

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 114 (1996)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Umweltrelevanz alternativer Kältemittel: Einsatz in Kompressions-Wärmepumpen und -Kälteanlagen - ein BEW-Forschungsprojekt  
**Autor:** Zogg, Martin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-78972>

### **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:** 06.02.2025

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

**SI+A:** *Wird es auch zum Transfer von Fachgebieten kommen, wie es vor ein paar Jahren zur Diskussion stand?*

**F.W.:** Ich glaube nicht, dass es um ganze Gebiete gehen wird. Aber innerhalb einzelner Gebiete könnten gewisse Aktivitäten und Dienstleistungen transferiert werden. ETH-Abteilungen könnten auch durch gegenseitige Abkommen gewisse Fächer an eine Fachhochschule teilweise übergeben. Solche Verhandlungen sind jetzt im Gang.

**SI+A:** *Gibt es an der ETH künftig auch vermehrt gemeinsame Grundstudien?*

**F.W.:** Wir haben darüber diskutiert, wie gemeinsame Grundstudien von zwei Jah-

ren erfolgen könnten. Ich denke, dass in verschiedenen Studien und Abteilungen solche gemeinsame Grundstudien eingeführt werden. Dazu muss aber das Kredit-system entwickelt werden.

**SI+A:** *Welchen Stellenwert hat die Zusammenarbeit mit den Berufsverbänden?*

**F.W.:** Die Kommunikation mit den Berufsverbänden sehe ich als sehr wichtigen Punkt. Wir müssen ständig schauen, wie sich die Berufschancen für unsere Studenten entwickeln und welche Ausbildung nötig ist. Dies gilt auch für die Forschung. Aber umgekehrt ist auch die Unabhängigkeit des ETH-Bereichs sehr wichtig, gerade in der Grundlagenforschung. Mit der Zeit möchte ich mit den Berufsverbänden

in Kontakt kommen, was bisher leider noch nicht möglich war. Wichtig ist aber auch der Kontakt der Berufsverbände mit den Schulleitungen und den Abteilungen.

**SI+A:** Besten Dank für das Interview.

Adresse des Interviewten:

Francis Waldvogel, Prof. Dr. en méd., Präsident ETH-Rat, ETH-Rat, 8092 Zürich

Interview:

Thomas Glatthard, dipl. Kulturing. ETH/SIA, Brambergstrasse 48, 6004 Luzern

Martin Zogg, Oberburg

## Umweltrelevanz alternativer Kältemittel

**Einsatz in Kompressions-Wärmepumpen und -Kälteanlagen – ein BEW-Forschungsprojekt**

**Der in der Schweiz für Neuanlagen bereits erfolgte Ausstieg aus den FCKW-Kältemitteln (Fluorchlorkohlenwasserstoffe wie R 12 und R 502) und der unmittelbar bevorstehende Ausstieg aus den HFCKW-Kältemitteln (Hydrochlorfluorkohlenwasserstoffe wie R 22) zwingen kurzfristig zur Anwendung von FKW-Kältemitteln (chlorfreie Fluorkohlenwasserstoffe, Hydrofluorkohlenwasserstoffe wie R 134a). Da die FKW ein hohes Treibhauspotential aufweisen, steht ihre Ablösung durch natürliche Kältemittel wie Ammoniak, Propan, Butan, Kohlendioxid oder Luft zur Diskussion. Zweck eines Forschungsprojekts des Bundesamts für Energiewirtschaft (BEW) war deshalb, klarzustellen, was man durch den Übergang auf natürliche Kältemittel für die Umwelt wirklich gewinnen wird.**

Die Analyse berücksichtigt im wesentlichen

- die Herstellung des Kältemittels,
- den Transport der Kältemittel zum Verbraucher,
- den Bau der Wärmepumpenanlage (in grober Näherung),

- den Betrieb und den Unterhalt der Anlagen (einschliesslich Leckagen) und
- die Entsorgung der Kältemittel.

Dabei werden die Umweltbelastungen durch den Treibhauseffekt, den Ozonabbau, die Versauerung, die Ozonbildung, die Überdüngung, die Humantoxizität, die Ökotoxizität, die Abwärme, den Verbrauch an energetischen Ressourcen, die Flächeninanspruchnahme und die Strahlung radioaktiver Substanzen erfasst. Der Vergleich umfasst nebst dem FCKW-Referenzkältemittel R12 kurzfristig noch geduldete (R22), alternative (R134a) und natürliche Kältemittel (Propan, iso-Butan, Ammoniak und Kohlendioxid). Es wird von Wärmepumpenanlagen mit einer Heizleistung von 10 kW und von Kälteanlagen mit einer Kälteleistung von 10 kW ausgegangen. Verteilsysteme, Umwälzpumpen und andere Zusatzaggregate werden nicht berücksichtigt.

Die Studie zeigt, dass die Belastung des Ökosystems durch den Betrieb der Anlagen jene durch die Herstellung der Anlagen und der Kältemittel weit übertrifft. Die gegenüber R12 (100%) für Wärmepumpenanlagen verbleibenden Treibhauseffekte und Ozonabbaupotentiale für die schweizerischen Stromproduktionsver-

hältnisse (mit einem sehr geringen fossilen Anteil) sind in der Tabelle 1 dargestellt.

Bei durchschnittlichen europäischen Stromproduktionsverhältnissen (UCPTE-Strom-Mix) erhält die Umweltbelastung durch die Produktion des elektrischen Stromes für den Betrieb der Wärmepumpen wesentlich mehr Gewicht. Die mit umweltverträglicheren Kältemitteln erreichbaren Verbesserungen sind dann entsprechend geringer (siehe Tabelle 2).

Bei den übrigen der oben erwähnten Umweltbelastungen ergeben sich zwischen den verschiedenen Kältemitteln deutlich geringere Unterschiede. Infolge des dominierenden Einflusses der Produktion des elektrischen Stroms wird bei natürlichen Kältemitteln die grosse ökologische Relevanz eines hohen COP-Werts der Systeme noch verstärkt.

Die Studie zeigt für Kälteanlagen zusätzlich auch noch Vergleiche mit den natürlichen Kältemitteln Ammoniak und CO<sub>2</sub>. Diese verhalten sich bezüglich Treibhauseffekt und Ozonabbaupotential ähnlich wie die oben aufgeführten natürlichen Kältemittel.

Wenn die Untersuchung auch nicht um einige diskutierbare Annahmen herumkam, zeigte sie doch als überraschendes Ergebnis ein besseres Abschneiden von R134a, als allgemein angenommen wird. Während das Ozonabbaupotential bei Anlagen mit R134a und den natürlichen Kältemitteln vergleichbar und zudem vernachlässigbar klein ist, verbuchen Anlagen mit natürlichen Kältemitteln gegenüber R134a Vorteile beim Treibhauseffekt. Bei durchschnittlichen europäischen Stromproduktionsverhältnissen sind diese allerdings gering. Bei CO<sub>2</sub>-armer Stromproduktion wie in der Schweiz werden die Vorteile von Anlagen mit natürlichen Käl-

Schweizerische Stromproduktion	noch erlaubt	Kurzfrist-ersatz	natürliche Kältemittel	
R12 entspricht 100%	H-FCKW R22	FKW R134a	Propan R290	iso-Butan R600a
<b>Treibhauseffekt</b>				
GWP nach 20 Jahren	40%	43%	12%	17%
GWP nach 100 Jahren	22%	23%	11%	14%
GWP nach 500 Jahren	25%	27%	17%	23%
<b>Ozonabbaupotential (ODP)</b>	3.28%	0.08%	0.06%	0.21%

1

Gegenüber R12 (100%) für Wärmepumpenanlagen verbleibende Treibhauseffekte und Ozonabbaupotentiale für die schweizerischen Stromproduktionsverhältnisse

Durchschnittliche europäische Stromproduktion	noch erlaubt	Kurzfrist-ersatz	natürliche Kältemittel	
R12 entspricht 100%	H-FCKW R22	FKW R134a	Propan R290	iso-Butan R600a
<b>Treibhauseffekt</b>				
GWP nach 20 Jahren	74%	81%	58%	75%
GWP nach 100 Jahren	66%	73%	56%	72%
GWP nach 500 Jahren	74%	82%	65%	83%
<b>Ozonabbaupotential (ODP)</b>	3.61%	0.47%	0.37%	0.61%

2

Gegenüber R12 (100%) für Wärmepumpenanlagen verbleibende Treibhauseffekte und Ozonabbaupotentiale für die europäischen Stromproduktionsverhältnisse

## Rechtsfragen

### Grundsatzentscheid über ein Stück Bahn 2000

**Die Verwaltungsgerichtsbeschwerden der Gemeinde Murgenthal, des Kantons Solothurn, des Kantons Aargau sowie des Verkehrs-Clubs der Schweiz (VCS) gegen die Plangenehmigungsverfügung zugunsten des Neubaustreckenabschnittes 4 der Bahn 2000 zwischen Murgenthal und Rothrist sind von der I. Öffentlich-rechtlichen Abteilung des Bundesgerichtes abgewiesen worden. Der 60 Schreibmaschinenseiten umfassenden Urteilsbegründung, die für alle vier Beschwerdefälle in einem einzigen, gemeinsamen Dokument redigiert worden ist, können einige für die Rechtspraxis allgemein interessanten Erwägungen entnommen werden. Sie werden hier in zusammengefasster Form wiedergegeben.**

#### Die Justitiabilität von Technik und Plänen

Das Bundesgericht äusserte sich zu seiner Überprüfungsbefugnis. Mit der Verwaltungsgerichtsbeschwerde kann die Verletzung von Bundesrecht (samt Ermessensüberschreitung oder -missbrauch) sowie unrichtige oder unvollständige Sachverhaltsfeststellung geltend gemacht werden (Art. 104 Buchstaben a und b des Bundesrechtspflegegesetzes, kurz: OG). Wo, wie hier, keine richterliche Behörde als Vorinstanz

entschieden hat, überprüft das Bundesgericht den Sachverhalt frei (Art. 105 Abs. 2 OG). Dabei stellt es hohe Anforderungen an die Feststellung der tatsächlichen Verhältnisse, wenn es um eine Anlage geht, welche die Umwelt erheblich belastet. Ob die auf dem Spiele stehenden Interessen für und wider das Werk richtig abgewogen worden sind, ist in erster Linie eine Rechtsfrage, die das Bundesgericht ebenfalls frei prüft. Doch übt es in technischen Fragen und bei Plangenehmigungsentscheiden, die gestützt auf Berichte der gesetzlichen Fachinstanzen ergangen sind, eine gewisse Zurückhaltung. Es klärt dann primär, ob alle berührten Interessen ermittelt und beurteilt sowie ob die möglichen Auswirkungen der Anlage bei der Entscheidung berücksichtigt worden sind (Art. 1 Abs. 2 in Verbindung mit Art. 3 Abs. 1 der Raumplanungsverordnung RPV).

#### Mögliche Grossprojekt-Etappierung

Das Bundesgericht hielt in grundsätzlicher Hinsicht fest, dass das Bundesrecht in einer Etappierung von Grossprojektgenehmigungen nicht im Wege steht. Dies träfe sogar zu, wenn die etappenweise Genehmigung in Art. 16 Abs. 4 des Bundesbeschlusses über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahn-Grossprojekte (BBEGP) nicht ausdrücklich vorgesehen wäre. Entgegen der Auffassung der Kantone Aargau und Solothurn ist das EVED nicht gehalten, über die Linienführung und die umweltrechtlichen «Ausbaustandards» einen der eigentlichen Plangenehmigung vorausgehenden Grundsatzentscheid zu fällen. Dies käme einer Pflicht zur vor-

temitteln deutlicher: Sie ergeben dann nur einen etwa halb so starken Treibhauseffekt wie R134a-Anlagen. Ob man dafür die Betriebsrisiken mit brennbaren und/oder giftigen natürlichen Kältemitteln in Kauf nehmen soll, hängt von der Beurteilung noch wenig bekannter - und deshalb in der Studie nicht berücksichtigter - Langzeiteinwirkungen (toxische Abbauprodukte) der FKW-Kältemittel auf die lebende Natur ab. Nach der bösen Überraschung mit den FCKW ist jedenfalls grosse Vorsicht geboten!

Adresse des Verfassers:

Martin Zogg, Dr. sc. techn., Leiter BEW-Forschungsprogramm «Umgebungs- und Abwärme, Wärme-Kraft-Kopplung», Kirchstutz 3, 3414 Oberburg

#### Schlussbericht zu diesem Projekt

*Weibel Th.:* Vergleichende Umweltrelevanz des Einsatzes alternativer Kältemittel in Kompressions-Wärmepumpen und -Kälteanlagen. Kann unter der Nummer 9553849 bezogen werden bei: ENET, Administration und Versand, Thunstrasse 9, Postfach 142, 3000 Bern 6, Tel. 031/352 19 00, Fax 031/352 77 56.

gängigen Genehmigung eines generellen Projektes nahe, wofür keine Rechtsgrundlage besteht. Das Bundesrecht kennt auch keine Vorschriften über die Reihenfolge einer etappenweisen Plangenehmigung.

#### Ganzheitlichkeit und koordinierte Überprüfbarkeit

Die Beschwerdeführer hatten befürchtet, die etappenweise Genehmigung verhindere die vom Umweltschutz verlangte ganzheitliche Projektbeurteilung und damit das Prinzip der koordinierten Entscheidungsfindung. Da kein generelles Projekt und im massgebenden Zeitpunkt (vor dem 1. Januar 1989) noch keine zweistufige Umweltverträglichkeitsprüfung vorgeschrieben war, stellte das Bundesgericht - jedenfalls in einer derartigen übergangsrechtlichen Situation - darauf ab, ob aufgrund der getroffenen Sachverhaltsabklärungen den umweltschutzrechtlichen Anforderungen entsprochen werden kann. Nähere Betrachtung der getroffenen Abklärungen ergab deren Genügen unter umweltschutz- und koordinationsrechtlichen Gesichtspunkten.

#### Nachlaufende Bewilligungsverfahren und Detailprojektierungen

Entgegen dem, was die Beschwerdeführer durchblicken liessen, schliesst der Bundesbeschluss über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahn-Grossprojekte sog. nachlaufende Bewilligungsverfahren und Detailprojektierungen, auf die das EVED jetzt vorerst verweist, nicht schlechthin aus, obschon nicht ausdrücklich vorgesehen. Dem Legalitätsprinzip kann auch durch ungeschriebenes Recht, für das noch Raum bleibt, genügt werden. Allerdings sind für nachgeordnete Bewilligungsverfahren und De-