. Laut Ergebnissen[1] des Deutschen Kupferinstituts in Düsseldorf treten Korrosionsvorgänge an den Kupferrohren nicht auf, wenn nitrit- und ammoniumfreie Baustoffe für den Estrich oder als Putz verwendet werden. Der Zement-Estrich ist mit einem pH-Wert über 11 stark basisch. Er bildet einen schwarz-glänzenden Überzug, der das Kupfer vor jeder weiteren Korrosion schützt. Nach Ansicht von Praktikern der Kälte- und Klimatechnik[2] sind die in Fachkreisen geäusserten Sicherheitsvorbehalte unbegründet und stehen nicht in Relation mit den tatsächlichen, geringen Explosionsrisiken von technisch dichten Kälteanlagen. Denn – so albern es klingen mag – sicherheitstechnisch gehört dieses Heizsystem in den Bereich der Haushaltkühlschränke. Deshalb kam die Systemprüfung auch nicht am Institut für Sicherheitstechnik an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg vorbei, das bereits die grundlegenden Gutachten zur Einführung und Anwendung brennbarer Kältemittel in Kühl- und Gefrierschränken erstellte. Die Fachleute kamen zu dem Ergebnis[3], dass das neuartige Heizsystem kein besonderes Sicherheitsrisiko für den Nutzer darstellt. Voraussetzungen sind eine ordnungsgemässe und sachkundige Installation, die sorgfältige Prüfung vor Inbetriebnahme durch einen speziell für das System ausgebildeten Fachmann sowie die Einhaltung der Materialqualitäten für das verwendete Kupferrohr und die erforderlichen Hartlötstoffe. Um ein Knicken des dünnwandigen Kupferrohrs



beim Verlegen zu verhindern, wird mit einem Rohrinnendruck von 25 bar gearbeitet. Die fertiggestellte Heizung ist mit einem Überdruck von 28 bar, der mindestens 3 Wochen konstant sein muss, zu prüfen. Grobfahrlässige Verhaltensweisen des Nutzers – etwa Bohren und Nageln im Bereich der Heizungsrohre – sind selbstverständlich genauso wie bei jeder anderen Technik auszuschliessen.

Leistungsfähigkeit

Wärmepumpen werden untereinander über die Leistungszahl (COP) verglichen, die für die Bedingung A–15/W35 (Aussenluft –15 °C; Wassertemperatur 35 °C) gemessen wird. Der COP-Wert schwankt je nach Wärmepumpentyp zwischen 2,1 und 2,5. In diesem Vergleich fällt die hohe Leistungszahl (COP-Wert 2,7) der Acalor-Direktkondensationswärmepumpe auf. Deshalb ist die Frage berechtigt, wie ein solches Ergebnis plausibel erklärt werden kann.

Da der Umweg über das Wärmeverteilmedium Wasser vermieden wird, arbeitet die Direktkondensationswärmepumpe mit dem kleinstmöglichen Kondesationsdruck. Um hohe Leistungszahlen zu erreichen, werden die Anlagen zudem mit einem möglichst geringen Temperaturhub betrieben. Während andere Wärmepumpen im Niedrigenergiehaus bei 35 °C kondensieren, genügt dem neuen System bei gefliestem Fussboden eine Kondensationstemperatur von 25 °C. Im Hochleistungsverdampfer der Acalor-Wärmepumpe verdampft Propan im Mittel bei 3 bar und –5 °C. Das liegt im Schnitt 5 K tiefer als bei den Wasser/Wasser-Wärmepumpen. Infolge der um 10 °C niedrigeren Kondensationstemperatur bleibt trotzdem gegenüber Warmwasserheizungen ein um 5 K geringerer Temperaturhub übrig – was die Leistungszahl um etwa 15% erhöht.

Im Heizkreislauf werden ganze 2,5 kg Propan bewegt. Eine sehr kleine Masse im Vergleich zur wasserführenden Wärmepumpe, bei der – bedingt durch die viel höhere spezifische Masse des Wassers und gegebenenfalls zusätzliche Aussenverrohrungen im Erdreich – bis zu 1000 kg Wasser zirkuliert.

Mit Propan gefüllte Systeme benötigen zudem gegenüber anderen Kältemitteln einen um mindestens 15% niedrigeren Jahresarbeitsverbrauch pro Quadratmeter Heizfläche. Dieser Vorteil des Propans beruht nach bisherigen Beobachtungen auf einer günstigeren kinematischen Viskosität des im Rohrleitungssystem verwendeten Mineralöl-Propangemisches, in deren Folge ein dünner Ölfilm durch die Anlage wandert und der Wärmedurchgang verbessert wird.

Die Verwendung blanker Kupferrohre im Heizestrich erschliesst eine weitere Leistungsreserve. In PE-ummanteltem Kupferrohr würde der Kondensationsdruck und das Druckverhältnis von Kondensations- zu Verdampfungsdruck steigen und die Arbeitszahl der Wärmepumpe auf etwa 80% absinken.

Als monovalentes System arbeiten Direktkondensationsheizungen zudem ohne jede Zusatzheizung. Selbstverständlich wird die Leistung einer in Luft arbeitenden Wärmepumpe durch Vereisung herabgesetzt. Deshalb muss der Verdampfer des Systems von Zeit zu Zeit durch Heissgasumkehr abgetaut werden. Der nach Bedarf ausgelöste Vorgang dauert wegen der hohen Leitfähigkeit des blanken Kupferrohres nur etwa 3 Minuten. Er erniedrigt die Heizleistung der Anlage um etwa 5%.

Auslegungsfragen

Die Planung von Direktkondensationsheizungen erfolgt grundsätzlich wie bei jeder anderen Heizung, indem man den Wärmebedarf jedes Raumes für sich nach den Regeln der Norm DIN 4701 berechnet. Die Kupferrohre werden dann nach den Höhenlinien des spezifischen Wärmebedarfs dichter (7–10 cm Abstand in Fensternähe) oder weiter auseinander verlegt (zur Hausmitte hin in 25–50 cm Abstand).

Unter den Bedingungen der Blasenkondensation sind die Wärmeübergangszahlen fast eine Zehnerpotenz höher als bei einer Pumpen-Warmwasserheizung. Deshalb ist die Kältemittel-Direktkondensation gegenüber einer Warmwasser-Fussbodenheizung thermodynamisch vorteilhafter. Die Temperaturunterschiede des Raumes werden nicht nur schnell, sondern auch via Wärmestrahlung ohne komplizierten Regelaufwand ausgeglichen.

Zudem haben Warmwasserheizungen zwischen Vor- und Rücklauf des jeweiligen Heizkreises ein Temperaturgefälle von etwa 5 °C. Pro Heizkreis können nur

maximal 2 kW Heizleistung übertragen werden. Die Heizung muss daher in verschiedene Kreisläufe aufgeteilt werden. Kältemittel-Direktkondensationsanlagen bewältigen pro Heizkreis eine Heizleistung von etwa 10 kW. Für letztere lohnt sich eine Aufteilung des Kältemittelkreislaufs auf Parallelanlagen nur dann, wenn sehr grosse Räume zu versorgen sind. Normalerweise erfolgt die Kältemittelverteilung aus der Heissgasleitung über Kugelventile, ähnlich einem Expansionsventil. Die Temperatur der einzelnen Zonen wird durch einen mechanischen Raumthermostaten gesteuert. Bei kondensationsloser Strahlungsheizung erweitert sich der Behaglichkeitsbereich von 22–24 auf 20–24 °C. Infolgedessen ist der Regelaufwand des neuen Heizsystems geringer als bei anderen Techniken.

Kosten

Da dieses Heizsystem bis zu 80% der Wärme aus der Aussenluft gewinnt, sind die Betriebskosten – von anderen solarthemischen Heizungen abgesehen – deutlich geringer als bei den übrigen Heizsystemen. Ein Niedrigenergiehaus benötigt im Vergleich zur Brennwerttechnik weniger als ein Drittel, ein Passivhaus sogar nur etwa ein Zehntel der Heizkosten.
Die Investitionskosten entsprechen in einem sehr gut gedämmten Gebäude denen einer traditionellen Fussbodenheizung. Die Planung ist weit aufwändiger und daher teurer als für übliche Heizsysteme.

Pro und Contra

Das Direktkondensationsprinzip und die Verwendung von blankem Kupferrohr mit Propan als Kältemittel sind unüblich. Vermutlich wird es deshalb in Fachkreisen intensiv angefochten. Tatsächlich stellt es aber die konsequenteste Umsetzung des Direktkondensationsprinzips in eine konvektionslose Heizung dar. Die hohe Effektivität einer solchen Anlage, bei gleichzeitiger Nutzung von bis zu 80% regenerativer Energie, erhöhen den Stellenwert dieses neuen Systems erheblich. Die Anlage ist zudem praktisch wartungsfrei, erfordert geringere Montagekosten als konventionelle Systeme, benötigt für den Antrieb von Verdichter und Ventilator nur einen Bruchteil der üblicherweise aufzuwendenden Heizenergie und schafft ein sehr behagliches Raumklima.
Andererseits behindern bislang sachliche Gründe eine Breitenanwendung: Der Planungsaufwand ist ausserordentlich hoch. Die Auslegung muss sehr gründlich erarbeitet werden. Falls sich der Ausführende nicht genau an die Vorlage hält, kommt es zu teuren Nacharbeiten. Der Produzent kann schnell in eine Gewährleistungspflicht kommen, wenn die Verarbeitenden nicht ausreichend qualifiziert und zuverlässig sind. Doch die Sicherheitsaspekte sind mit denen von Haushaltskühlanlagen vergleichbar, die millionenfach in den Wohnungen herumstehen. Die Versicherungen decken die Risiken daher zu den gleichen Konditionen ab wie bei anderen Fussbodenheizungen.

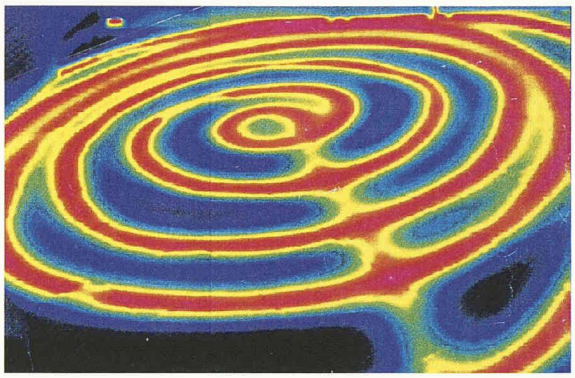
Heinz Langer, Dr., Platnerstr. 9A, D-041155 Leipzig,
EH.Langer@t-online.de

Literatur

1 Prüfergebnisse des Deutschen Kupferinstituts, Düsseldorf
2 Kälte & Klimatechnik, Nr. 1, S. 41 (2001)
3 Gutachten des Instituts für Sicherheitstechnik an der TU Bergakademie Freiberg: Über ein mit dem brennbaren Kältemittel R 290 (Propan) betriebenes Wärmepumpen-Heizsytem für Wohngebäude. IB-96-756

STANDPUNKT

Carole Enz



Frischer Wind oder heisse Luft?

Der Stromengpass in Kalifornien sollte uns eine Warnung sein und uns daran erinnern, dass Energie kostbar und begrenzt ist. Die Herausforderung für die Zukunft heisst deshalb: erneuerbare Energiequellen nutzen und den Bedarf mittels fortschrittlicher Technologien und energiesparenden Verhaltens senken.

Die umwerfende Stärke der Windkraft ist uns spätestens seit den Stürmen «Vivian» und «Lothar» vor Augen geführt worden. Claudia Scheil befasst sich in ihrem Artikel auf Seite 7 mit der Gewinnung von Strom durch die Windenergie – einer rundum erneuerbaren Stromquelle. Kritische Stimmen würden vermutlich auf Ästhetikprobleme und die nicht ganz von der Hand zu weisende Tatsache aufmerksam machen, dass diese Technologie für die Schweiz mangels Meeresküste nicht direkt anwendbar ist. Doch erinnern wir uns der Winde auf dem Urnersee, dem Seglerparadies am Vierwaldstättersee oder im Maloja-Gebiet des Oberengadins, wo sich Windsurfbegeisterte tummeln. Um Umweltfreundlichkeit geht es auch im Artikel auf Seite 13. Heinz Langer beleuchtet eine neuartige Technologie in der Heizungsbranche. Das Energiesparpotenzial einer Direktkondensationsheizung weist darauf hin, dass moderne Anlagen einen Beitrag zum Umweltschutz leisten.

Doch welche tief greifenden Veränderungen bewirken eine teure Windenergieanlage und eine wenig verbreitete Haustechnik? Wenn man bedenkt, dass heutzutage bereits Prototyp-Häuser[1] existieren, die einen extrem tiefen Energieverbrauch aufweisen, kann man davon ausgehen, dass eine teure Windanlage in Zukunft ein Vielfaches der Anzahl Haushalte, deren Energiebedarf ein Windkraftwerk zum jetzigen Zeitpunkt decken kann, mit Strom versorgen wird. Und wer weiss, ob das vorgestellte neuartige Heizsystem vielleicht einmal zum Standard in der Branche erhoben wird. Im 19. Jahrhundert hätte man darüber gelacht, wenn jemand behauptet hätte, Automobile und Flugzeuge würden dereinst selbstverständlich zum Fortbewegungsmittelinventar zählen.

Die Frage lautet nicht, welche Technologie den Ausschlag geben wird. Die jeweilige Situation in den einzelnen Ländern wird dafür sorgen, dass sich verschiedene Konzepte wirtschaftlich auszahlen werden. Was für Grossbritannien oder Dänemark der Durchbruch sein könnte, kann sich für die Schweiz als weniger geeignet herausstellen. Unser Land als Wasserschloss Europas benutzt zu einem grossen Teil die Wasserkraft. Doch diese ist, obwohl sie eine erneuerbare Energiequelle ist, ökologisch nicht ganz unproblematisch: Die Durchgängigkeit der Gewässer für Fische und andere Lebewesen ist nicht überall gewährleistet. Aale, die sich auf dem Weg zu den Laichgebieten im Atlantik befinden, werden auch heute noch bei der Turbinenpassage, die mittels funktionstüchtiger Fischtreppen vermeidbar wäre, zerhackt.

Überall sind Probleme zu lösen, ein Patentrezept gibt es nicht. Daher wird uns die Vielfalt der eingesetzten Mittel zum Ziel führen. Packen wir es an!

1 vgl. «Zurück in die Zukunft», tec21, 12/2001, S. 12

Claudia Scheil
7 **Windenergie goes offshore**
Die Windindustrie Europas erobert das Meer

Heinz Langer
13 **Konvektionsfrei, billig und umweltfreundlich heizen**
Ein neuartiges System könnte die Haustechnik-Branche revolutionieren