



Expertenforum

Beton

Klimawandel  
fordert  
Baukonzepte

Heizen + Kühlen  
mit Beton



## „Energieeffizientes Bauen in Gegenwart und Zukunft“



LH-Stv.  
ÖR Anton Steixner

In Anbetracht der aktuellen energie- und umweltpolitischen Fragen ist es eine dringliche Aufgabe der Politik, sich mit folgenden Fragen intensiv zu beschäftigen:

Wohin gehen die Energiepreise?

Werden Energie und Mobilität in Zukunft für uns alle noch erschwinglich sein und womit werden unsere Enkelkinder heizen?

Was bedeutet denn der Klimawandel und worauf haben wir uns einzustellen?

Für mich steht außer Frage: Der Umstieg auf eine Kreislaufwirtschaft im Energiebereich muss gelingen! Vereinfacht heißt das, wir müssen unseren Energiebedarf drastisch reduzieren und den dann noch verbleibenden Restenergiebedarf mit eigenen, erneuerbaren und CO<sub>2</sub>-freien Energieträgern decken.

Unsere eigenen Energieressourcen reichen allerdings nur dann für eine langfristig autarke Energieversorgung, wenn es gelingt, den Energiebedarf zum Heizen und Kühlen, die Antriebsenergie für unsere Mobilität usw. drastisch zu reduzieren. Der Energieeinsatz im Gebäudebestand nimmt mit etwa 40 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs einen sehr bedeutenden Anteil ein. Dazu müssen wir leider zur Kenntnis nehmen, dass derzeit noch zum überwiegenden Teil (mehr als 60 %) mit den hochwertigen fossilen Energieträgern Heizöl und Erdgas geheizt bzw. Warmwasser bereitet wird. Die angesetzten Maßnahmen der Energiepolitik müssen hier rasch die entsprechende Trendumkehr einleiten.

Wenn wir uns heute bereits verfügbarer Technologien besinnen, wird schnell klar, wo die Reise hingeht: Mit einem zukünftigen Gebäudetyp „Passivhaus“ ist es beispielsweise möglich, den spezifischen Heizenergieverbrauch auf etwa ein Zehntel von dem eines Altgebäudes zu senken. Dabei kommt es nicht darauf an, diesen hohen Standard bereits ab morgen gesetzlich einzuführen, sondern in einer vernünftigen Übergangszeit mit gut abgesicherter Qualität und Akzeptanz dieses Ziel anzustreben.

Während wir im Neubaubereich auf gutem, zukunftsfähigem Weg sind, kommt es auch darauf an, den Altbaubestand auf ein entsprechendes Energieverbrauchsniveau zu führen. Dazu wurde von mir als zuständiges Regierungsmitglied ein „Energiepaket“ aufgelegt, welches darauf abzielt, alten Häusern der Baujahre 1950 bis 1980 einen ordentlichen Wärmeschutz zu verpassen und sofern eine fossile Heizung vorhanden ist, diese möglichst auf erneuerbare Energien umzustellen. Dieses Programm wird gemeinsam mit der Wohnbauförderung abgewickelt, wobei es einen Zuschuss seitens der heimischen Stromversorger gibt. Ziel ist, die thermische Sanierungsrate bei älteren Häusern sowie die Umstellung der Heizanlagen auf erneuerbare Energien deutlich anzuheben. Damit erreichen wir neben energie- und klimapolitischen Zielen auch eine günstige konjunkturelle Entwicklung im Bau- und Baunebengewerbe. Die Technologie der Wärmepumpe wird sowohl im Neubaubereich als auch bei Altbausanierung im Zusammenhang mit oberflächennaher Geothermie und entsprechenden Speichermedien wie beispielsweise Beton eine wichtige Rolle einnehmen!

## Inhalt

<b>Keynote: Klimawandel fordert Baukonzepte .....</b>	<b>3</b>
<i>O.Univ.-Prof. Dr. Michael KUHN</i>	
<i>Universität Innsbruck</i>	
<b>Umgebungswärme ist „Erneuerbare Energie“ – ein Meilenstein zur Erreichung der EU-20-20-20-Ziele.....</b>	<b>6</b>
<i>GF DI Claudia HÜBSCH</i>	
<i>Bundesverband WärmePumpe Austria, Wien</i>	
<b>Innovative Systeme der Erdwärmennutzung – regenerative Energie aus dem Untergrund .....</b>	<b>10</b>
<i>DI Dr. Roman MARKIEWICZ</i>	
<i>Geotechnik Adam ZT GmbH, Brunn am Gebirge</i>	
<b>Energiewirtschaftliche Optimierung und Behaglichkeit: Visionen umsetzen .....</b>	<b>19</b>
<i>GF DI Bruno OBERHUBER</i>	
<i>Energie Tirol, Innsbruck</i>	
<b>Klimadesign für eine Arbeitsoase – Kühl- und Heizkonzept für die BTV.....</b>	<b>21</b>
<i>Arch. Helmut REITTER</i>	
<i>reitter_architekten, Innsbruck</i>	
<b>Das intelligente Technologiezentrum Lindner – Kühlen und Heizen über Speichermassen.....</b>	<b>28</b>
<i>Arch. Andreas WALTER</i>	
<i>Henrich Veternik Walter ZT GmbH, Kundl</i>	
<b>Integrale Planung: Hilti Thüringen – Energieeffizienz im Industriebau.....</b>	<b>31</b>
<i>Ing. Johann KNOLL, DI Matthias WEHRLE</i>	
<i>ATP Architekten und Ingenieure, Innsbruck</i>	
<b>Alleinauftrag für Sonne und Erde: die alki-TECHNIK-Zentrale in Ingolstadt.....</b>	<b>36</b>
<i>Architekt + Stadtplaner Peter BACHSCHUSTER</i>	
<i>Bachschuster Architektur, Ingolstadt</i>	
<b>Tiroler Energiestrategie 2020: Standortbestimmung, Perspektiven, Visionen .....</b>	<b>40</b>
<i>DI Stephan OBLASSER</i>	
<i>Energiebeauftragter des Landes Tirol</i>	



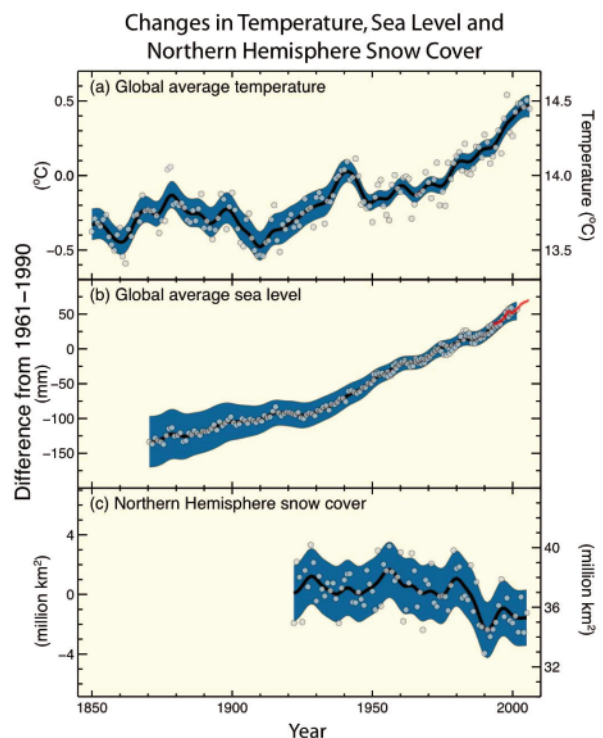
## Keynote: Klimawandel fordert Baukonzepte

O.Univ.-Prof. Dr. Michael KUHN  
Universität Innsbruck

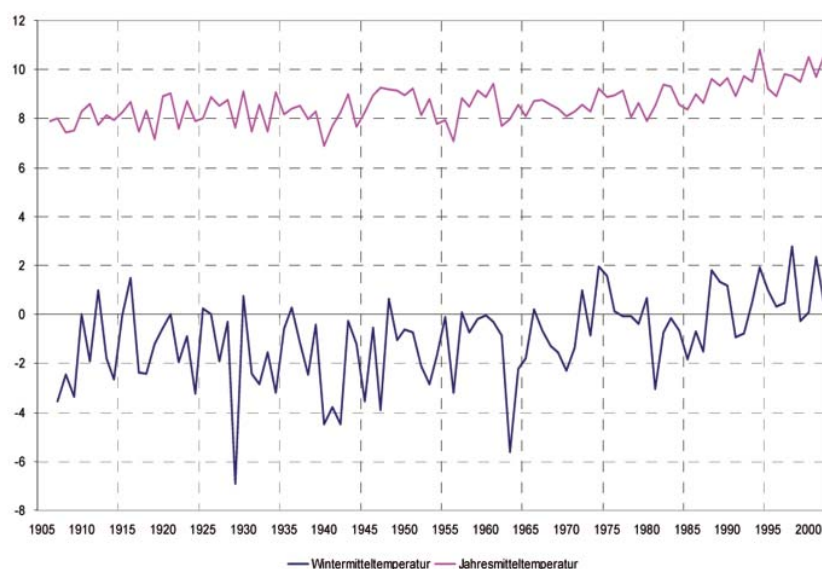
### Klimawandel – die Fakten

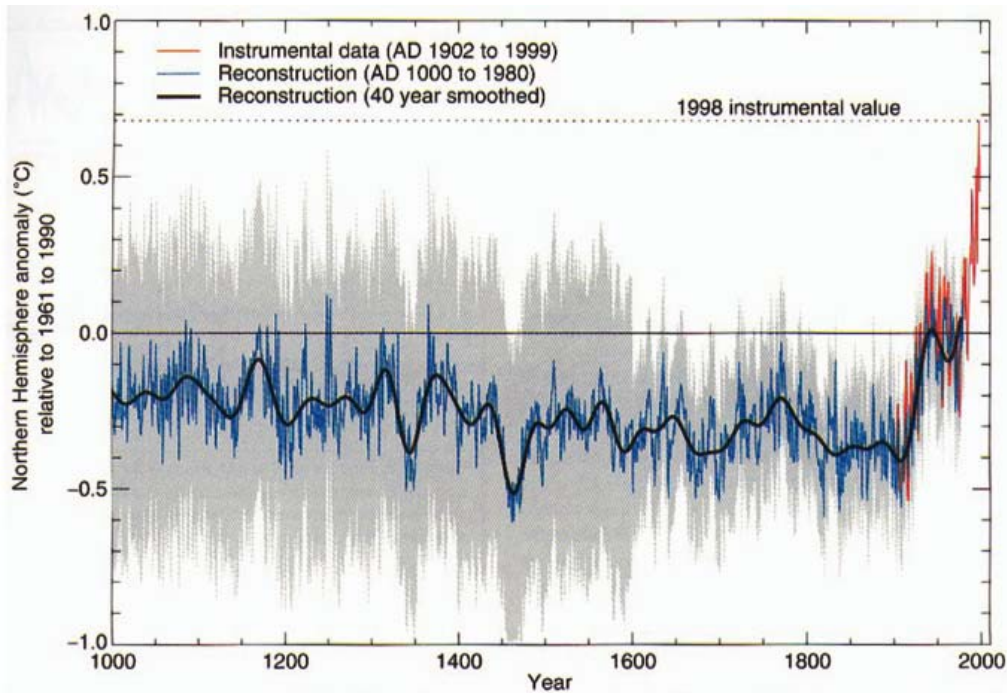
Dass sich das Klima in den letzten 100 Jahren und besonders in den letzten Jahrzehnten geändert hat, ist eine Tatsache, die durch weltweite Messungen und Beobachtungen bestätigt wird. Die vorliegende Abbildung, die dem letzten Bericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change) entnommen ist, gibt die Änderungen von drei markanten Größen wieder.

1. Die globale Mitteltemperatur hat seit 1910 knapp ein Grad zugenommen – in Innsbruck und anderen Orten der Alpen waren es ca. zwei Grad. In beiden Fällen war der Anstieg von kurzfristigen Schwankungen unterbrochen.
2. Die globale Erwärmung hat zu einem Anstieg des Meeresspiegels von ca. 15 cm geführt, weil sich das Meerwasser mit steigender Temperatur ausgedehnt hat und weil die Gletscher in allen Gebirgen der Erde verstärkt Schmelzwasser ins Meer fließen lassen.
3. Die winterliche Schneedecke der Nordhalbkugel hat sich von 38 auf 35 Millionen km<sup>2</sup> verringert, wobei hier in den vergangenen drei Jahrzehnten starke Schwankungen von Jahr zu Jahr aufgetreten sind, ein Phänomen, das uns in ähnlicher Form aus den Alpen bekannt ist.



Jahres- und Wintertemperaturen in Innsbruck





## Die natürliche Stabilität des Klimasystems

Die Abbildung oben zeigt den Verlauf der mittleren Lufttemperatur der Nordhalbkugel in den letzten 1000 Jahren, ausgedrückt als Abweichung vom Mittelwert der Periode 1961-1990. Die blauen Linien sind Jahreswerte, die aus sogenannten Proxydaten geschätzt wurden, das sind zum Beispiel Baumringe, historische Bilder und Dokumente, Blütezeiten sowie Messungen der Sauerstoffisotopen im Eis Grönlands, in dem Schichten aus dieser Zeit erhalten geblieben sind. Die schwarze Kurve hat die einzelnen Jahreswerte geglättet, der graue Hintergrund gibt den Unsicherheitsbereich dieser Rekonstruktionen an.

Die roten Daten sind direkte Temperaturmessungen, die seit etwa 1900 auf dem heutigen Standard durchgeführt wurden. Sie zeigen ab dieser Zeit eine deutliche und rasche Erwärmung, die zugleich einen Wechsel im Verhalten des Klimasystems signalisiert: in den 900 Jahren davor ist eine Reihe von positiven und negativen Schwankungen jeweils bald wieder stabilisiert und auf den Ausgangswert zurückgebracht worden. Der Trend der letzten 100 Jahre war kurz unterbrochen, scheint aber nach verschiedenen Modellrechnungen erst nach einer weiteren Erwärmung

um einige Grade ein neues Gleichgewicht zu finden. Ob und wann dieses Gleichgewicht wieder eintritt, ist sehr schwer zu berechnen, hängt aber sicher stark von den Menschen und ihrer Energieversorgung ab.

## Menschliche Beiträge zum Klimawandel

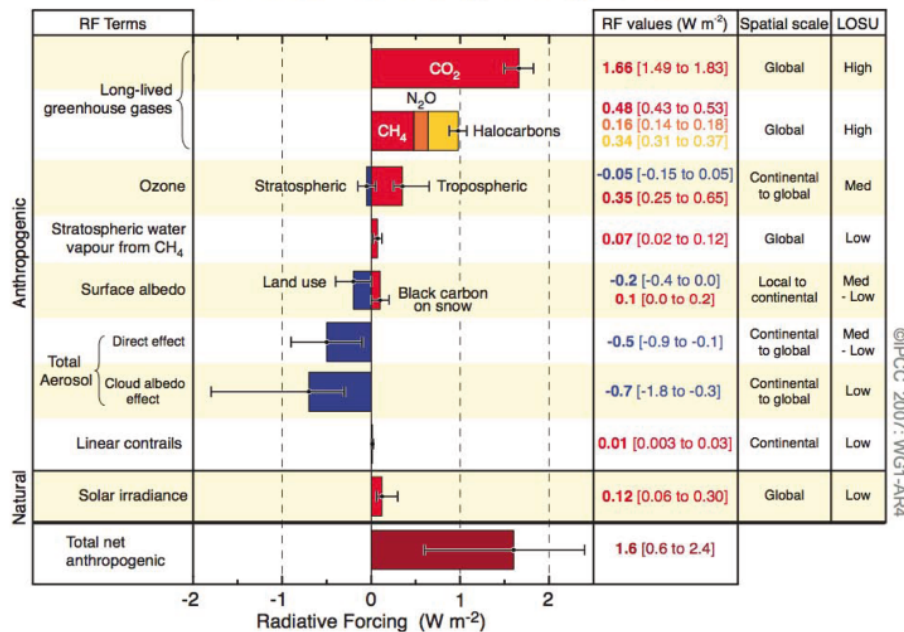
Die Energieversorgung des globalen Klimasystems erfolgt durch die Umwandlung von elektromagnetischer Energie der Sonnenstrahlung in Wärme, die zur Temperaturänderung der Atmosphäre, der Ozeane und der Landoberflächen verwendet wird.

Positive Beiträge in dieser Energiebilanz (Erwärmung) werden durch die Treibhausgase (Kohlendioxid, Methan, Ozon, Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe u. a.) geleistet, negative (Abkühlung) durch die Reflexion an Staub und anderen atmosphärischen Schwebstoffen, wie den Sulfataerosolen. Die Klimawirksamkeit ist in der folgenden Zusammenstellung als Watt pro Quadratmeter angegeben, rötliche Farbtöne zeigen Beiträge zur Erwärmung an, blaue die zur Abkühlung.

Die Konzentration dieser klimawirksamen Stoffe wird durch menschliche Aktivitäten geändert, die



## Radiative Forcing Components



weitgehend für die bisherige Erwärmung verantwortlich sind, andererseits kann das Verhalten der Menschen weitere Klimaänderungen teilweise verhindern und vermindern. Wie bisher wird auch in Zukunft ein sorgfältiges, verantwortungsbewusstes Abwägen der Nachhaltigkeit mit der Wirtschaftlichkeit der gesetzten Maßnahmen notwendig sein.

### Unser Umgang mit dem Klimawandel: Vermeidung als Herausforderung an die Technik

Die menschliche Reaktion auf die Klimaänderung kann in wenigen Begriffen zusammengefasst werden, die unter ihrem englischen Namen fast bekannter sind:

Vermeidung / Verminderung	Mitigation
Anpassung	Adaptation
Flucht	Migration

Dabei sind Vermeidung und Verminderung der zivilisierte Umgang mit dem Klimawandel, sie müssen die Ziele neuer Baukonzepte sein.

Es ist zu berücksichtigen, dass die globale Erwärmung nicht nur Einsparung bei der Heizung, sondern in weiten Teilen der Erde auch Mehrauf-

wand von Energie zur Kühlung bedeutet. Baukonzepte müssen in beide Richtungen gehen und lassen sich daher wieder auf die Steuerung der Energieflüsse reduzieren, die über verbesserte Technologien und bessere Ausnutzung der natürlichen Gegebenheiten erfolgen kann:

1. Verwendung erneuerbarer Energien  
Solarenergie 240 W m<sup>-2</sup>  
Geothermie 0,06 W m<sup>-2</sup>,  
jahreszeitlich wesentlich mehr  
Bioenergie, Wasserkraft, Wind
2. Energieeffizienz  
Dämmung, Altbausanierung  
Lüftung  
Beleuchtung  
Verglasung  
Ausnutzung der Mikrometeorologie.

Dass dabei jeweils die besonderen Bedingungen der alpinen Umwelt berücksichtigt werden müssen, erhöht die Ansprüche an die Kreativität und an das Wissen der Techniker, die mit dieser Herausforderung an neue Baukonzepte konfrontiert sind.

## Umgebungswärme ist „Erneuerbare Energie“ – ein Meilenstein zur Erreichung der EU-20-20-20-Ziele

GF DI Claudia HÜBSCH  
Bundesverband WärmePumpe Austria, Wien

### EU-Klima- und Energieziele (Beschluss März 2007)

Im März 2007 legten die Staats- und Regierungschefs der 27 EU-Mitgliedsstaaten verbindliche Ziele für die Klima- und Energiepolitik der EU fest und setzten damit einen wichtigen Schritt für eine nachhaltige europäische Energiezukunft.

Das erste Ziel betrifft die Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 20 % gegenüber dem Stand von 1990. Im Jahre 1990 betrug die gesamte CO<sub>2</sub>-Emission der EU 5.621 Mt. Eine Reduktion um 20 % gegenüber 1990 bedeutet für das Jahr 2020 einen Zielwert von 4.496 Mt bzw. einen um 1.124 Mt reduzierten Ausstoß von klimawirksamem CO<sub>2</sub>.

Weiteres Ziel ist die Senkung des Energieverbrauchs um 20 % des voraussichtlichen Niveaus von 2020 durch eine Verbesserung der Energieeffizienz. Der Endenergieverbrauch im Jahr 1990 betrug 12.452 TWh. Ausgehend von einem Schätzwert für das Jahr 2020 von 15.675 TWh beträgt der Zielwert 12.540 TWh. Die Reduktion von 20 % beläuft sich demnach auf 3.135 TWh.

Und schließlich hat sich die EU das Ziel gesetzt, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen zu erhöhen, sodass im Jahr 2020 ein Zielwert von 20 % erneuerbarer Energie am gesamten Endenergieverbrauch der EU-27 erreicht wird. Gegenwärtig beträgt der Anteil in der EU noch ca. 8,5 %. Damit werden im Jahr 2020 2.508 TWh Energie (bzw. 20 % des Endenergieverbrauchs von 12.540 TWh) durch erneuerbare Energie-

träger (Wind, Sonne, Biomasse, Umgebungswärme, usw.) verfügbar gemacht.

Diese so genannten 20-20-20-Ziele finden sich heute in fast allen Publikationen, die sich mit der zukünftigen Energieversorgung Europas befassen.

### Richtlinie zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien (Beschluss Dezember 2008)

Im Jänner 2008 legte die Europäische Kommission den Entwurf für eine Richtlinie zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien vor. Im Dezember 2008 hat das EU-Parlament schließlich einer Reihe von Maßnahmen zugestimmt, die als Voraussetzung zur Erreichung der 20-20-20-Ziele bis zum Jahr 2020 verstanden werden. Im Einzelnen handelt es sich hier um die Richtlinie zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung (sog. CCS-Richtlinie), die Richtlinie zum Emissionshandel (ETS-Richtlinie) und eben die Richtlinie zur Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien (RES-Richtlinie).

- Die CCS-Richtlinie regelt den gesetzlichen Rahmen für die Abscheidung, den Transport und die Ablagerung von CO<sub>2</sub>
- die ETS-Richtlinie setzt die Rahmenbedingungen für ein EU-weites CO<sub>2</sub>-Handelsystem und
- die RES-Richtlinie schafft Anreize für die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energien in allen Sektoren (Elektrizitätserzeugung, Heizung und Kühlung, Transport).

	1990	2020	Zielwert
Endenergienachfrage	12.452 TWh	Schätzung: 15.675 TWh Ziel: <b>12.540 TWh</b>	Reduktion um 20 % bzw. <b>3.135 TWh</b>
Anteil erneuerbarer Energieträger am Endenergieverbrauch		Basis: 12.540 TWh Ziel: <b>2.508 TWh</b>	20 % der Endenergienachfrage von 2020 bzw. <b>2.508 TWh</b>
Treibhausgas-Emissionen	5.621 Mt	Basis: 5.621 Mt Zielwert: <b>4.496 Mt</b>	Reduktion der Werte von 1990 um 20 % bzw. <b>1.124 Mt</b>



Gemeinsam sollen diese Richtlinien entscheidend zur Reduktion des Verbrauchs fossiler Energieträger und der damit verbundenen Treibhausgasemission beitragen.

Die Richtlinie zur Förderung der Nutzung von Energien aus erneuerbaren Quellen war also Teil des Energie- und Klimapakets, das am 17.12.2008 vom EU-Parlament in Strassburg angenommen wurde. Die Details werden in 29 Paragraphen ausgeführt. Sieben Anhänge befassen sich mit Zielwerten und Berechnungsmethoden.

Die Richtlinie setzt mit 20 % nicht nur den im Jahr 2020 in Europa zu erreichenden Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtendenergieverbrauch fest, sondern legt auch verbindliche nationale Ziele für den Anteil erneuerbarer Energien am Gesamtenergieverbrauch im Jahre 2020 fest. Sie gibt außerdem die Rahmenbedingungen und Anforderungen vor, anhand derer die Mitgliedsstaaten ihr nationales Emissionsziel erreichen müssen, und bestimmt, wie der Beitrag statistisch zu erfassen ist. Weiters beinhaltet sie Vorgaben zu Informations-, Ausbildungs- und Zertifizierungsaktivitäten sowie Bestimmungen, die den Zugang zum Verteilungsnetzwerk für erneuerbare Energien regeln. Diese Rahmenbedingungen müssen die Mitgliedsstaaten bis 2010 in nationales Recht umsetzen.

Das verbindliche Ziel für Österreich für das Jahr 2020 liegt bei 34 %.

	Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Endenergieverbrauch 2005 (S <sub>2005</sub> )	Zielwert für den Anteil von Energie aus erneuerbaren Quellen am Endenergieverbrauch im Jahr 2020 (S <sub>2020</sub> )
Österreich	23,3 %	34 %

Ein äußerst wichtiger Beitrag zur Erreichung dieses Ziels kann durch Umgebungswärme abgedeckt werden. Wärmepumpen sind österreichweit ein sehr beliebtes Heiz- und Kühlsystem. So beträgt ihr Anteil im Neubau von Einfamilienhäusern in einzelnen Bundesländern bereits über 50 %.

Soll eine mit Elektrizität betriebene Wärmepumpe 100 % des Energiebedarfs für Heizung, Kühlung

und Warmwassererzeugung abdecken, so bedarf es dazu nur 25 bis 30 % an Endenergie. Der Rest wird der Umwelt entnommen. Es handelt sich um erneuerbare Energie, die aus der Perspektive der Richtlinie statistisch erfasst werden muss und die in Summe zur Erreichung der Energie- und Klimaziele beiträgt.

Aus der Perspektive der Wärmepumpenindustrie ist deshalb Artikel 2 der Richtlinie besonders hervorzuheben. Er definiert Energie aus Luft, Wasser und Erdreich als Quellen erneuerbarer Energie. In Kombination mit Artikel 5, in dem die Anforderungen an Wärmepumpen festgelegt werden, wird die gesamte Wärmepumpentechnologie als Technologie zur Nutzung erneuerbarer Quellen anerkannt. Ihr Beitragspotenzial kann somit von den Mitgliedsstaaten bei der Planung von Maßnahmen vollends zur Zielerreichung berücksichtigt werden.

Artikel 5: Berechnung des Anteils von Energie aus erneuerbaren Quellen

***Aerothermische, geothermische und hydrothermische Energie, die durch Wärmepumpen gebunden wird, wird für die Zwecke des Absatzes 1 Buchstabe b dieses Artikels berücksichtigt, sofern der Endenergieoutput den Primärenergieinput deutlich überschreitet. Die Menge an Wärme, die im Sinne dieser Richtlinie als erneuerbare Energie betrachtet werden kann, berechnet sich nach der in Anhang VII vorgesehenen Methodologie.***

Der Anteil erneuerbarer Energie an der bereitgestellten Nutzenergie lässt sich über die Effizienz des Wärmepumpensystems (Jahresarbeitszahl = JAZ) ermitteln. Um zu vermeiden, dass Wärmepumpensysteme Berücksichtigung finden, die eine unzureichende Effizienz aufweisen, ist in der Richtlinie festgelegt, dass der Anteil erneuerbarer Energie immer dann statistisch erfasst werden kann, wenn die Menge bereitgestellter Energie den Endenergiebedarf um ein Vielfaches übersteigt. Im Detail bedeutet dies, dass nur Wärmepumpensysteme berücksichtigt werden, die der folgenden Formel entsprechen:

$$\text{Jahresarbeitszahl (JAZ)} > 1,15 \cdot 1/\eta$$

Diese Formel basiert auf der durchschnittlichen Effizienz aller erfassten Wärmepumpensysteme und der durchschnittlichen Umwandlungseffizienz des europäischen Elektrizitätsmix ( $\eta$ ). Bei einem für heute gültigen  $\eta$  von 2,5 (Umwandlungseffizienz von 40 %) ergibt sich eine mindestens zu erreichende Jahresarbeitszahl von 2,875. Aufgrund der gegenwärtigen Anstrengungen zur Ausdehnung des Anteils von Strom aus erneuerbaren Energien und aufgrund der Verbesserungen im Kraftwerkswirkungsgrad wird für das Jahr 2020 allerdings eine wesentliche höhere Umwandlungseffizienz erwartet.

Weiters ist anzumerken, dass der Beitrag von Wärmepumpen zum 20%-Ziel letztendlich auf Basis der im Jahr 2020 aktuell verfügbaren Werte zum Bestand der Wärmepumpe, zu deren durchschnittlichen Effizienz und zum dann gültigen  $\eta$ -Wert berechnet wird. Betrachtet man den Einzelfall, so wäre unter der Annahme eines Jahresenergiebedarfs von 15.000 kWh und einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl von 4 ein Beitrag aus erneuerbaren Energien von 11.250 kWh anzusetzen.

Der Vollständigkeit halber soll hier auch kurz auf die Konsequenzen in Bezug auf die Primärenergienutzung und auf die resultierenden Treibhausgasemissionen eingegangen werden, auch wenn dies ausdrücklich nicht Bestandteil der RES-Richtlinie ist.

Der Bedarf an Primärenergie und die Emission von Treibhausgasen lassen sich für ein Wärmepumpensystem direkt aus Energiemix und durchschnittlichem Kraftwerkswirkungsgrad ermitteln. Beide Werte werden durch einen erweiterten Einsatz von erneuerbaren Energien bei der Stromproduktion positiv beeinflusst. Daraus ergibt sich zweierlei:

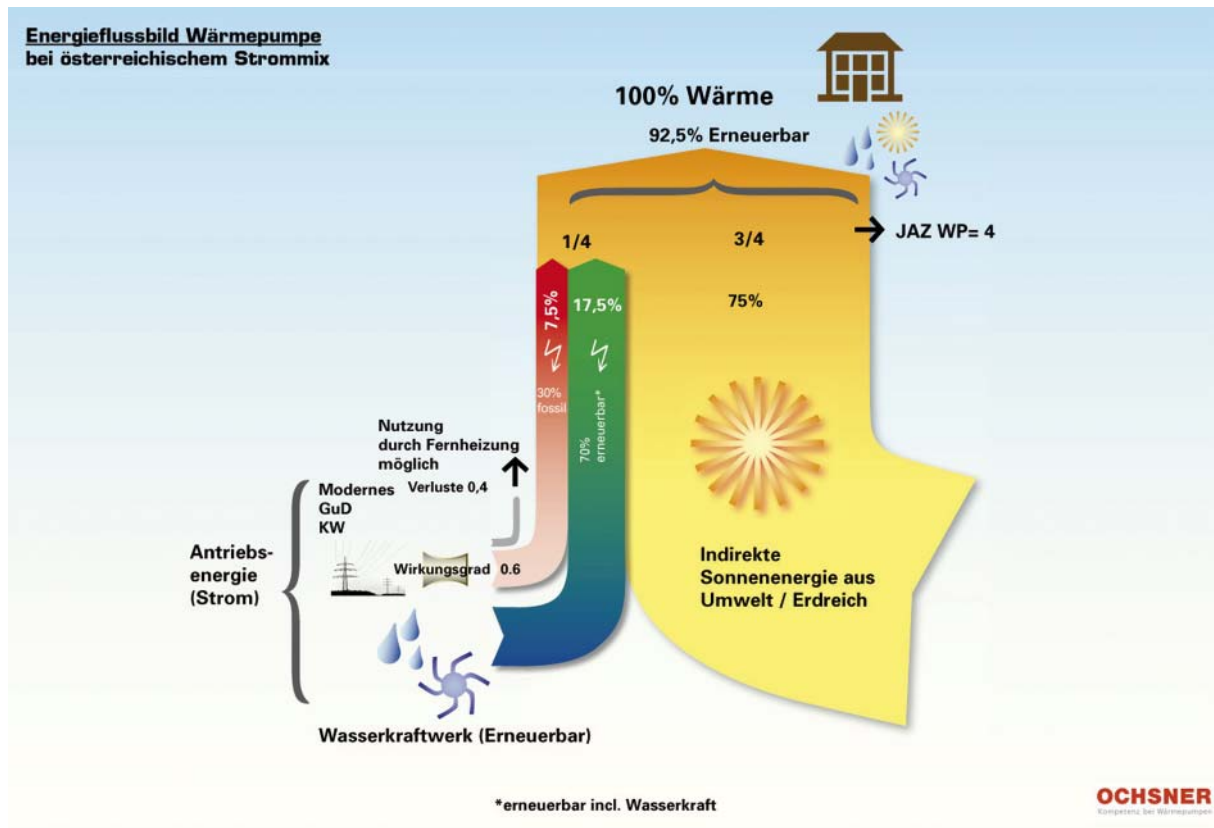
- a) Im Falle der Nutzung von Elektrizität, die zu 100 % aus erneuerbaren Quellen gewonnen wurde, macht die Wärmepumpe 100 % erneuerbare Nutzenergie zur Heizung, Kühlung und Warmwasserbereitung verfügbar.
- b) Alle installierten Wärmepumpen - auch die schon vorhandenen - profitieren von einem zunehmend effizienteren und „grüner“ werdenden Strommix. Über ihren Multiplika-

tionseffekt nimmt das Beitragspotenzial der Wärmepumpe zur Primärenergieeinsparung und zur Reduktion der Treibhausgasemissionen zu.

Bei Heranziehung des österreichischen Strommix beträgt der Anteil erneuerbarer Energie bereits jetzt über 90 % wie aus nebenstehender Abbildung ersichtlich ist.

Die Vielzahl der Vorgaben der Richtlinie muss in den Mitgliedsstaaten nun umgesetzt werden. Um dem europäischen Gedanken eines gemeinsamen Marktes mit vergleichbaren Anforderungen an Genehmigungsverfahren, Produktqualität und Ausbildungsstandards gerecht zu werden, wird deren Berücksichtigung bei der Umsetzung mehrfach angemahnt.

Die Umsetzung selber bedingt einen intensiven Informationsaustausch zwischen Kommission, Mitgliedsstaaten, Ministerrat und Parlament. Sicherlich das prominenteste Werkzeug ist der von den einzelnen Mitgliedsstaaten aufzustellende Aktionsplan für erneuerbare Energien (National Renewable Action Plan). Für diesen Bericht wird die Kommission eine Vorlage erarbeiten, die dann von den Mitgliedsstaaten zur Berichterstattung genutzt werden soll. Zunächst soll auf dieser Basis eine Istanalyse der von den Mitgliedsstaaten erwarteten Beiträge aus den Sektoren Mobilität, Heizung/Kühlung und Elektrizitätserzeugung erfolgen. Das Ergebnis dieser Analyse wird sodann mit den nationalen Beitragszielen verglichen. In der Fortentwicklung soll dieser Aktionsplan auch beschreiben, durch welche Maßnahmen die Mitgliedsstaaten ihre Zwischen- und Gesamtziele bis zum Jahr 2020 erreichen wollen. Die geplanten Maßnahmen werden von der Kommission bewertet und kommentiert. Ab 2013 müssen die Mitgliedsstaaten im Zweijahresrhythmus die Ergebnisse der jeweils vorangegangenen Periode berichten. Auf diese Weise soll sichergestellt werden, dass die Mitgliedsstaaten ausreichende Anstrengungen zur Zielerreichung unternehmen und dass etwaige Abweichungen so frühzeitig erkannt werden, dass Maßnahmen zu ihrer Korrektur getroffen werden können.



## Weiterer Ablauf

Die Zustimmung zur Richtlinie durch den Minister- rat wird für Ende April/Anfang Mai erwartet. Sie gilt gemeinhin als Formsache. Die Richtlinie wird im Anschluss im Amtsblatt der Union veröffentlicht und tritt 18 Monate später – also voraussichtlich im 4. Quartal 2010 – in Kraft.

## Innovative Systeme der Erdwärmenutzung – regenerative Energie aus dem Untergrund

DI Dr. Roman MARKIEWICZ  
 Geotechnik Adam ZT GmbH, Brunn am Gebirge

Die Nutzung der ausgeglichenen Temperaturen im Untergrund zur Klimatisierung durch den Menschen hat eine lange Tradition – in Erdkellern und Höhlen wird dies zur Lagerung von Lebensmitteln bereits seit Jahrtausenden verwendet. Die Einführung leistungsfähiger Wärmepumpen ermöglicht seit einigen Jahrzehnten die Anhebung der im Untergrund gespeicherten Energie auf Temperaturniveaus, die auch eine aktive Beheizung oder Kühlung von Gebäuden erlauben. Seit Anfang der 90er-Jahre wurden Technologien entwickelt, die es erlauben, Absorbersysteme in Bauwerksteile zu integrieren und damit größere Energiepotenziale zu günstigeren Preisen zu erschließen.

### 1 Einleitung

Erdberührte Bauwerksteile („Erdwärmeabsorber“) ermöglichen eine sehr wirtschaftliche Nutzung der geothermischen Energie. Dies betrifft vor allem Bauwerksteile aus Beton („Massivabsorber“). Hiefür kommen primär Tieffundierungen (Pfähle, Schlitzwände), aber auch Flachfundierungen und sogar Keller- bzw. Stützwände infrage. Die Absorberleitungen werden unmittelbar in die Fundierungselemente eingebaut, zusätzliche Einbauten im Erdreich sind nicht erforderlich. Es werden Systeme mit und ohne Wärmepumpen verwendet. Das Verfahren der geothermischen Energiebewirtschaftung ermöglicht eine umweltfreundliche, ressourcenschonende Heizung und/oder Kühlung von Bauwerken.

### 2 Geothermische Energiebewirtschaftung

Prinzipiell kann zwischen zwei grundsätzlich verschiedenen Möglichkeiten der geothermischen Energiebewirtschaftung unterschieden werden:

- einfache geothermische Energieentnahme bzw. -zufuhr

- saisonaler Betrieb mit Wärme- und Kältespeicherung

Während beim einfachen geothermischen Betrieb (Entnahme bzw. Zuführen von Wärme aus dem bzw. in den Boden) der Energiefluss lediglich in einer Richtung erfolgt, wird beim saisonalen Betrieb die thermodynamische Trägheit des Bodens herangezogen, um Energie im Boden zu speichern, sodass diese zum benötigten Zeitpunkt wiederum entnommen werden kann. Bei einem saisonalen Speicher ist es daher möglich, eine ausgeglichene Energiebilanz im Zeitraum eines Jahres zu gewährleisten.

### 3 Prinzip der geothermischen Energienutzung bei Hochbauten

In den meisten Klimazonen Europas ist die Temperatur des Untergrundes ab einer Tiefe von ca. 10-15 m relativ konstant: Bis zu einer Tiefe von ca. 50 m beträgt sie in der Regel 10-15 °C. Daher reicht eine Umwälzung der Wärme für eine Heizung im Allgemeinen nicht aus; Ähnliches gilt für eine Kühlung. Aus diesem Grund ist zu unterscheiden zwischen

- Systemen ohne Wärmepumpe
- Systemen mit Wärmepumpe.

Mittels Wärmepumpe können Absorbersysteme zur Gebäudeheizung verwendet werden; umschaltbare Wärmepumpen ermöglichen sowohl eine Beheizung als auch eine Kühlung. Die Bodenwärme wird der Wärmepumpe durch den sog. Primärkreislauf zugeführt; der Sekundärkreislauf befindet sich im Bauwerk. Leistungsfähige Wärmepumpen weisen einen Wirkungsgrad von ca. 4 auf: In diesem Fall ist nur ¼ an elektrischer Energie erforderlich; der Hauptanteil von ¾ der erforderlichen Gesamtenergie stammt aus der Umweltwärme.



Bei einem geothermischen Kühlsystem wird dem Gebäude Wärme entweder über eine Luftkühlung oder einem auf Wasser basierenden Kühlsystem entzogen. Die Kältemaschine ist dabei an das Absorbersystem angeschlossen und leitet die Überschusswärme über das Transportmedium im Primärkreislauf in den Boden. Bei kombinierten Systemen bzw. saisonaler Erdwärmespeicherung kann die Energie bei Bedarf wiederum entnommen werden. Beim sog. „Free Cooling“ wird der Fremdenergiebedarf auf den Betrieb einer Umwälzpumpe reduziert.

Das Grundprinzip zur Erdwärmenutzung besteht darin, Betonelemente mit Kunststoffrohren zu bestücken und mit einem geeigneten Medium (im Allgemeinen Wasser bzw. Mischungen aus Wasser und Frostschutzmittel [Glykol]) Erdwärme umzuwälzen und diese einer Nutzung (Heizung, Kühlung) zuzuführen. Die hohe Wärmeleit- und Speichereigenschaft von Beton machen diesen Baustoff zu einem geeigneten Energieabsorber.

Platten- und Pfahlgründungen von Bauwerken werden etwa seit Mitte der Achtzigerjahre zur Nutzung von geothermischer Energie herangezogen, ohne dass ein großer Mehraufwand bei der Herstellung der statisch ohnehin erforderlichen Bauteile notwendig ist. Seit dem Jahre 1996 sind auch Schlitzwände, die zur Baugrubensicherung bzw. Fundierung von Bauwerken dienen, als Energieabsorber im Einsatz.

Im Prinzip können alle erdanliegenden Betonbauteile als Energieabsorber verwendet werden. Somit eignen sich auch Flachfundierungen. Tieffundierungen (Pfähle, Schlitzwände) sogar in besonderer Weise, da tiefer liegende Bereiche des Untergrundes erschlossen werden, welche nicht mehr unter dem Einfluss der saisonalen Temperaturschwankungen an der Oberfläche stehen. Aus diesem Grund ist auch der „Energiepfahl“ jenes Element, mit dem am häufigsten eine geothermische Energiebewirtschaftung erfolgt. Grundsätzlich kommen folgende Tieffundierungen infrage:

- Ortbetonbohrpfähle
- Rammpfähle aus Stahlbeton (Voll- und Hohlquerschnitt)
- Schlitzwände

An der Bewehrung werden in situ bzw. im Werk Wärmetauscherrohre montiert. Diese Rohre, die im Allgemeinen einen Durchmesser von 20 mm bis 25 mm aufweisen, bestehen meist aus HDPE. Beim Betoniervorgang werden die Schläuche unter Druck gesetzt, anschließend erfolgt eine Dichtheitsprüfung der Rohrleitungen mit einem definierten Druck von 8 bis 10 bar.



Abbildung 1: HDPE-Absorberleitungen einer „Energiebodenplatte“, montiert auf der Sauberkeitsschicht eines Hochbaus

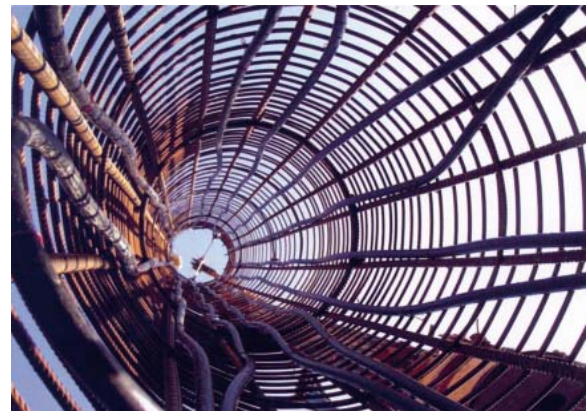


Abbildung 2: HDPE-Absorberleitungen eines „Energiepfahles“, montiert am Bewehrungskorb eines Bohrpfahles



Abbildung 3: HDPE-Absorberleitungen einer „Energieschlitzwand“, montiert am Bewehrungskorb eines Schlitzwandelementes

Ist die Bewehrung aufgrund großer Pfahllänge zu stoßen, so kann mittels einer Schweißverbindung bzw. Patentkupplung die Verbindung der Rohrleitungen in wenigen Minuten hergestellt werden. Im Bereich des Pfahlkopfes ist eine Aussparung angebracht, in der sich die Vor- und Rücklaufleitungen befinden. Die Pfähle können mit einem oder mehreren Kreisläufen ausgestattet werden.

Beispiele von ausgeführten Hochbauprojekten mit Energiefundierungen in Wien sind:

- das EA GeneraliCenter
- das Columbuscenter
- der Uniqa Tower
- die STRABAG-Zentrale

## 4 Weiterentwicklungen für den Ingenieurtiefbau und Tunnelbau

### 4.1 Allgemeines

Die Massivabsorbertechnologie hat sich sowohl für die Beheizung als auch für die Kühlung von Hochbauten in Verbindung mit Wärmepumpen bzw. Kältemaschinen bereits bestens bewährt. Besonders bei der Kühlung erweist sich die Nutzung der Erdwärme als hervorragende Energiequelle, da einerseits die Aggregate im Vergleich zur konventionellen Ausstattung kleiner ausfallen können und andererseits die Betriebskosten im Vergleich zu einer herkömmlichen Kühlung mit Strom wesentlich geringer sind.

Eine völlig neue Anwendung dieser innovativen Technologie ist die Nutzung der geothermischen Energie mittels Tunnelbauwerken. Dies bietet gegenüber den traditionellen Anwendungen folgende Vorteile:

- Tunnelbauwerke liegen von Natur aus in Tiefen, wo bereits mit konstanter Jahresmitteltemperatur gerechnet werden kann.
- Tunnelbauwerke bieten große erdberührte Flächen und ermöglichen damit die Erschließung deutlich größerer Energiemengen.
- Längere Tunnel weisen erhebliche innere Wärmequellen, vor allem durch die Abwärme der Fahrzeuge, auf. In U-Bahn-Tunneln ist dies besonders prägnant, wo auch im

Winter Temperaturen über 20 °C vorherrschen können.

- In den großen Genehmigungsverfahren, die für Tunnelbauwerke erforderlich sind, können aus Vorhaben wie der Erdwärmenutzung auch immaterielle Vorteile erwachsen, wie etwa ein positives Image des Projektwerbers oder eine erhöhte Akzeptanz des Tunnelbaus beim Anrainer.

Die Möglichkeiten der Nutzung der Energie für Heiz- und Kühlzwecke sind vielfältig. Jedes Tunnelbauwerk verfügt zunächst über einen nicht unerheblichen Eigenbedarf an Energie. Besonders deutlich ist dies bei U-Bahn-Stationen, wo verschiedene Räumlichkeiten beheizt und gekühlt werden müssen. Im Eisenbahn- und Straßentunnelbau besteht jedoch auch oft die Notwendigkeit der Beheizung und Kühlung von Betriebsräumen, Schaltwarten oder Lüfterzentralen. Ein weiteres wichtiges Feld der Eigennutzung stellt die Eisfreiheit dar, besonders im Straßentunnelbau, wo dies in den Portal- und Einfahrtsbereichen aus Gründen der Verkehrssicherheit sehr wünschenswert wäre. Im Eisenbahntunnelbau sind ebenfalls Zufahrten, besonders zu Wartungs- und Sicherungsanlagen wie Rettungsstollen sowie Bahnsteige, eisfrei zu halten.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit der Veräußerung von Tunnelenergie an Drittnutzer. Dies ist vor allem bei innerstädtischen Tunnelbauwerken interessant, wo die Tunnel meist nah an der Oberfläche liegen und die Abstände zu den Nutzern gering sind. Ideal sind hier große, neu errichtete Objekte mit gemischter Wohn- und Gewerbenutzung und einem möglichst hohen Kühlbedarf.

### 4.2 Tunnels in offener Bauweise

Beim Einbau von Massivabsorberelementen in Tunnels ist zunächst zwischen offenen und bergmännischen Tunnelbauten zu unterscheiden. Bei der Anwendung der offenen Bauweise steht das bereits aus dem Hochbau bekannte Arsenal an Methoden zur Verfügung: Einbau von Absorberelementen in Bohrpfählen, Schlitzwänden und unter den Bodenplatten.

Die Pilotanlage „Hadersdorf-Weidlingau“ im Lainzer Tunnel Bauabschnitt LT24 (im Westen von Wien), die im Februar 2004 in Betrieb ging, stellt



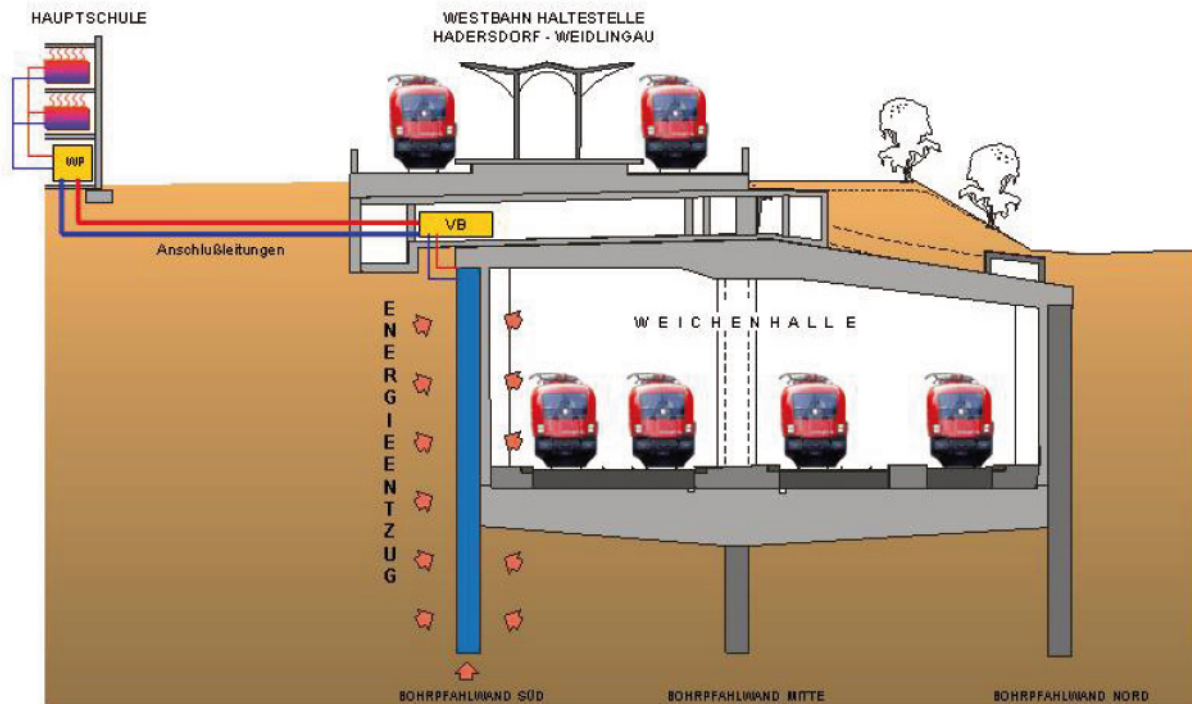


Abbildung 4: Querschnitt der geothermischen Versuchsanlage in Hadersdorf-Weidlingau

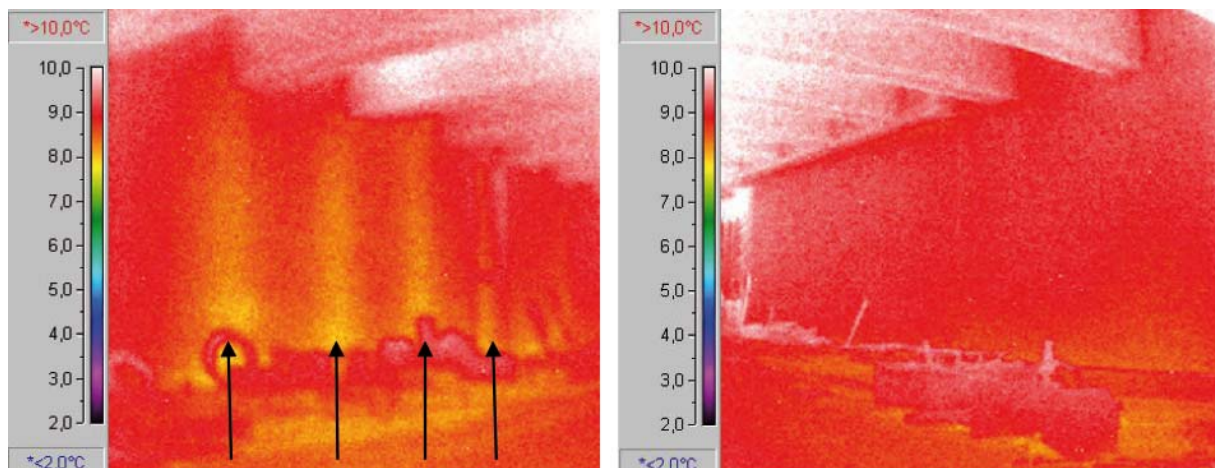


Abbildung 5: Wärmebild des mit Energiepfählen ausgerüsteten Tunnelabschnittes beim Lainzer Tunnel Baulos „LT24 – Hadersdorf-Weidlingau“. Links ist die lokale Abkühlung (Pfeile) der Tunnelschale durch die Energiepfähle deutlich zu erkennen. Rechts ist im Vergleich dazu die gegenüberliegende Tunnelwand zu sehen, bei der kein Erdwärmeentzug stattfindet.

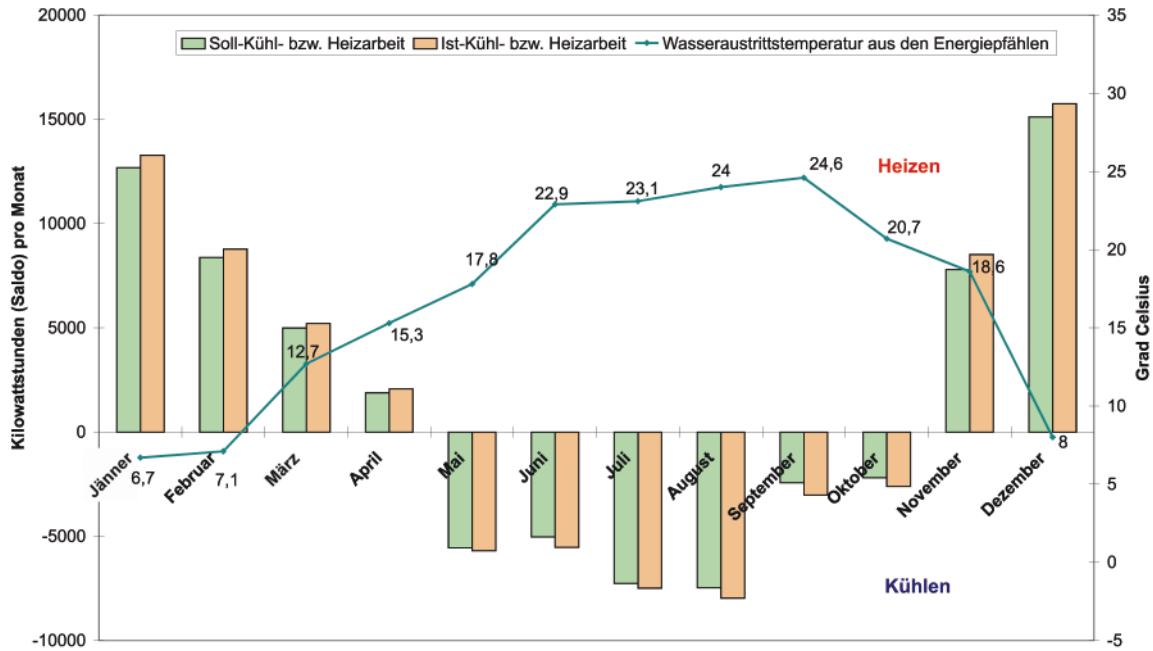


Abbildung 6: Simulationsergebnis für die Absorberanlage der Station U2/1 Schottenring. Das Ergebnis zeigt eine in etwa ausgeglichene Energiebilanz im Jahresverlauf.

die erste großmaßstäbliche Anwendung zur Erdwärmennutzung im Tunnelbau dar. Über 59 Energiepfähle (Abb. 5) kann eine Wärmeleistung von 150 kW erzeugt werden, die zur Beheizung der nahe gelegenen Sporthauptschule Hadersdorf verwendet wird. Der Betrieb der Anlage wird durch ein umfassendes wissenschaftliches Forschungsprogramm begleitet, das es ermöglichen soll, künftige Anlagen noch effizienter zu errichten und die verschiedenen Betriebszustände zu optimieren.

Die Erfolge dieser Pilotanlage haben schließlich dazu beigetragen, dass diese Technologie auch im U-Bahn-Bau eingesetzt wird. Die Wiener Linien GmbH hat sich entschlossen, im Rahmen der Verlängerung der U-Bahn-Linie U2 die vier unterirdischen Stationen „Schottenring“, „Taborstraße“, „Praterstern“ und „Messe“ mit einer Erdwärmeanlage zur Deckung des Heiz- und Kühlbedarfs der Stationsräume auszurüsten. In

Abhängigkeit der Fundierungselemente werden Energiepfähle, Energieschlitzwände oder Energiebodenplatten verwendet, um eine gesamte Heizleistung von 449 kW und eine gesamte Kühlleistung von 131 kW zu gewährleisten. Besonders bei der Kühlleistung erweist sich die Nutzung der Erdwärme als hervorragende Energiequelle, da die Aggregate im Vergleich zur konventionellen Ausstattung kleiner ausfallen können und die angesaugten Luftmengen geringer sind, was wieder zu einer Reduktion von Stollenquerschnitten führt.

Auch bei der Anwendung im U-Bahn-Bau ist ein intensives Mess- und Forschungsprogramm integriert, wobei einerseits die Auswirkungen der Erdwärmeanlagen auf das Tragverhalten der Fundierungen und andererseits der Temperaturhaushalt des Untergrundes untersucht werden. Die komplette Anlage wird im Winter 2007/2008 erstmals in Betrieb genommen.

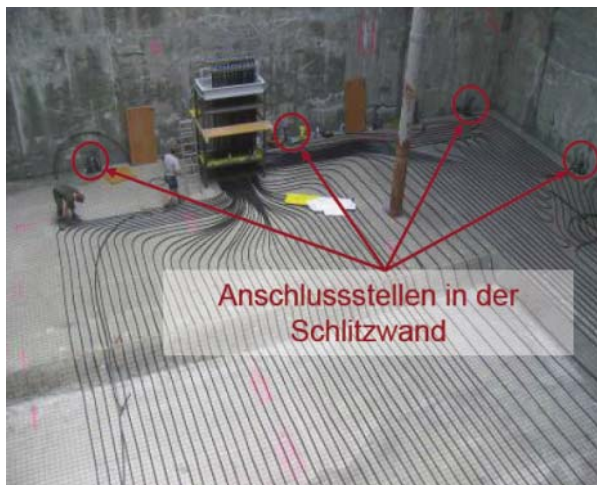


Abbildung 7: Energiebodenplatten in einem Stationsbauwerk (links) und in einem Tunnelabschnitt (rechts) bei der U-BahnLinie U2 in Wien.

### 4.3 Tunnels in geschlossener Bauweise

#### 4.3.1 Energievlies

Bei Tunnels, die in geschlossener Bauweise hergestellt werden, ist das bewährte System der Montage von Absorberleitungen in Betonbauteilen nur im Sohlbereich (Abb. 7 rechts) möglich. Um auch die Tunnelschale für den Energieentzug heranziehen zu können, wurde ein gänzlich neues Produkt, das so genannte „Energievlies“, entwickelt.

Die ersten Überlegungen hinsichtlich der Entwicklung eines Energievlieses erfolgten bereits 2002. Es wurden mehrere Möglichkeiten diskutiert, wie in einem Tunnelbauwerk eine Energieextraktion mit einem Vlies erfolgen könnte, wobei letztendlich einem Schutz- und Drainagevlies mit integrierter Rohrleitung der Vorzug gegeben wurde. Durch den Einbau von Rohrleitungen in ein Schutz- und Drainagevlies erhält man ein der bereits erprobten Massivabsorbertechnik ähnliches System, bei dem ein geschlossener Kreislauf zur Energieextraktion vorliegt. Über eine Sammelleitung (beispielsweise im Ulmenbereich) können einzelne Zellen gespeist werden, in denen die Absorberflüssigkeit Energie aus dem umliegenden Erdreich entzieht und anschließend über eine Sammelleitung zur Wärmepumpe weiterleitet. Mit diesem System lassen sich einzelne in sich abgeschlossene Zellen herstellen, die im Bedarfsfall (Schadensfall) vom übrigen Kreislauf abgekoppelt

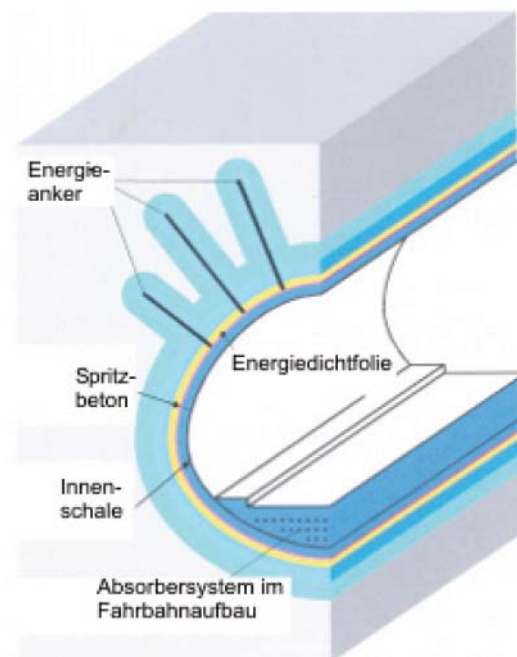


Abbildung 8: „Energietunnel“ mit bergmännischem Vortrieb. Situierung der verschiedenen Absorberelemente – schematisch

werden können. Idealerweise können vorgefertigte Elemente (Vlies mit integrierter Rohrleitung) angefertigt und an die Baustelle geliefert werden, wodurch hinsichtlich der Bauausführung keine wesentlichen Änderungen zu erwarten sind, da ein Schutz- und Drainagevlies in vielen Fällen ohnehin eingebaut wird (der Bauherr muss kein zusätzliches Element kaufen und es ergibt sich kein zusätzlicher Arbeitsschritt beim Einbau). Die Montage der Rohrleitungen am Vlies bietet zu-





Abbildung 9: Einbau des Energievlieses im bergmännischen Tunnelbau beim Lainzer Tunnel Bauabschnitt „LT22 – Bierhäuselberg“

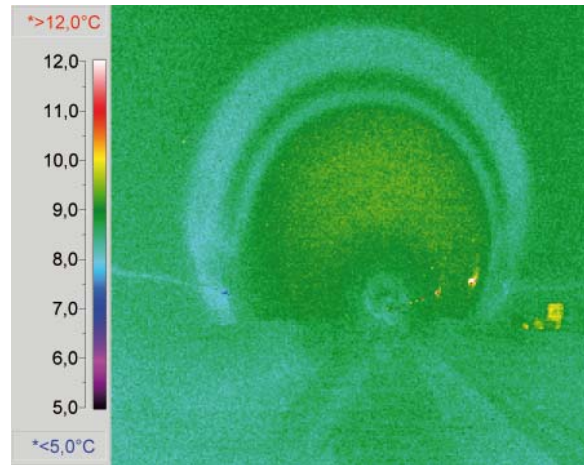


Abbildung 10: Aufnahme mit einer Wärmebildkamera zur Veranschaulichung des Wärmeflusses beim Energievlies nach Fertigstellung der Tunnelschale

dem den Vorteil, dass das Vlies die Rohrleitungen vor allem beim Betoniervorgang der Innenschale schützt.

Nach Herstellung und Testen eines Energievlies-Prototyps im Labor wurde eine Versuchsanlage im Lainzer Tunnel Abschnitt „LT22 - Bierhäuselberg“ (im Westen von Wien) hergestellt und betrieben. In 2 Tunnelblöcken wurden jeweils 4 Energievliesbahnen montiert und sowohl im Heiz- als auch im Kühlbetrieb getestet. Obwohl mit dieser Versuchsanlage wertvolle Erkenntnisse in Bezug auf den Einbau beim bergmännischen Tunnelbau und deren Betrieb gewonnen werden konnten, erscheint eine wirtschaftliche Umsetzung von Großprojekten erst nach Realisierung einer größeren Pilotanlage möglich. Im Rahmen einer solchen Pilotanlage sind in erster Linie die Kosten und die Randbedingungen für einen reibungslosen Einbau zu eruieren. Zudem sind noch Detaillösungen z. B. hinsichtlich der Leitungsführung zu erarbeiten.

#### 4.3.2 Energieanker

Weitere Untersuchungen haben sich mit der Entwicklung des so genannten Energieankers beschäftigt, bei dem ein Anker, der primär zur Tunnel- oder Hangsicherung verwendet wird, auch der Energienutzung dient. Im Vergleich zu den bereits angeführten Massivabsorbersystemen wie Energiepfähle und Energieschlitzwände bei Tunnels in offener Bauweise oder Energievliese

bei geschlossener Bauweise haben Anker den Vorteil, dass sie vom Fels bzw. Boden vollkommen umschlossen sind und somit rundum Wärme entziehen bzw. überschüssige Wärme einspeisen können.

Die Idee zur Nutzung von Erdwärme mittels Anker bestand schon seit langer Zeit. Ein Problem hierbei war allerdings die technische Realisierung aufgrund der begrenzten Platzverhältnisse im Ankerinneren. Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde in den letzten Jahren allerdings ein Prototyp mittels eines Injektionsbohrankers vom Typ Atlas Copco MAI SDA entwickelt. Das Tragelement eines solchen Ankers, die Ankerstange, ist als Rohr mit kalt aufgerolltem Außengewinde ausgeführt und bietet somit genügend Platz, um Absorberflüssigkeit ein- und rückzuleiten. Unter Verwendung einer verlorenen Bohrkronen wird der Anker in den Baugrund eingebohrt und mittels Kupplungen nach Bedarf verlängert. Nach dem Verpressen und Aushärten des Ankermörtels besteht eine kraft- und formschlüssige Verbindung zwischen Anker und Baugrund.

Nach dem Verpressen des Ankermörtels muss der Spülkanal des Energieankers vom Zementmörtel gereinigt werden. Im nächsten Schritt ist die Bohrkronen dauerhaft abzudichten – einerseits gegen drückendes Wasser von der Bergseite, andererseits gegen den Innendruck des geschlossenen Kreislaufes der Absorberflüssigkeit.

Der luftseitige Anschluss des Systems im Tunnel muss einfach herzustellen sein, aus Kostengründen sind Standardprodukte einzusetzen. Wichtig hierbei ist eine rasch und unter Baustellenbedingungen herstellbare, dichte Verbindung der Anker untereinander zu einem geschlossenen Absorberkreislauf.

Ein Energieanker darf sich in der Handhabbarkeit nur gering bis gar nicht von einem herkömmlichen Anker unterscheiden, um für den Tunnelbau bzw. eine Hangsicherung überhaupt geeignet zu sein. Problematische Bereiche sind dabei die dauerhaften Abdichtungen an der Bohrkronen im Bohrlochtiefsen bzw. an den Kupplungsmuffen zwischen zwei Ankerstangen.

Im Rahmen dieser Forschungstätigkeit wurde schließlich eine Testanlage im Baulos LT 31 Klimtgasse des Lainzer Tunnels (Wien) errichtet und betrieben. Obwohl im Rahmen dieser Testanlage die Funktionsfähigkeit des Energieankers nachgewiesen werden konnte, sind allerdings noch weitere Untersuchungen notwendig, um einen wirtschaftlichen Einsatz von Energieankern bei Großprojekten umsetzen zu können.

#### 4.4 Energiebrunnen

Bei vielen Bauvorhaben – insbesondere bei Tunnelbauwerken in offener Bauweise – werden Brunnen zur Absenkung des Grundwasserspiegels benötigt. Diese meist temporären Maßnahmen können auch zur Heizung und/oder Kühlung benachbarter Bauwerke genutzt werden, und zwar sowohl temporär als auch permanent. Letzteres erfordert im Allgemeinen keine aufwändige zusätzliche wasserrechtliche Genehmigung, da die Nutzung von einzelnen Brunnen nur zur geothermischen Energiebewirtschaftung keinen Eingriff in den Wasserhaushalt des Untergrundes darstellt.

Eine zu Forschungszwecken umfassend instrumentierte Versuchsanlage wurde in Wien betrieben, bei der sowohl Entnahmebrunnen (Wärmequelle) als auch Versickerungsbrunnen (Wärmesenke) verwendet worden sind. Zur Erzielung eines geschlossenen Wärmeträgersystems dienten U-förmige Rohre als Erdwärmesonden.



Abbildung 11: Energieanker-Testanlage in einer Böschungssicherung (Lainzer Tunnel, LT 31 Klimtgasse, Wien)

Aus einem rund 40 m tiefen Brunnen konnte bei diesem Versuchsprojekt unter Berücksichtigung der vorliegenden Randbedingungen (Bodenaufbau, Grundwasser, Verfüllmaterial etc.) eine Leistung von ca. 2 kW erzielt werden.



Abbildung 12: Herstellung eines Energiebrunnens

## 5 Literatur

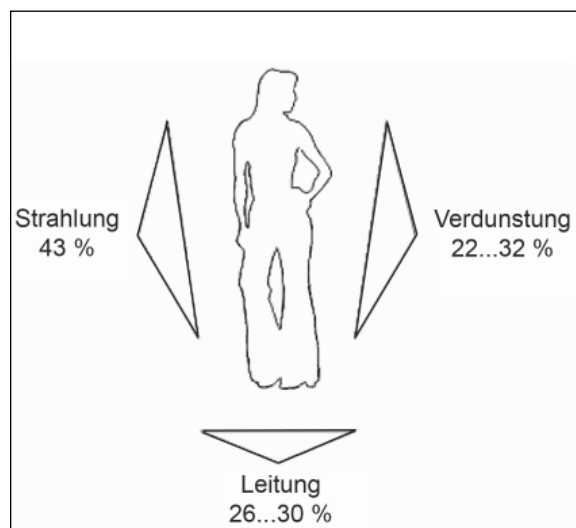
- Adam, D.; Markiewicz, R.: Nutzung der geothermischen Energie mittels erdberührter Bauteile – Teil 2: Experimentelle Untersuchungen und Computersimulationen. Österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift (ÖIAZ), 2002. 147 (5).
- Adam, D.; Markiewicz, R.: Nutzung der geothermischen Energie mittels erdberührter Bauteile – Teil 3: Ausführungsbeispiele und Neuentwicklungen. Österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift (ÖIAZ), 2003. 148 (1).
- Brandl, H.: Energy piles and diaphragm walls for heat transfer from and into ground. In 3<sup>rd</sup> International Geotechnical Seminar, Deep Foundations and Auger Piles, III. University of Gent. 1998. Gent, Belgium, A.A. Balkema, Rotterdam.
- Brandl, H.: Energy piles for heating and cooling of buildings. in Proc. of 7th Int. Conference & Exhibition on Piling and Deep Foundations. 1998. Vienna.
- Brandl, H.: Geothermal utilisation of deep foundations. In Civil and Environmental Engineering Conference, Asian Institute of Technology (AIT). 1999. Bangkok.
- Brandl, H.: Energy foundations and other thermo-active ground structures. Rankine lecture. Géotechnique, 2006. 56 (2): p. 81-122.
- Brandl, H.; Markiewicz, R.: Geothermische Nutzung von Bauwerksfundierungen („Energiefundierungen“). Österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift (ÖIAZ), 2001. 146. Jg. (5-6).
- Markiewicz, R.: Numerische und experimentelle Untersuchungen zur Nutzung von geothermischer Energie mittels erdberührter Bauteile und Neuentwicklungen für den Tunnelbau. Dissertation am Institut für Grundbau und Bodenmechanik. 2004, Technische Universität Wien, Wien. p. p. 333.
- Oberhauser, A.: Verfahrens- und Komponentenentwicklung zur Planung von Tunnelthermie®-Anlagen. Dissertation am Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen. 2006, Technische Universität Wien, Wien. p. p.176.
- Oberhauser, A., et al.: Der Energieanker - Synergien bei der Nutzung eines statisch konstruktiven Bauteils. Österreichische Ingenieur- und Architektenzeitschrift (ÖIAZ), 2006. 151 (4-6): p. 97-102.
- Ostermann, N.; Adam, D. und Unterberger, W.: Erdwärmenutzung im Verkehrstunnelbau. Schriftenreihe der Österreichischen Vereinigung für Beton- und Bautechnik, 2003. 53: p. 59-63.



## Energiewirtschaftliche Optimierung und Behaglichkeit: Visionen umsetzen

GF DI Bruno OBERHUBER  
Energie Tirol, Innsbruck

Eine sichere, nachhaltige Energieversorgung ist die zentrale Herausforderung für die Zukunft. Die Ängste und Sorgen diese Herausforderung zu bewältigen, scheinen berechtigt, wenn man das derzeitige Energiesystem „von oben“ betrachtet und riesige Energieströme erkennen kann, deren Unterbrechung oder Versiegen unsere Gesellschaft vor scheinbar unlösbare Probleme stellt. Aus dieser Sicht kann von sicherer Behaglichkeit keine Rede sein.



### Behaglichkeit

Abhängig von einer Vielzahl von Faktoren:

- Faktoren sind voneinander abhängig
- abhängig von individuellen Faktoren (Kleidung, Aktivität, Gesundheitszustand)
- teilweise subjektiv

Wesentlichen Einflussgrößen:

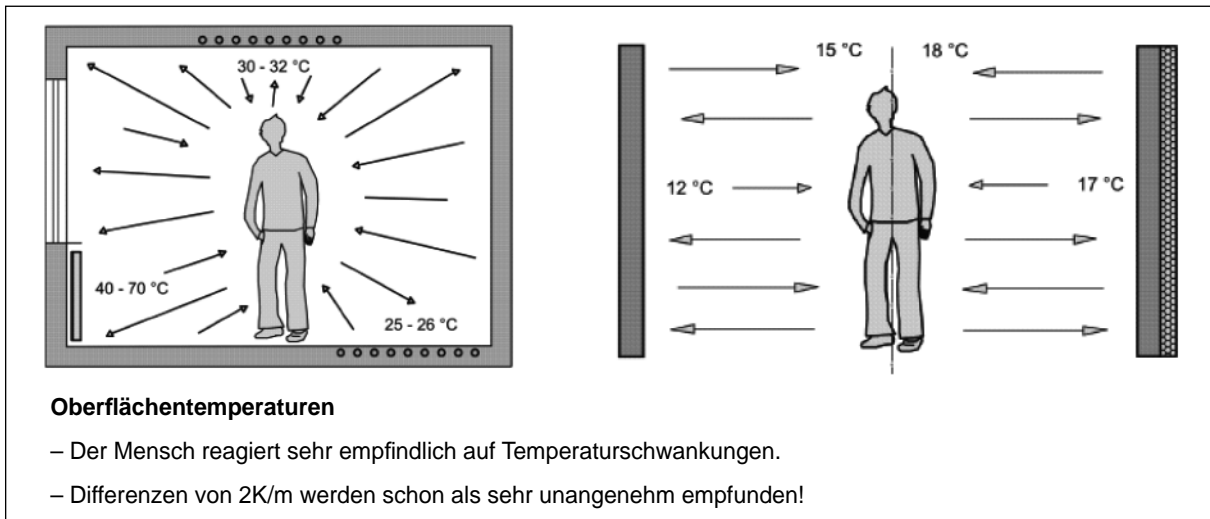
- Raumlufttemperatur
- mittlere Oberflächentemperatur
- relative Raumluftfeuchtigkeit
- Luftwechselrate
- Geräuschpegel, Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte...

Um die Arbeit des Umbaus der Energiesysteme angehen zu können, ohne dabei das „Ganze“ außer acht zu lassen, ist daher eine Unterteilung dieser Systeme in die Teilbereiche Raumwärme, Transport oder Produktion angebracht. Bei detaillierter Betrachtung wird klar, dass die Weiterentwicklung unserer Energiesysteme nur unter Einbeziehung der beiden Bereiche Energieeffizienz und erneuerbare Energieressourcen funktionieren kann.

Die Vision einer dauerhaften, nachhaltigen Energieversorgung und -nutzung muss rasch in die Realität umgesetzt werden. Dabei hat Tirol einen besonderen Standortvorteil, der die Zielerreichung auch aus heutiger Sicht und mit den bereits vorhandenen Technologien realistisch möglich macht.

Herunter gebrochen auf den Bereich Raumwärme dürfen sich die Ängste und Befürchtungen vor der neuen Energiezukunft rasch auflösen. Die Physik zeigt, dass Wärmeenergie immer von einem höheren zu einem niedrigeren Temperaturniveau transportiert wird. Im Winter fließt die Wärme also aus dem Innenraum über die Gebäudehülle in die kalte Außenumgebung ab. Wärmeenergie muss demnach ständig nachgeliefert werden, um eine Raumtemperatur von zum Beispiel 20° Celsius zu halten.

Die Lösung liegt somit im Aufbau möglichst hoher Hürden - sprich großer Dämmstärken sowie hervorragenden Fenstern und Glasqualitäten, um diesen Energietransport so gering wie möglich zu halten und damit wenig Energie bereit stellen zu müssen. Die Resultate dieser Bemühungen überzeugen: Nach neuesten Erkenntnissen errichtete Gebäude verbrauchen um bis zu 90% weniger Energie. Bei einem Gebäude mit diesem geringen Energiebedarf ist auch die zweite Frage, nämlich die der Energieversorgung für die Raumwärme mit den bereits vorhandenen Technologien auf



einer nachhaltigen, erneuerbaren Basis einfach zu lösen. Für Tirol sind das vor allem Biomasse, Sonnenenergie und Umweltwärme, welche dann diesen Teil der Energieversorgung zu hundert Prozent übernehmen können.

Es hat sich gezeigt, dass diese Vorgangsweise gleichermaßen für Wohn- und Nichtwohngebäude hervorragende Ergebnisse liefert. So tragen bei diesen effizienten Gebäuden zum Beispiel bereits die im Inneren latent vorhanden Wärmequellen wie Personen oder EDV-Geräte einen wesentlichen Beitrag zur Konditionierung der Gebäude im Winter bei.

Und wo bleibt die Behaglichkeit? Zum einen kann man sich für den Raumwärmeteil des Energiesystems, der für Tirol ca. 40% des Endenergiebedarfes ausmacht, was die Technologiefrage betrifft vorerst mal „entspannter“ zurück lehnen. Was

zum anderen die Umsetzung angeht, müssen natürlich die Anstrengungen und Aktivitäten deutlich erhöht werden. Das Unbehagen vor der Zukunft nimmt ab – die allgemeine Behaglichkeit steigt.

Die Behaglichkeit steigt deutlich weiter an, wenn in diesen neuen Gebäuden (auch in der Sanierung kann dieser Standard erreicht werden) gewohnt oder gearbeitet wird. Die hohe Qualität der Gebäudehülle schafft warme angenehme Wandoberflächen im Raum. Meist werden auch Komfortlüftungsanlagen eingesetzt, welche für eine gleichbleibende, hohe Luftqualität sorgen. Energetisch optimierte Gebäude weisen eine wesentlich höhere Behaglichkeit bei der Benutzung auf.

So fließen energiewirtschaftliche Optimierung, Visionen und Behaglichkeit zu einem gelungen Gesamtconcept zusammen – wenn's richtig umgesetzt wird.

## Klimadesign für eine Arbeitsoase – Kühl- und Heizkonzept für die BTV

Arch. Helmut REITTER  
reitter\_architekten, Innsbruck

### Beton- oder Bauteilaktivierung

Die Betonkernaktivierung oder Bauteilaktivierung ist eine Möglichkeit dem Nutzer, dem Investor und dem Architekten Nutzen zu bieten.

#### Vorteile der BKA

- Die Einbindungen von regenerativen Energiequellen zu Ablösung fossiler Energieträger.
- Der Einsatz von energiesparenden Versorgungssystemen. Druckluft/Brennwert sowie verfahrenstechnische Anlagen.
- Die günstigen Investkosten 30 €/m<sup>2</sup>.
- Die Architekturverträglichkeit.

- Behaglichkeitsklima in den Aufenthaltszonen.

### Welche Entscheidungsgrundlagen führen zur BKA

- Kühlanforderungen
- Nutzungsspezifische Anforderungen
- Architektonische Anforderungen
- Anforderungen an die Behaglichkeit
- Verwertung von Abfallenergien
- Verwertung von Grundwasser zur Kühlung
- Einsparung von Technik und Schachtfächen
- Einsparung an Energiekosten

Aktivspeicher sind keine absolut neue Technik: Im Jahre 1937 wurde bereits darauf hingewiesen, dass die einbetonierten Stahlrohrregister der CRITTALL-Strahlungsheizdecke zur sommerlichen Raumkühlung herangezogen werden können.

Für die nachfolgenden Ausführungen fanden sich interessierte Bauherren, die diese Technologie als interessant und vielversprechend unterstützten.

**GESUNDHEITS - INGENIEUR**  
Heft 9      26. Februar 1938      61. Jahrgang

**Strahlungsheizung, Lüftung und Kühlung eines großen Warenhauses**  
von Max Hottinger, beratender Ingenieur und Dozent für Heizung und Lüftung an der Eidgen. Techn. Hochschule in Zürich

Für die Ausführung von Deckenheizung im Erweiterungsbau 1936/1937 lag nur eine Planung nach der Bauweise CRITTALL vor und führte zu einem lebhaften Meinungs-austausch. Andererseits besaß man damals in der Schweiz mit dieser Heizung noch keinerlei Erfahrungen. Als besonderen Vorteil hob die planende Firma hervor, daß die Warenräume im Sommer mit der Deckenheizung auch gekühlt werden können.



Aufsatz in der Fachzeitschrift Gesundheits-Ingenieur (1938)



Zusammenschweißen der Rohre vor dem Verlegen (1937)



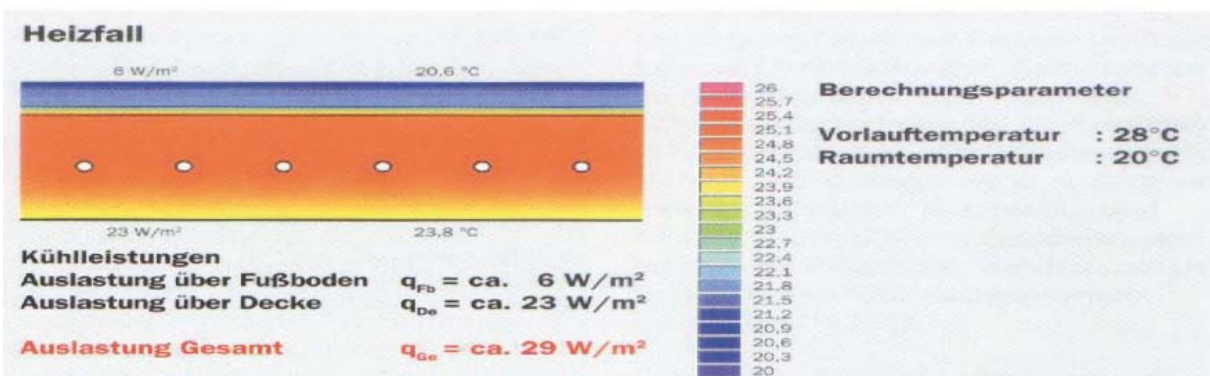
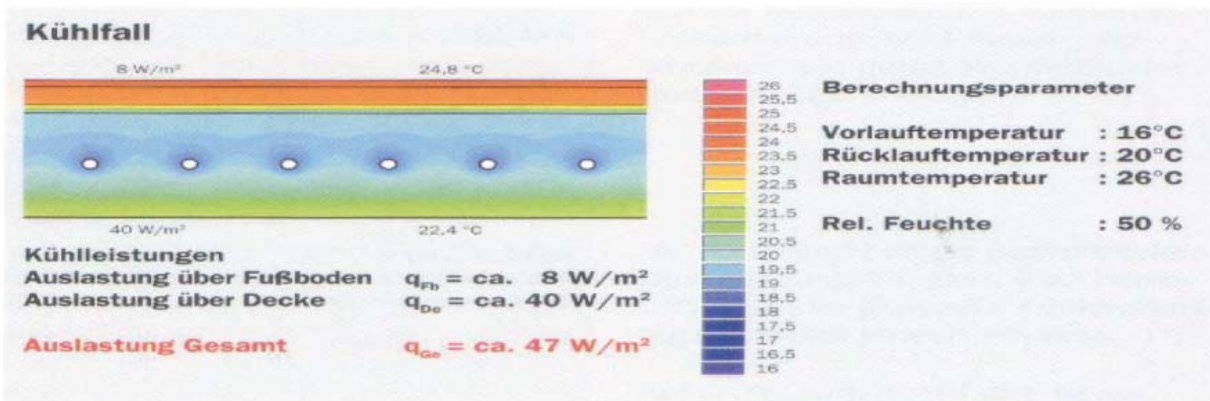
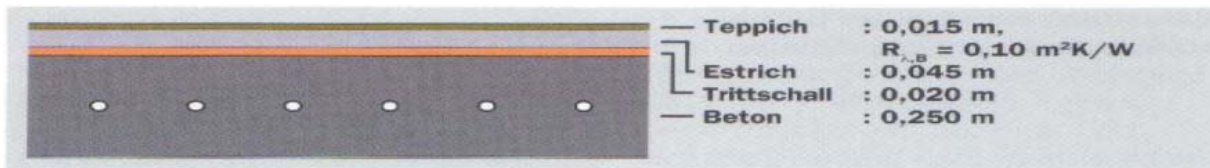
Deckenheizung mit eingezogenen Armierungseisen.

Bereits im Jahre 1937 wurde die 1. Anlage erstellt

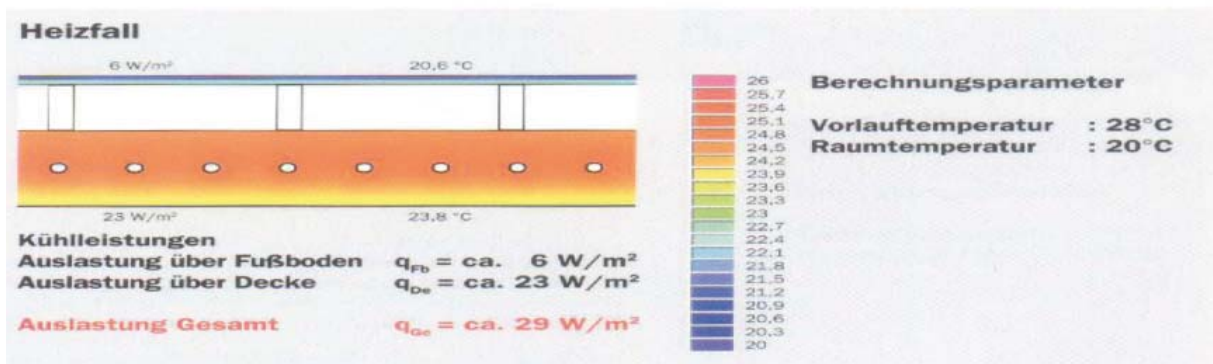
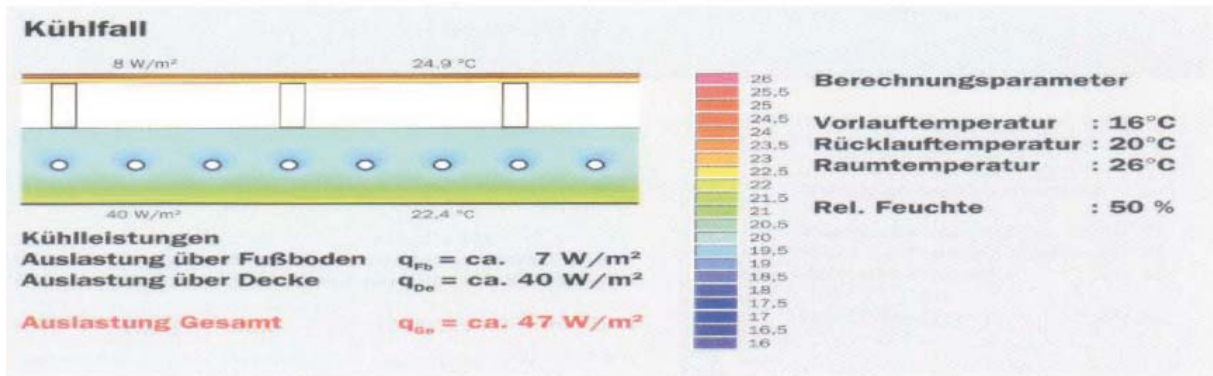
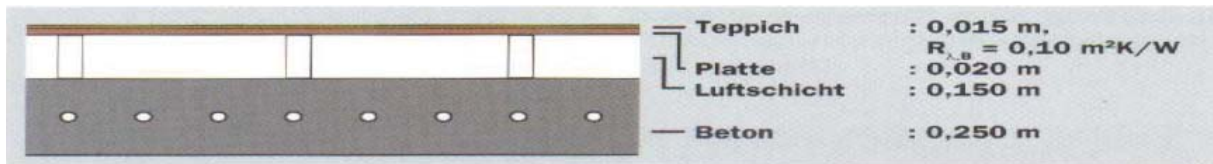




Einlegearbeiten  
der Register



Auslastung einer Betondecke



Auslastung eines Doppelbodens

## Planungsgrundlagen

Das Gebäude muss bestimmte Kriterien erfüllen.

Zwischendeckenstärken

- Keine abgehängten Decken
- Keine Akustikputze
- Max. Kühlleistungsdichte B+D 40-60 Watt
- Wände 20-40 Watt
- Max. Heizstromdichte B+D 20-40 Watt
- Wände 20-40 Watt

## Beispiel: BTV Langer Weg

- Gebäude mit Doppelfassade zur Wärme- und Kältesteuerung.
- 3200 m<sup>2</sup> Betonkernaktivierung.
- Kältedeckung durch Grundwasser zu 100 %.
- Wärmedeckung zu 60 % BKA und 40 % über statische Heizflächen.
- 12 Watt nach oben, 41 Watt nach unten.
- Kühlfall 15/19° Heizung 26/23°
- Deckentemp. 19° 23°



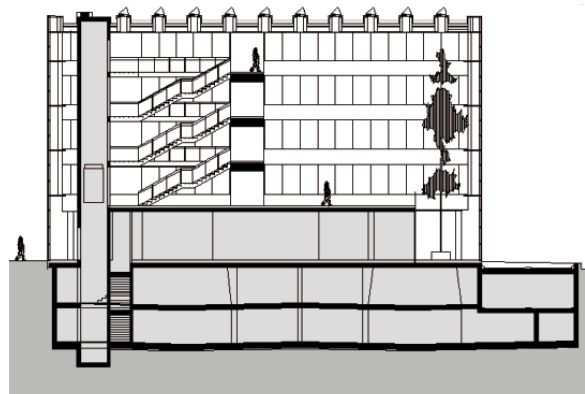
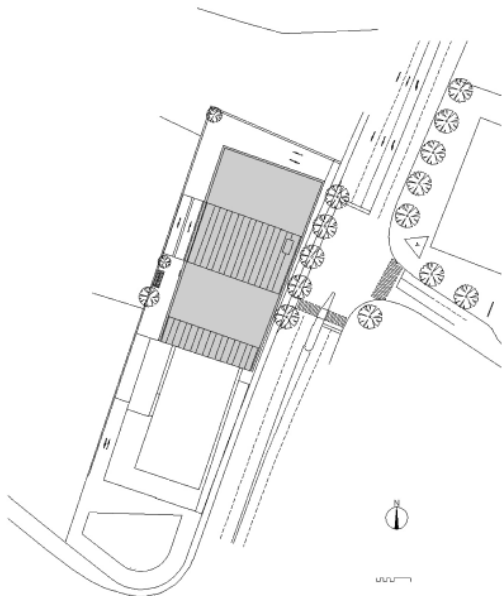
**btv langer weg**



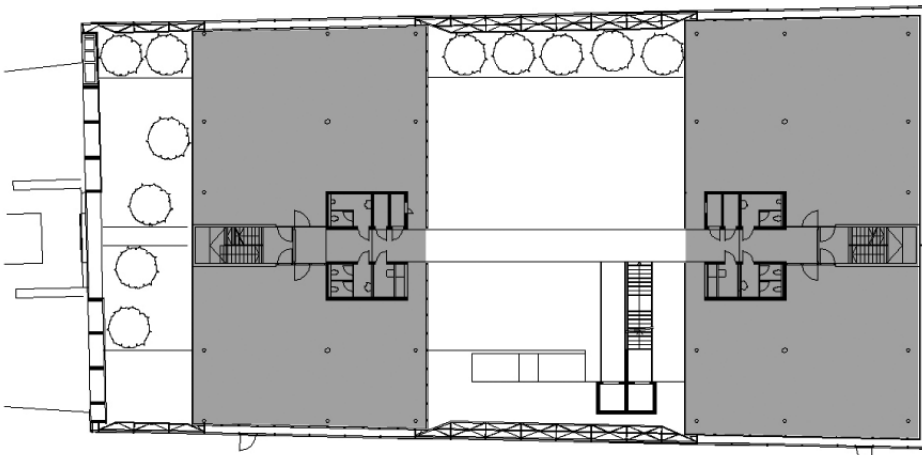
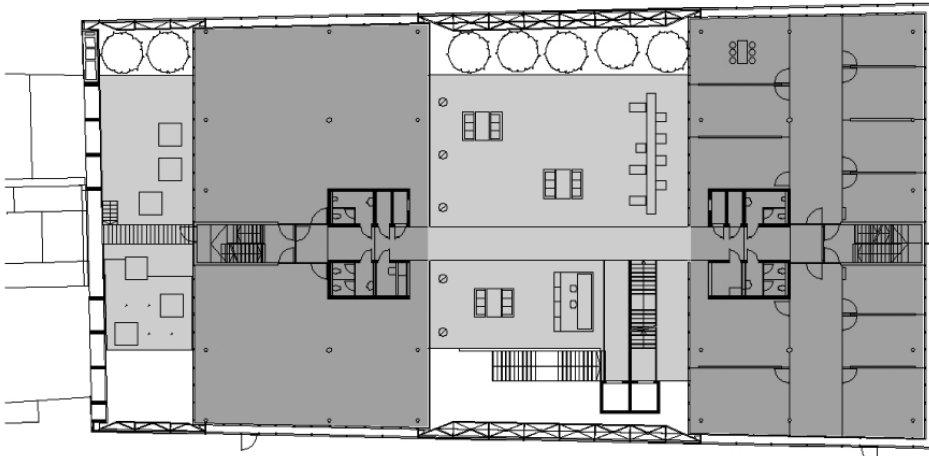
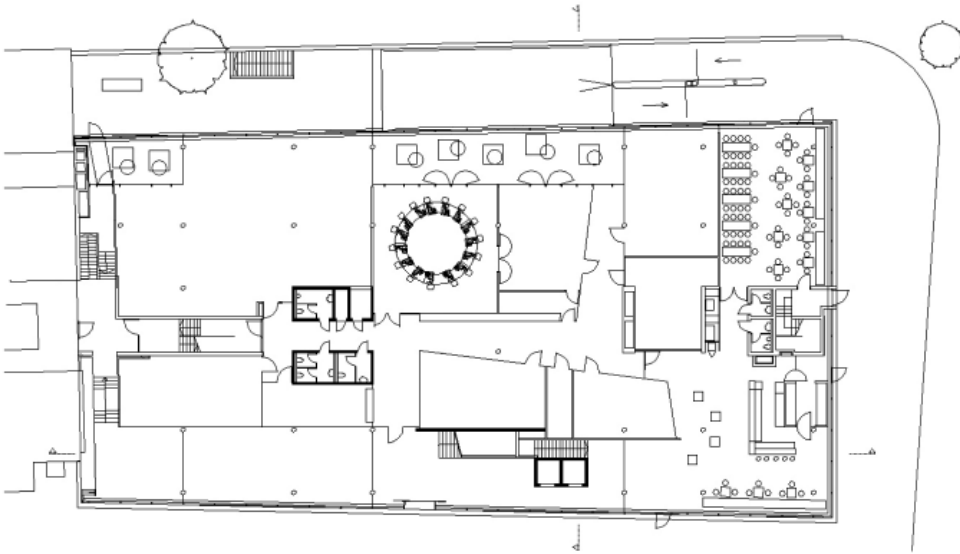
**reitter\_architekten**  
 zt gesmbh

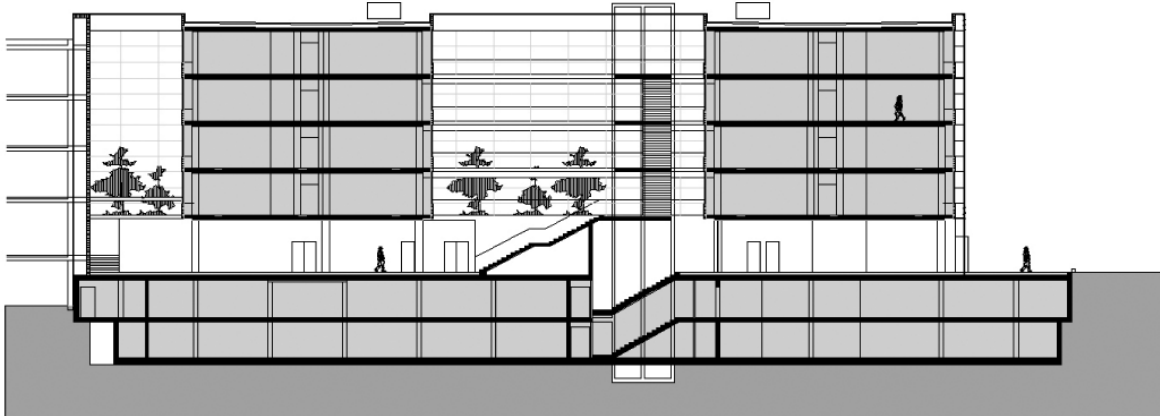


Expertenforum Beton











Alle Abbildungen von **reitter\_architekten**  
zt gesmbh



## Das intelligente Technologiezentrum Lindner – Kühlen und Heizen über Speichermassen

Arch. Andreas WALTER  
Henrich Veternik Walter ZT GmbH, Kundl

### Technologiezentrum Traktorenwerk Lindner, Kundl

Fährt man auf der Bundesstraße durch das Tiroler Unterland, kann man schon einige Kilometer vor dem Ortschild von Kundl den industriellen Charakter dieser Marktgemeinde erkennen. Die Selbstverständlichkeit, mit der sich das Areal des Traktorenwerkes Lindner im Dorfkern integriert, ist beispielgebend für ein gelungenes Miteinander von Gemeinde und Industrie. Als Teil der gewachsenen Struktur markiert das Industriegebiet den Eingang bzw. das Ende des Dorfkerns.

Das Traktorenwerk Lindner ist ein österreichisches Familienunternehmen, das sich seit mehr als einem halben Jahrhundert erfolgreich am Markt behauptet. Innovation und Pioniergeist waren schon seit jeher Unternehmensprinzipien, die auch heute noch den Erfolg dieser Firma ausmachen. Deshalb versucht man ständig, dem Wandel in der Landwirtschaft zu entsprechen

und flexibel auf die Bedürfnisse der Landwirte zu reagieren, wobei ein besonderes Augenmerk auf das Design der Lindner Traktoren gelegt wird. Für die Umsetzung dieser Philosophie in die Architektur zeichnet sich das Architekturbüro Henrich Veternik Walter ZT-GmbH aus Kundl verantwortlich.

Das Technologiezentrum bildet das Bindeglied zwischen der angrenzenden industriellen Architektur und der umgebenden dörflichen Struktur. Geschäftsführer Ing. Stefan Lindner sieht „das Technologiezentrum als Schnittstelle zwischen Lindner und internationalen Entwicklungsabteilungen“.

In einer hochtechnologischen Hülle ist es gelungen, traditionelle, landwirtschaftliche, heimatlich-österreichische und moderne Elemente zu vereinen. Der großzügige, dem Maßstab entsprechende Eingangsbereich verweist auf den Öffentlichkeitscharakter des Hauses. Als Gegenpunkt dazu positioniert sich der monolithische Körper im



Erdgeschoss, der eine intime Atmosphäre für die Präsentations- und Besprechungsräume schafft. Dies gelingt durch eine besondere Lichtführung, die präzisen Proportionen, die fein abgestimmte Materialwahl und die Art der Raumverschränkung. Das verbindende Element der Geschossebenen bildet eine vertikal aufstrebende Falte, welche den Blick nach oben, Richtung Himmel zieht. Hier beginnt das Spiel mit den freien Formen in Kombination mit dem Licht. Die gefaltete Fläche ist eine Interpretation der topografischen Charakteristik unserer Kulturlandschaft und übernimmt die Funktion des Rückgrates, welches als Leitsystem durch das gesamte Gebäude stößt und dabei die Mitarbeiterlounge sowie den Besprechungsraum im 2. Obergeschoss streift und räumliche Akzente setzt.

Die Materialwahl für das Tragwerk erfolgte nicht zufällig in Beton, denn dieser bietet für uns Architekten besondere Qualitäten. Neben der Funktion als statisch tragendes Element kann er auch fertige Oberfläche sein, und zugleich noch grundlegende haustechnische, raumkonditionelle Funktionen übernehmen. Beton kann leicht sein und an einer anderen Stelle wiederum massige Geborgenheit ausstrahlen.

Diese beiden Stimmungen sind beim Technologiezentrum der Fa. Lindner anzutreffen. Der Sockelbereich, als monolithischer Körper, bietet

Schutz und den Ruhepol und Gegenpol zum darüberliegenden Baukörper. Die Decken – dünne vorgespannte Stahlbetondecken – sind leicht schwebend, auf zarten Stützen ruhend.

Nur durch Beton wird genug Masse ins Gebäude gebracht. Masse trägt besonders zum behaglichen Klima bei, aber geht heute allzu oft durch den immer größer werdenden Zeitdruck und die daraus resultierenden Verkürzung der Bauzeit verloren. Nutzt man nun die Masse noch aktiv zum Heizen und Kühlen, können die besonderen Vorteile von Beton eindrucksvoll verdeutlicht werden. Durch die neue zusätzliche Funktion von Beton, als Heizfläche, ist seine Position in modernen, zeitgemäßen und ökologischen Gebäuden wieder zunehmend wichtiger geworden. Immer mehr fordern Bauherrn nicht nur kostengünstige, schnell zu errichtende Hüllen, sondern legen Wert auf intelligente, gesamtheitliche Gebäude – Gebäude, die das ökologische Bewusstsein einer Firma widerspiegeln. Intelligenz darf dabei aber nicht verwechselt werden mit übertriebener Technologisierung und Computerisierung. Die Intelligenz zeigt sich besonders in der Einfachheit der gewählten Mittel. Dabei ist die Bauteilaktivierung ein Musterbeispiel an Intelligenz und Einfachheit.

Die Bauteilaktivierung verlangt jedoch den Verzicht auf akustisch wirkende Deckenfläche, um die Heiz- und Kühlwirkung von Beton nicht allzu



sehr zu behindern. In Zusammenarbeit mit einem Bauphysiker haben wir nach idealen Materialien gesucht, die einerseits akustisch wirken und andererseits nicht zu sehr den Wärmetransport verhindern – sprich dämmen. Nebenbei muss die Akustikmaßnahme noch im Einklang mit der schlichten, homogenen Architektur stehen. Wir konnten uns schließlich darauf einigen, so genannte Akustikbänder, die genau über den Arbeitsflächen liegen, auszubilden. Dabei wurden im Beton längsförmige Aussparungen vorgesehen, in die dann vom Tischler deckenbündig Heraklith-Platten eingebaut wurden. Diese Zonen verschmelzen mit der Betondecke zu einer Einheit und bieten genug akustisch wirkende Fläche. So konnte auch mit schallharten Oberflächen (Glaswände, Holzboden) gearbeitet werden.

Das Gebäude wurde als Niedrigenergiebau errichtet, wobei sehr viele passivhaustaugliche Komponenten, insbesondere die Glasfassade, eingesetzt wurden. Eine Grundwasserwärmepumpe sorgt für Heizung und Kühlung des Technologiezentrums. Das Wasser durchströmt dabei die Betondecken und die Wand im Erdgeschoss. Spitzenlasten in den Eckbüros werden zusätzlich durch eine Fußbodenheizung abgedeckt. Ein computergesteuertes Beschattungs- und Klimatisierungssystem sowie eine über Präsenz- und CO<sub>2</sub>-Melder gesteuerte Lüftungsanlage unterstreichen einerseits die Wertigkeit eines Technologiezentrums und tragen andererseits zu einem optimalen Energiemanagement bei.

Das Technologiezentrum Lindner war unser zweites Objekt mit bauteilaktivierten Flächen. Wir konnten dabei feststellen, dass die Wirkung und vor allem das subjektive Empfinden des Nutzers zu diesem Heiz- und Kühlsystem noch besser ist



als in den Berechnungen vom Haustechniker vermutet. Das bestätigt uns als Architekten und Bautechniker darin, weiter nach einfachen Lösungen zu suchen, denn darin steckt die Intelligenz eines Gebäudes.

Firmenchef Mag. Hermann Lindner: „Das neue, hochmoderne, intelligente Gebäude ist eine Investition in die Zukunft und soll unsere Technologieführerschaft auch nach außen zeigen.“



## Integrale Planung: Hilti Thüringen – Energieeffizienz im Industriebau

*Ing. Johann KNOLL, DI Matthias WEHRLE  
ATP Architekten und Ingenieure, Innsbruck*

### Situation

In Thüringen/Vorarlberg (A) entsteht derzeit die Erweiterung des Hilti-Werkes 4, einer Produktionsstätte für Komponenten von hochwertigen Bohr-, Schneide- und Setzgeräten.

Der Neubau mit ca. 19.000 m<sup>2</sup> BGF beinhaltet Produktions- und Logistikflächen, ein vollautomatisiertes Paletten- und Behälterlager sowie peripher angeordnete Support- und Büroflächen.

Im Rahmen eines Wettbewerbes mit vorgeschaltetem Evaluierungsverfahren ermittelte Hilti vier Planungsbüros, die Vorschläge für das neue Produktionsgebäude sowie eine geordnete langfristige Entwicklung des Standortes vorlegen sollten.

### Konzept

Mit dem neuen Produktionsgebäude wird die lineare Entwicklung der bestehenden Hallen von Ost nach West fortgesetzt. Die trapezförmige Auf-

weitung des Grundstücks nach Südwesten bietet zusätzliche Flächen, die von einem Hochregallagerblock besetzt werden. Die 20 m breite Fuge zwischen Bestand und Neubau wird als zentrale Logistikzone mit Ladehof ausgebildet.

Die Produktions- und Logistikflächen können künftig nach Westen, der Hochregallager-Block nach Süden erweitert werden.

Der konstruktive Raster der Produktionshalle (25 x 10 m) orientiert sich am Bestand, jedoch werden die Sheddächer nach Nordnordwest ausgerichtet, um 90° gegenüber dem Bestand gedreht. Dies gewährleistet eine blendfreie, gleichmäßige Belichtung der Arbeitsplätze bei minimierter Sonneneinstrahlung.

Der identische Raster erlaubt zusätzlich eine nachträgliche Umrüstung der Bestandshallen mit der nun gewählten Dachlösung, einem unterspannten Holztragwerk mit hinterlüfteten Holzelementen, die mit 8,33 m Spannweite die gewölbten Sheddächer bilden.





## Nachhaltigkeit

Zum Projektstart wurden die Projektziele um die Forderung, ein Gebäude nach den Grundsätzen der Nachhaltigkeit zu erstellen, erweitert.

Hilti als Unternehmen nimmt für sich in Anspruch, hier eine Vorbildrolle einzunehmen, darüber hinaus soll für nachfolgende Hilti-Erweiterungsprojekte ein Referenzobjekt geschaffen werden.

Gemeinsam mit dem Bauherrn wurde ein „Anforderungskatalog Nachhaltigkeit“ erarbeitet, in dessen Rahmen Kriterien für alle Planungs- und Ausführungsbereiche fixiert wurden wie z. B. Einbindung in die Umgebung, Wandlungs- und Rückbaufähigkeit der baulichen Strukturen, Minimierung des Energiebedarfs, ökologische Beurteilung der Baumaterialien bis hin zur Einflussnahme der Nutzer.

Die Umsetzung des Projektes orientiert sich an Niedrigenergiestandards.

## Energetisches Konzept

Für das energetische Konzept des Produktionsneubaus und die einzusetzenden technischen Systeme bedeutet dies Folgendes:

- hocheffiziente Energierückgewinnung aus dem Produktionsprozess
- Einsatz regenerativer Energiequellen
- Reduktion bis Verzicht auf den Einsatz weiterer Primärenergie
- hochwertige Dämmung der Gebäudehülle

Für die Festlegung der Energieerzeugungssysteme wurde zunächst untersucht, wie die für den Produktionsprozess erforderliche Primärenergie sekundär genutzt werden kann.

Die Maschinenabwärme der teilweise wassergekühlten Produktionsmaschinen wird im Sprinklerbecken und in sog. Kalt-Warm-Becken gepuffert und kann im Winterfall entweder direkt oder indirekt über eine Wärmepumpe in das Heizungssystem eingespeist werden.

Der Wärmeinhalt der Produktionsabluft wird über sequenziell geschaltete Luft-Wasser-Wärmetauscher der Abluft entzogen und ebenfalls in die o. g. Energiepuffer zwischengespeichert und dann dem heizungsseitigen Verbrauchersystem zugeführt.



Ist der Energieinhalt der Puffer im Winter für die erforderliche Beheizung nicht ausreichend, erfolgt die Zuschaltung einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe, die die erforderliche Energie dem Grundwasser entzieht.

Für diesen Fall wurde ein Tiefbrunnen errichtet, aus dem aus 65 m Tiefe das Grundwasser über drei Pumpen gefördert wird.

Im Kühlfall steht das Grundwasser zur direkten Kühlung der Nutzungsbereiche zur Verfügung. Die Energieeinsparung durch Grundwasserverwendung beträgt jährlich mit diesen Systemen bis zu 350 MWh/a.

Luftseitig wird ein Luft-Erd-Wärmetauscher eingesetzt, um im Winter die Außenluft vorzuwärmen und im Sommer vorzukühlen. Die Energieeinsparung beträgt mit diesem System ca. 631 MWh/a.

Zur Entwärmung der Produktionsbereiche im Sommer ist ebenfalls eine freie Nachtlüftung über die Shedverglasung möglich.

Die gewählte Technik der Energiebereitstellung bedingt selbstverständlich verbraucherseitig den Einsatz von Niedrigtemperaturheiz- und Hochtemperaturkühlsystemen als Übergabesysteme.

- Für den Verwaltungsbereich wird eine klassische Fußbodenheizung eingesetzt.
- Im Montage- und Produktionsbereich wurde auf einer Fläche von 8.300 m<sup>2</sup> die Bodenplatte als Heiz- und Kühlfläche als thermoaktives Bauteilsystem (TABS) ausgeführt.

Das thermoaktive Bauteilsystem ist in der Lage, Wärmelasten aus der Produktionsumgebung aufzunehmen, welche über die Grundwasserkühlung abgeführt werden.

Während der Betriebszeit wird somit für ein wesentlich komfortableres Raumklima in der Produktionsstätte gesorgt.

Weiters ist das System in der Lage, im Winter durch die Speicherfähigkeit der Betonmasse und der damit verbundenen Trägheit das Raumklima außerhalb der Betriebszeiten so im Gleichgewicht zu halten, dass bei Produktionsbeginn montags die Raumtemperatur noch den Bedingungen der Arbeitsstättenrichtlinien entspricht.

Auf ein konventionelles Heizsystem kann damit verzichtet werden.

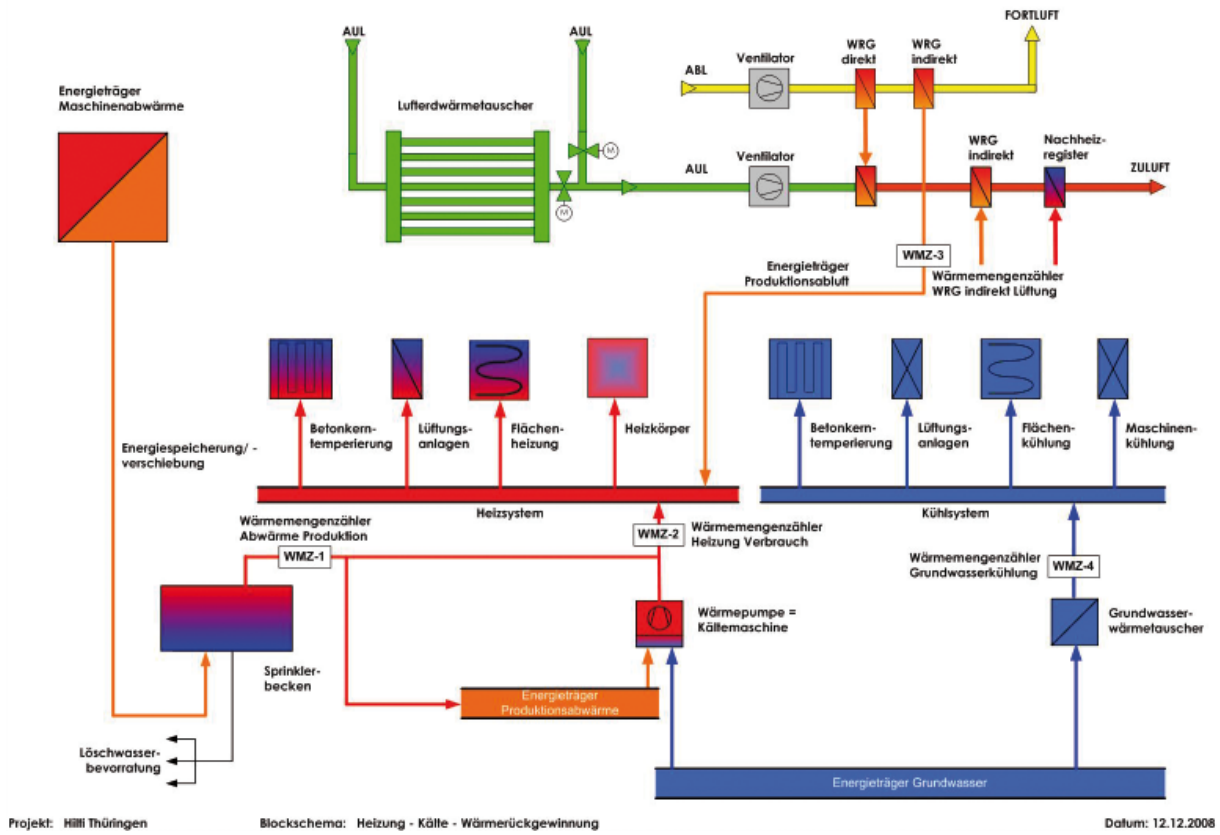


Für alle raumluftechnischen Anlagen werden zur bedarfsgerechten Regelung Frequenzumformer vorgesehen.

Die gesamte Regeltechnik wird hinsichtlich einer wirtschaftlichen Betriebsführung optimiert. Die maximal mögliche Energieeinsparung beträgt jährlich ca. 980 MWh/a, die Reduktion der CO<sub>2</sub>-Belastung kann mit ca. 213 t/a beziffert werden.

System-, Material- und Produktwahl erfolgen nach Prinzipien der Nachhaltigkeit und der Ökologie.

Neben der Wahl von regenerativen Baustoffen – Dachtragwerk und Dachflächen werden als Holzkonstruktion aus regionalen Wäldern ausgeführt – wird Materialien mit günstigen Ökobilanz-



daten (geringer Primärenergieinhalt [PEI], geringem Treibhauspotenzial [GWP], Betrachtung der Dauerhaftigkeit) der Vorzug gegeben.

Das Maß der Dämmung der Außenhülle wurde über den Abgleich der Investitionskosten mit den durch die entsprechenden Heiz- und Kühllastwerte zu erwartenden Betriebskosten definiert.

Die hinterlüftete Fassade erhält eine Verkleidung aus Titanzinkblech. Die Materialwahl erfolgte in erster Linie aufgrund der günstigen ökologischen Materialcharakteristika: geringer Primärenergiebedarf (PEI nur ca. 20 % gegenüber Aluminiumbekleidungen), geringster CO<sub>2</sub>-Einsatz und niedrigstes Treibhauspotenzial aller Baumetalle, 100 % recyclingfähig.

#### **Projektdaten:**

Bruttogeschossfläche (BGF):	ca.	18.600 m <sup>2</sup>
Nettogrundrissfläche (NGF):	ca.	17.800 m <sup>2</sup>
Bruttorauminhalt (BRI):	ca.	182.000 m <sup>3</sup>
Baukosten:	ca.	23.500.000 EUR

#### **Termine:**

Baubeginn	04/2008
Ready for Equipment	04/2009
Inbetriebnahme	05/2009
Gesamtfertigstellung	06/2009

#### **Bauherr:**

Hilti Aktiengesellschaft, Zweigniederlassung  
Thüringen  
Werkstrasse 16, A-6712 Thüringen

Architektur und Gesamtplanung:  
ATP Architekten und Ingenieure, Innsbruck

Gesamtprojektleitung und Projektleitung

Architektur:  
Dipl.-Ing. Matthias Wehrle

Projektleitung HKLS, Brandschutz:  
Ing. Johann Knoll

Projektleitung Elektro:  
Ing. Wolfgang Göbl

Tragwerksplanung:  
Dipl.-Ing. Dr. Martin Abentung



## Alleinauftrag für Sonne und Erde: die alki-TECHNIK-Zentrale in Ingolstadt

*Architekt + Stadtplaner Peter BACHSCHUSTER  
Bachschuster Architektur, Ingolstadt*

Ein vierstöckiger Bürokomplex in Ingolstadt: Tagsüber ruht er auf einem lang gezogenen Produktionsgebäude, nachts scheint er von Westen betrachtet unwirklich auf einem blauen Lichtband in 4 m Höhe zu schweben. Der Neubau verblüfft neben den architektonischen Überraschungen durch seine Gebäudetechnik. Für Heizung und Kühlung benötigt der Baukörper keine fossilen Brennstoffe. Eine kluge Kombination aus Erdwärme und Solartechnik soll dem Nutzer bis zu 50 % Energieeinsparung bringen.

Die Kombination erneuerbarer Energietechniken und Verteilsysteme zum Heizen und

Kühlen ist europaweit richtungweisend, so die Expertenmeinung. Das Forschungszentrum für Erneuerbare Energien, Neuburg, hat im Auftrag von Planer und Bauherr begonnen, über mehrere Jahre die Energiebilanz des Bauwerkes zu dokumentieren. Unter anderem wird der gesamte Heiz- und Kühlenergiebedarf überwacht.

Das im Jahr 2005 bezogene Multifunktionsgebäude ist dazu mit 76 Messstellen ausgestattet worden. Es gibt derzeit erste Ergebnisse, aber noch keine zu veröffentlichenden Daten. Laut interner Auswertung werde das Ziel der 50%igen Energieeinsparung jedoch voraussichtlich erreicht.



## Strukturplanung

Vor der Entwicklung des Gebäudetechnik-Konzeptes stand anfangs die Strukturplanung für das Unternehmen alki-Technik und dessen Wunsch, eine neue Firmenzentrale zu bauen. Das war die Basis für die detaillierte Analyse der Bauaufgabe, des Grundstückkaufes sowie die langfristige Unternehmensplanung. Die Größe der Grundstücksfläche wurde infolgedessen auf den gegenwärtigen Baukörper abgestimmt. Dessen Zuschnitt berücksichtigt bereits die langfristige Entwicklung und Expansion des Unternehmens, welches als Weltmarktführer von Schraubensystemen für die Großindustrie gilt.

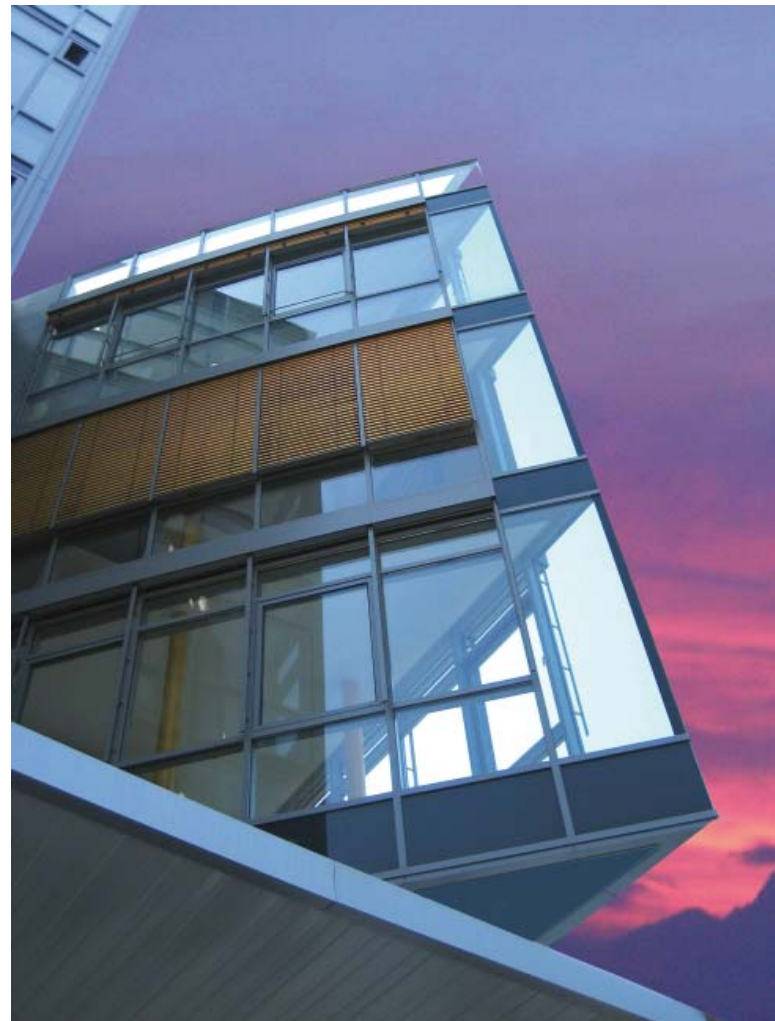
## Dynamik und Kontraste in der Architektur

Grundlegender Entwurfsgedanke war entsprechend der Marktstellung des Unternehmens eine Spiegelung des innovativen Charakters. Auf die architektonische Trennung von Produktion und Verwaltung wurde besonderer Wert gelegt. Die Produktionsebene befindet sich im Erdgeschoss. Deren gekrümmte Fassade soll die Unternehmensdynamik verdeutlichen.

Um trotz der Höhe von 24 m eine besondere Leichtigkeit zu vermitteln, wurden die Verwaltungsebenen schwebend über diesem Geschoss errichtet. Lichttechnische Anlagen in diesem Zwischenraum verstärken den Eindruck nachts eindrucksvoll.

Nimmt man die Erschließungsstraße als Ausgangspunkt, wurde die Fassadengestaltung von einer eher geschlossenen Ansicht zu einer sich öffnenden Ansicht auf der gegenüberliegenden Gartenseite (Westfront) entwickelt. Besucher werden von einem vollkommen aufgeglasten Ausstellungsbereich auf der östlichen Eingangsseite empfangen. Unterschiedliche Oberflächengestaltungen verstärken den Kontrast zwischen Produktionsebene und Büroetagen.

Bei einer Bruttogrundrissfläche von rund 3.700 m<sup>2</sup> werden die Baukosten mit 4,5 Millionen Euro beziffert. Trotz der innovativen Gebäudetechnik sind sie nur um etwa 5 % höher als bei konventionellen Gebäuden“.





## Grundwasser speist Heizung und Kühlung

Herausragender Nutzen des Gebäudes ist die Ansiedlung in den Donauauen mit bekanntlich hohem Grundwasserstand. Das ganzheitliche Gesamtenergiekonzept wurde von Energieberater Manfred Rössle konzipiert.

Er nutzt das Grundwasser zum Heizen und Kühlen. Hierzu wurden im Vorfeld Boden- und Grundwasseruntersuchungen durchgeführt, um sicherzustellen, dass die zum Betreiben notwendige Menge und Qualität des Wassers vorhanden sind.

Erforderlich war zudem die Genehmigung der zuständigen Wasserwirtschaftsbehörde für die Entnahme und Wiedereinleitung von Grundwasser.

Die Wärmeerzeugung übernehmen zwei parallel geschaltete, elektrisch betriebene Grundwasserwärmepumpen. Sie werden durch zwei Pufferspeicher mit je 1.500 l sowie einem Pufferspeicher mit 500 l ergänzt. Ein Förderbrunnen versorgt die Pumpen mit Grundwasser. Plattenwärmetauscher stellen die hydraulische Entkopplung sicher. Das Rückleiten des Grundwassers erfolgt über einen Schluckbrunnen. Ein Gebäuderegelsystem steuert die Wärmepumpen und koordiniert das Zusammenspiel beider Wärmepumpen. Der Bürotrakt wird in der Grundlast über eine Betonkernaktivierung beheizt. Kunststoffrohre in der Decke geben ihre Energie als Strahlungswärme ab.

Die Abdeckung von Spitzenlasten übernehmen Wandheizmodule und eine integrierte Fassade System Gartner an der Westseite des Gebäudes. Ihre Wasser führenden Elemente sind senkrechte und waagerechte Stahlhohlprofile. Das Skelett und die Glasflächen geben Wärme mittels Strahlung und zu etwa 40 % als Konvektion ab. Der typische Isothermenverlauf verspricht eine hohe Behaglichkeit. Im Allgemeinen ist dieser Fassadentyp Teil der nicht tragenden Vorhangwand. Sie kann auch Teil der Stützkonstruktion des Gebäudes sein. Bei alki-Technik ist sie ein nicht tragendes Element. Jeder Raum verfügt zur individuellen Regelung über einen Raumfühler mit Stellantrieb, welcher die Steuerung der Wandheizung und der „Klimafassade“ übernimmt.



Im Foyer und Sozialbereich des Erdgeschosses sowie im Umkleide- und Waschtrakt des Untergeschosses wurde zusätzlich eine Fußbodenheizung für Heizung und Kühlung eingebaut. Der Hallenbereich lässt sich über eine Industriefußbodenheizung beheizen und kühlen. Sämtliche Räume sind über EIB-Bus einzeltemperaturregelbar.

Die Grundwassernutzung ermöglicht im Sommer einen äußerst wirtschaftlichen Kühlbetrieb für die

Büroräume. Dabei wird das Grundwasser direkt über das Leitungsnetz der Betonkernaktivierung gepumpt und nimmt über die Speichermassen der Decken anfallende Wärmelasten auf. Dieses Prinzip der stillen Kühlung gewährleistet im Sommer eine angenehme Innentemperatur. Zusätzlich unterstützt die Gartner-Fassade im Bedarfsfall die Kühlung. Die Umschaltung auf Heiz- bzw. Kühlbetrieb erfolgt automatisch durch die Regelanlage.

### **Antriebsenergie von der Sonne**

Zur Stromerzeugung wurden in mehreren Fassadenbereichen Fotovoltaik-Anlagen mit einer

Gesamtleistung von 32 kWp installiert. Dazu gehören leistungsstarke CIS-Elemente an der Südseite (und weitere geplante auf dem Dach). Im Zentrum der Anlagentechnik steht auch hier die Wärmepumpen-Anlage. Die Wärmepumpen verfügen über Verdichterleistungen von ca. 16 kWel und ca. 8 kWel. Insgesamt erbringen sie somit eine Wärmeleistung von etwa 108 kW.

Leitgedanke bei der Entwicklung der Gebäudetechnik war: Die Erde liefert die Energie für das Gebäude und die Sonne sorgt für die Antriebsenergie. Positive Ergebnisse der energetischen Messungen könnten eine weitere Verbreitung dieser innovativen Technologie vorantreiben.





## Tiroler Energiestrategie 2020: Standortbestimmung, Perspektiven, Visionen

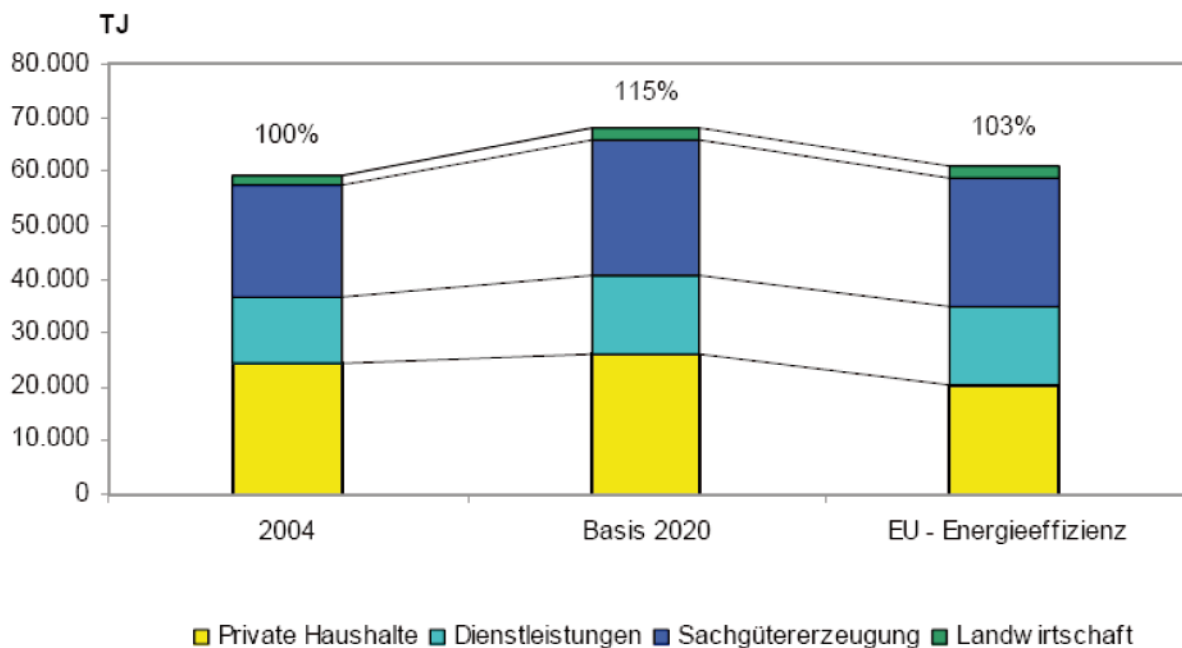
DI Stephan OBLASSER  
Energiebeauftragter des Landes Tirol

Die „Tiroler Energiestrategie 2020“ als Grundlage für die Tiroler Energiepolitik liegt nun seit August 2007 in der Endfassung vor und wurde nach einigen Adaptierungen im Maßnahmenbereich Verkehr in der Regierungssitzung vom 09. Oktober 2007 beschlossen. Damit bildet sie auch die Grundlage zur Ausrichtung der im Energiebereich tätigen Akteure des Landes.

Die Handlungsgrundsätze der Tiroler Energiestrategie 2020 orientieren sich am Prinzip des „Nachhaltigen Wirtschaftens“, welches gleichermaßen die ökonomische, ökologische und soziale Dimension umfasst. Als Handlungsstrategien sind als Eckpfeiler die Steigerung der Energieeffizienz in allen Verbrauchssektoren sowie ein verstärkter Ausbau heimischer Energieressourcen definiert. In der Umsetzung durch ein umfassendes Maßnahmenbündel werden neben ordnungsrecht-

lichen Maßnahmen vor allem Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung sowie die Förderung des Wissens- und Technologietransfers forciert.

Im Bereich der Energieeffizienz strebt die Tiroler Energiestrategie bis 2020 in Umsetzung der Richtlinie 2006/32/EG über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen zumindest eine jährliche Einsparung von 1 % des durchschnittlichen Endenergieverbrauchs der letzten fünf Jahre an; der Wert von 1 % ist dabei als Durchschnitt über alle Verbrauchssektoren (Haushalt, Dienstleistungen, Sachgütererzeugung und Verkehrsbereich) zu verstehen. Die zur Umsetzung vorgeschlagenen Maßnahmenbündel orientieren sich dabei insbesondere an den Empfehlungen des EU-Aktionsplanes für Energieeffizienz sowie der österreichischen Klimastrategie.



Bedarfsszenario Basis und EU-Energieeffizienz für Tirol

Die Tiroler Energiestrategie 2020 bekennt sich zu einer sicheren und möglichst eigenständigen Energieversorgung; dazu sind neben allen Bemühungen um die Steigerung der Energieeffizienz der Ausbau heimischer Energieträger wie Wasserkraft, Biomasse, Umwelt- und Solarenergie sowie die für die Erschließung und Sicherstellung notwendige Infrastruktur erforderlich. Bei den leistungsgebundenen Energieformen (Strom, Erdgas) bringt die Vernetzung im Europäischen Verbund eine Erhöhung der Versorgungssicherheit und schafft grundsätzlich erst die Möglichkeiten, die heimische Ressource Wasserkraft in optimaler Weise nutzbar zu machen sowie die Versorgung Tirols mit im Land fehlender Grundlastenergie kostengünstig zu sichern.

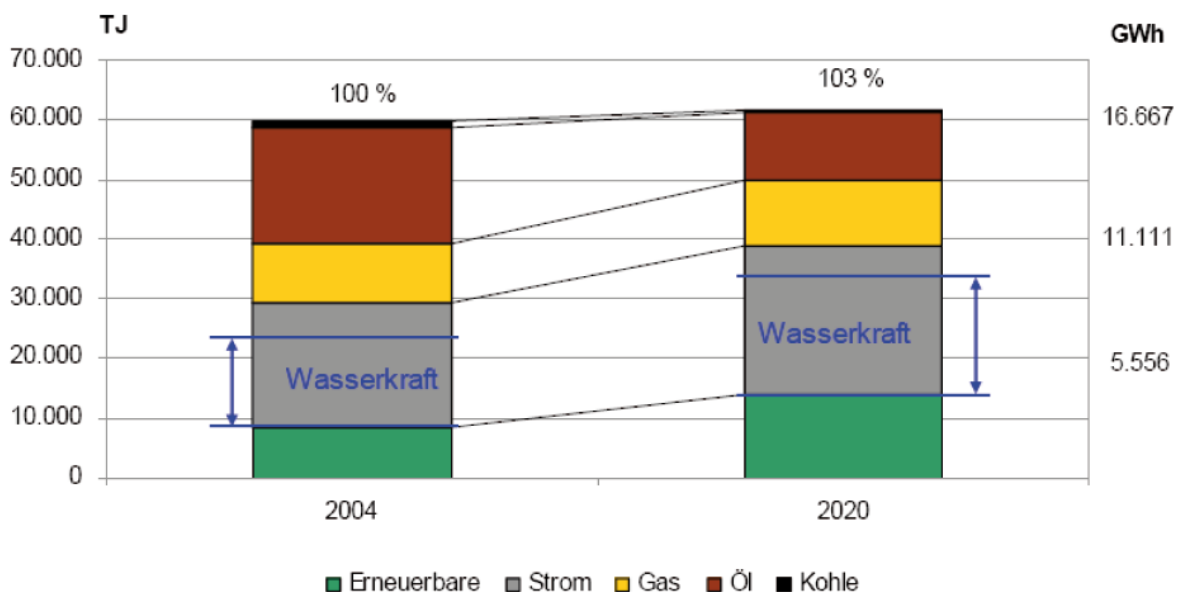
Im Bereich der Eigenversorgung geht die Tiroler Energiestrategie von einer Steigerung von 7.920 TJ oder 2.200 GWh/a aus, wobei der Großteil davon der Wasserkraft zukommt; damit wird die Energieaufbringung im Versorgungsszenario „Basis“ mittels heimischer Ressourcen von derzeit etwa 40 % auf über 50 % (exklusive Verkehr) angehoben. Ausgehend vom Versorgungsszenario „EU-Energieeffizienz“ wird der Anteil an

erneuerbaren Energieträgern sogar auf über 60 % gesteigert (exklusive Verkehr)!

Es wird darauf hingewiesen, dass in Tirol grundsätzlich Potenziale vorhanden sind, gewisse Nutzenergien wie beispielsweise die Raumwärme langfristig vollständig mit eigenen Ressourcen abzudecken.

Dem Versorgungsszenario „EU-Energieeffizienz“ liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- forciertes Ausbau der heimischen erneuerbaren Ressourcen
- die mit Regierungsbeschluss vom 27.6.2006 auf Grundlage des Syntheseberichts ausgewählten Projekte mit einem RAV von 1.100 GWh/a sind ausgebaut und zusätzliche Projekte im Ausmaß bis zu 200 GWh/a realisiert
- Erhöhung des Anteils an erneuerbaren Energien auf 56 %, davon 33 % Wasserkraft und 23 % aus Biomasse, Solar- und Umweltwärme (Wärmepumpen),
- maximale Steigerung der Energieholznutzung.



Versorgungsszenario EU-Energieeffizienz für Tirol exklusive Treibstoffe

Unter der Prämisse einer Stabilisierung des Stromverbrauchs auf dem Niveau von 2004 könnte Tirol im Bereich der Elektrizität nahezu autark werden; alle längerfristig angelegten Energieszenarien gehen allerdings – trotz Stabilisierung des Energieverbrauchs – von einer weiteren Zunahme des Stromverbrauchs aus.

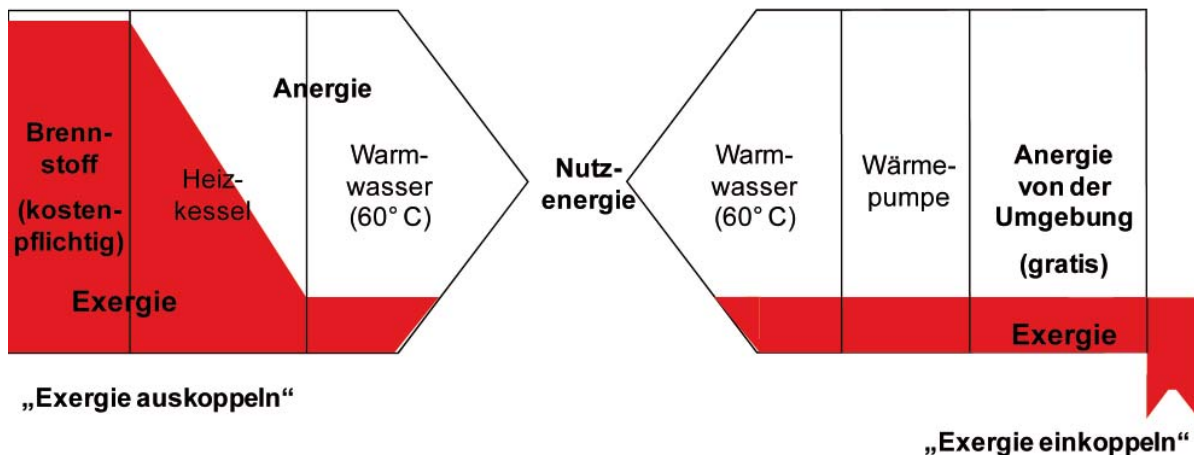
Bei der Betrachtung derzeitiger Energieversorgungsstrukturen fällt auf, dass ein nahezu 40%iger Anteil der Endenergie für die Niedertemperatur Wärme/Kälte benötigt wird und dabei österreichweit etwa 50 % fossile Brennstoffe (Heizöl, Erdgas) eingesetzt werden, in Tirol sind es sogar über 60 %!

Um diese Wandlungsstufen, welche sich im Laufe der vergangenen Jahrzehnte derart entwickelt haben, zu beurteilen und zu verbessern, genügt die eindimensionale Betrachtung der Energie nicht mehr. Die Energie (z. B. 1 kWh Heizenergie) lässt sich in einen wertvollen Anteil (Exergie) und einen niederwertigen Teil (Anergie) aufteilen. Der thermodynamische Prozess der Wärmepumpe ist dabei in der Lage, durch Einsatz eines gewissen Teiles Exergie (Strom) hohe, vielfach brachliegende Umweltwärme zu nutzen und auf das benötigte Niveau an Niedertemperatur/Kälte zu heben. Obwohl dieses Prinzip seit Langem

bekannt ist, findet es nur zaghafte Eingang in den Bereich der Gebäudetechnik. Doch lassen die aktuellen energie- und klimapolitischen Rahmenbedingungen eine beschleunigte Entwicklung des thermodynamischen Heizens/Kühlens erwarten („34%-Ziel“ erneuerbare Energien bis 2020, Richtlinie Endenergieeffizienz, neue 15a B-VG am Gebäudesektor, Sanierungsprogramme für Altbauten etc.).

Die Technologie der Wärmepumpe bildet einen idealen Baustein für eine zukunftsfähige Energiewirtschaft/Wärmewirtschaft und erfüllt im weitesten die Voraussetzungen einer anzustrebenden Kreislaufwirtschaft. Es lässt sich zeigen, dass die langfristig notwendige Entkarbonisierung im Energiesystem am leichtesten im Niedertemperaturbereich (Gebäudebereich) umsetzbar ist. Dazu muss allerdings akzeptiert werden, dass die Nutzung der Umweltwärme mittels Wärmepumpen auch einen gewissen Einsatz von Exergie (Strom) benötigt. Dieser Einsatz der höchstwertigen Energieform Strom erscheint allerdings mehr als gerechtfertigt, wenn durch die richtigen technischen Rahmenbedingungen ein hoher Primärenergieeinsparungs- und Klimagasreduktionseffekt nachgewiesen werden kann.

**Energie = Exergie + Anergie = konstant**



Quelle: TSB-Prof. Schaumann

Die Tiroler Energiepolitik hat dieses hohe Potenzial der Umweltwärmenutzung für die Zukunft erkannt und bekennt sich ganz klar zum verstärkten Einsatz der Wärmepumpe im Rahmen ihrer Energiestrategie.

In einem langfristig angelegten Entwicklungsszenario kann gezeigt werden, dass Tirol unter ehrgeizigen Effizienzsteigerungen und Energieeinsparungen in der Lage sein kann, sämtliche Energiedienstleistungen mittels heimischer erneuerbarer Ressourcen abzudecken. Den Hauptanteil nimmt dabei die Wasserkraft ein, gefolgt von der Biomasse und Umweltwärme. Langfristig sollte es möglich sein, aus dem Bereich der Niedertemperatur Wärme/Kälte die fossilen Energieträger vollständig zu verdrängen und heimische Ressourcen (Solar- und Umweltwärme, Biomasse) einzusetzen. Die Technologie der Wärmepumpe müsste dabei am Niedertemperaturmarkt einen Anteil von etwa 40 % einnehmen. Der dafür benötigte Einsatz an Elektrizität würde dann etwa 10 % des gesamten Elektrizitätsverbrauches ausmachen. Gemessen an der hohen fossilen Primärenergieeinsparung und Verhinderung von Treibhausgasen kann es nur richtig sein, sich bereits heute diesem Entwicklungsszenario zu nähern.



Medieninhaber und Herausgeber:  
Zement + Beton Handels- und Werbeges.m.b.H. im Auftrag der Österreichischen Zementindustrie  
A-1030 Wien | Reisnerstraße 53 | T: 01/714 66 85 0 | F: 01/714 66 85 26  
zement@zement-beton.co.at | www.zement.at

Druck: simply more printing | 1130 Wien

April 2009

# Kalte Füße waren gestern ...



## ... innovativ ist ein Raumklima mit Beton!

Als hervorragender Energiespeicher sorgt Beton für ein behagliches Raumklima. Zusammen mit alternativen Energien wie zum Beispiel der Erdwärme wird Heizen und Kühlen umweltfreundlich und sparsam.

Mehr zum Thema: „Warum Sie Ihre Pantoffeln an die Wand nageln können“ und ökologisches Raumklima mit Beton erfahren Sie unter: [www.beton-marketing.at](http://www.beton-marketing.at)

The logo for 'beton' features the word in a bold, lowercase sans-serif font. To the left of the text is a stylized graphic consisting of three red, overlapping rectangular shapes that resemble a concrete slab or a modern architectural element.

