

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 131 (2005)
Heft: 48: Technik für das Passivhaus

Artikel: Gebäude simulieren
Autor: Sulzer, Matthias / Schälin, Alois / Menti, Urs-Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108686>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.04.2026

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

Gebäude simulieren

Trotz raumhoher Verglasung kein Kaltluftabfall? Trotz unkonventionellem Sonnenschutz ein behagliches Raumklima? Trotz variabler Nutzung eine schlanke Gebäudetechnik? Diese Fragen können mit Simulationsprogrammen sicher und kostengünstig beantwortet werden.

Ein Gebäude soll Schutz, Sicherheit und Behaglichkeit bieten. Letzteres wird durch Architektur, Materialisierung und Gebäudetechnik beeinflusst. Traditionelle Planungsinstrumente wie Erfahrungswerte, Normen und Richtlinien haben die Tendenz, den kreativen Freiraum der Planer durch diverse Sicherheitszuschläge einzuzengen. Mithilfe von Simulationen lässt sich das vermeiden.

Vom Einfachen zum Komplexen

Bei der Planung eines durchschnittlichen Wohnhauses gelingt es meist auf Anhieb, mithilfe von Normen und Erfahrungswerten die Voraussetzungen für ein gutes Raumklima zu schaffen. Weichen Lösungen aber vom Standard ab, wird aus der einfachen Aufgabe rasch eine, die vernetztes und interdisziplinäres Denken voraussetzt. Die Auswirkungen vieler sich gegenseitig beeinflussender Parameter können dann ohne Simulationen nur noch sehr schwer erfasst und verarbeitet werden. Aufgabe der Ingenieure ist es, mit ihrem Fachwissen und ihrer Erfahrung die Komplexität einer Fragestellung richtig zu beurteilen und das adäquate Hilfsmittel zu wählen. Komplexe, aufwändige Instrumente erlauben dank der detaillierten Berücksichtigung verschiedenster Einflussgrößen eine präzise Abbildung der zu erwartenden Realität. So sind genauere Aussagen zur Behaglichkeit, zum Energieverbrauch sowie zur Wirtschaftlichkeit verschiedener Varianten möglich (Tabelle 2).

E-Science Lab

Im geplanten E-Science Lab der ETH Zürich wird ein möglichst tiefer Gesamtenergieverbrauch über das ganze Jahr angestrebt. Bei einem konventionellen Gebäude liesse sich dieser mittels einfacher Simulationen berechnen und durch Veränderung einzelner Parameter

optimieren. Die Ansprüche sind aber höher: Einerseits soll der geringe Energieverbrauch bei einer möglichst variablen Nutzung, d. h. einer veränderlichen internen Last, erreicht werden. Andererseits ist ein aussen liegender und fixer Sonnenschutz vorgesehen, der berücksichtigt werden muss. Fix soll er sein, damit eine sich auf den Energieverbrauch negativ auswirkende Fehlbedienung durch die Nutzer ausgeschlossen werden kann. Derartige (aus energetischer Sicht) Fehlbedienungen sind bei Rafflamellenstoren immer wieder zu beobachten.

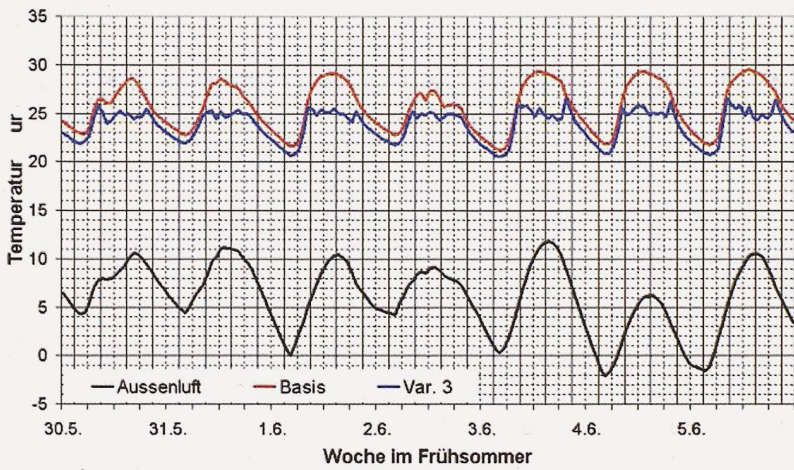
Ausgehend vom Gebäudeentwurf wird ein Mehrzonenmodell für die Simulationen erstellt, welches das ganze Gebäude einschliesslich des innen liegenden Atriums berücksichtigt. In diesem Modell lassen sich verschiedene Fassadentypen und Gebäudetechnik-Systeme untersuchen. Die Auswirkungen variabler Randbedingungen auf Energieverbrauch und Behaglichkeit können so berechnet und analysiert werden (Bilder 4 und 5).

Richtungsabhängige Balkontiefe

Ergebnis dieses iterativen Prozesses mit den Architekten ist eine Fassade mit richtungsabhängiger Balkontiefe und opaken, vertikalen Lamellen. Damit werden eine hohe Transparenz und ein tiefer Gesamtenergieverbrauch erreicht. Weiter wurde der Zusammenhang zwischen interner Wärmelast und den bauphysikalischen Eigenschaften der Fassade untersucht. Bei normaler Büronutzung mit durchschnittlichen internen Lasten lässt sich der Energieverbrauch mit zunehmender Wärmedämmung verringern. Überdurchschnittlich hohe interne Lasten führten in diesem Fall hingegen dazu, dass der Kühlbedarf den Heizbedarf überwog. Aufgrund dieser Erkenntnisse weist die Fassade nun eine Wärmedämmung auf, die nicht auf den minimalen Energieverbrauch bei einer bestimmten Nutzung abzielt, sondern einen möglichst tiefen Energieverbrauch unabhängig von der Nutzung anstrebt. Das E-Science Lab wird übrigens das erste Minergie-zertifizierte Gebäude der ETH Zürich sein.

Alpines Museum, Zermatt

In Zermatt soll das ehemalige Casino nach seiner Schliessung in ein Museum umgewandelt werden. Ein bestehender, unterirdischer Teil wird durch einen in einem kleinen Park gelegenen Empfangs-, Lobby- und Bürobereich erweitert. Mit einem voll verglasten Bau, der in seiner Form an einen Bergkristall erinnert, gewann das Architekturbüro Peter Perren den Wett-



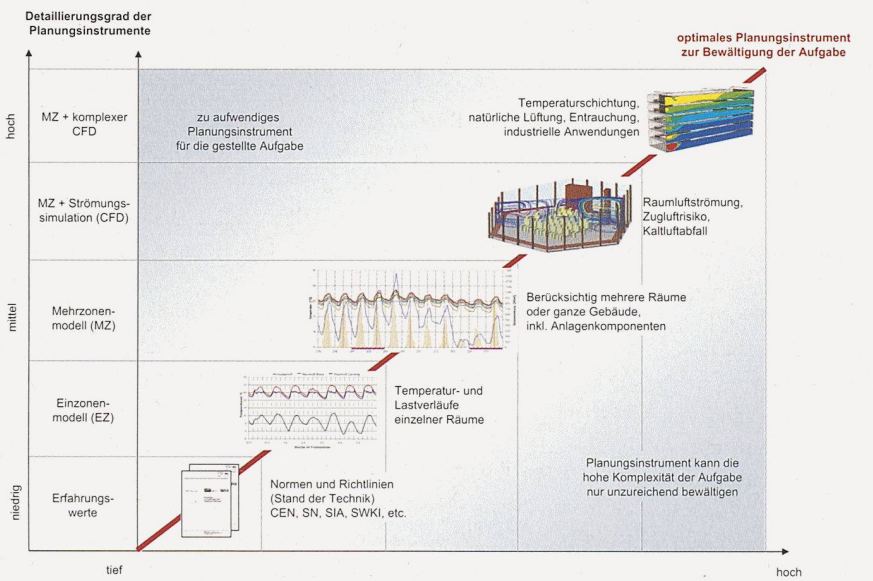
1

1
Aussenluft- und Raumlufttemperatur eines Raumes in Leichtbauweise während einer Sommerwoche: Basisvariante ohne natürliche Lüftung, Variante 3 mit intensiver natürlicher Lüftung über zu öffnende Fassadenelemente (Bilder: Autoren)

2
Der Komplexität der Fragestellung angepasste Methoden und Planungsinstrumente

3
Anwendungsbereiche verschiedener Simulationsprogramme

4 + 5
Gebäudeentwurf, Simulationsmodell und -resultate (E-Science Lab, ETH Zürich)



2

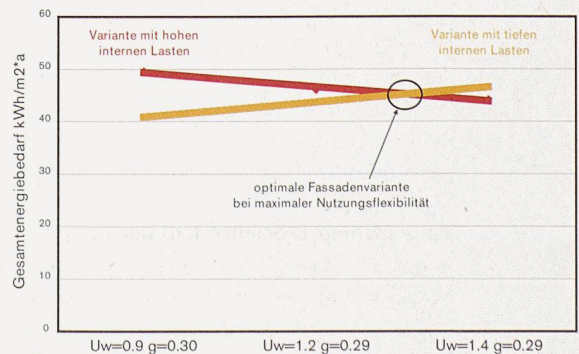
Komplexität der Planungsaufgabe

Instrument	Typische Anwendung	Programme (Auswahl)
Thermische Raumsimulation (Einzelzonenmodell)	Temperatur- und Lastverlauf in einem einzelnen Raum	Helios, IDA Raum
Thermische Raumsimulation (Mehrzonenmodell)	Temperatur- und Lastverlauf in mehreren Räumen oder ganzen Gebäuden (dynamisch, meist in Stundenschritten über ein Jahr)	IDA, TRNSYS, TAS, DOE, Energy+
Anlagen- und Systemsimulation	Berechnung von Systemgrößen (Temperaturen, Leistungen, Wärmerückgewinnung etc.), meist in Kombination mit thermischen Raumsimulationen	IDA, TRNSYS, TAS-B, DOE, Energy+
Luftströmungssimulation (CFD)	Raumluftströmung: Kaltluftabfall, Temperaturschichtung, Zugerscheinungen; Entrauchung im Brandfall, Gebäudeumströmung, Doppelfassaden, HLK-Komponenten etc.	CFX, Flovent, Fluent, Star-CD
Natürliche Lüftung	Vereinfachte Bestimmung des Luft- und Schadstofftransportes in mehrzonigen Gebäuden	COMIS, IDA, TAS
Bauteilsimulationen (FEM)	Berechnung von Wärmebrücken, U-Werten inhomogener Bauteile, thermischen Lade- und Entladezyklen etc.	Femlab, Flixo, Therm, Kobru, Sectra, Heat2
Licht, Beleuchtung	Tages- und Kunstlichtberechnungen, Visualisierungen	Adeline, Relux, Radiance, Dialux, Light-scape

3



4



5

bewerb (Bild 7). Nun laufen Bauten mit hohem Glasanteil bekanntlich Gefahr, bei starker Sonneneinstrahlung zu überhitzen und bei tiefen Aussenlufttemperaturen ein unbehagliches Raumklima (Kaltluftabfall, Strahlung) zu erzeugen. Im alpinen Klima von Zermatt mit sehr tiefen Aussentemperaturen und viel Sonne gilt das besonders ausgeprägt.

Für das Projekt wurden thermische Raumsimulationen und Luftströmungsberechnungen (Computational Fluid Dynamics, CFD) durchgeführt (Bild 6). Damit sind Aussagen zu Heizleistungs- und Heizenergiebedarf sowie zu Raumlufttemperaturen und zu natürlichen Luftwechsellern möglich. So wird schon früh ersichtlich, welches Optimierungspotenzial in der Fassade und in der Lüftungstechnischen Auslegung steckt. Die auftretenden Luftströmungen werden dabei – sowohl qualitativ als auch quantitativ – mit hoher räumlicher Auflösung ermittelt. Im vorliegenden Fall liessen sich die Luftbewegungen zwischen dem alten Casino-Teil und dem Neubau aussagekräftig ermitteln und visualisieren. Entlang der Fassade konnten Zonen mit Kaltluftabfall ausgemacht werden.

Optimierte Systeme

Nach der ersten Phase werden die U- und die g-Werte der Fassade genauer definiert. Dann kann z. B. abgeschätzt werden, welche Fassadenteile zu öffnen sein sollen, damit durch natürliche Lüftung einer Überhitzung vorgebeugt werden kann. Die Luftströmungsberechnungen zeigten, dass auch bei tiefen U-Werten für Glas und Rahmen die extremen klimatischen Bedingungen lokal zu einem Kaltluftabfall führen und dass dieses Problem nicht ohne Zusatzheizung im Fassadenbereich gelöst werden kann.

Nachdem diese Massnahmen definiert sind, können sie mit neuerlichen Simulationen auf ihre Wirksamkeit hin überprüft werden. So ist es möglich, in wenigen Schritten zu einer Lösung zu gelangen, die mit hoher Sicherheit eine gute Behaglichkeit bei möglichst geringem technischem Aufwand gewährleistet. Die Kosten der Simulationen sind alleine schon durch die optimierte Dimensionierung der Systeme gerechtfertigt.

Konsequenzen für den Planungsablauf

Simulationen können in jeder Projektphase von der Konzeptstudie bis zum Betrieb des Objektes den Problemlösungsprozess vereinfachen und beschleunigen. Mit Vorteil wird aber das Verhalten kritischer Grössen eines Gebäudes möglichst früh im Planungsprozess simuliert. Dann ist die durch diese Instrumente erzielbare Wirkung nämlich am grössten: Die entscheidenden Faktoren sind noch gut beeinflussbar, und Konzeptänderungen sind noch ohne hohe Folgekosten möglich (Bild 8).

Der Aufwand für Simulationen ist abhängig von der Fragestellung und vom geforderten Detaillierungsgrad. In frühen Projektphasen können mit einfacheren Modellen primär konzeptionelle Fragen beantwortet werden. Mit fortschreitender Planung rücken dann Dimensionierungs- und Optimierungsfragen in den Vordergrund, und der Detaillierungsgrad der Berechnungen nimmt zu.

«Trial and Error» im Computer

Simulationen erfordern – trotz oft gegenteiligen Versprechen der Programmhersteller – Fachkompetenz und Erfahrung. Dann jedoch ermöglichen sie ein besseres Systemverständnis. Bisher unbekannte Phänomene können durch die Untersuchung der Interaktion verschiedener Einflussfaktoren identifiziert werden. Die Quantifizierung von Effekten, Parameterstudien sowie Varianten- und Sensitivitätsüberlegungen dienen als Grundlagen für die Auslegung von Systemen. Und schliesslich wird das beim innovativen Bauen unvermeidliche «Trial and Error» vom realen Objekt ins Computermodell verlagert. So werden Fehlinvestitionen oder Nachbesserungen vermieden.

Direkte Einsparungen von Investitions- und Betriebskosten werden erzielt, indem die Systeme näher am effektiven Bedarf dimensioniert werden können. Generell liegt der Nutzen aber vor allem bei der erhöhten Planungssicherheit und damit bei der Erfüllung der Benutzerbedürfnisse – dem primären Ziel der Gebäude.

Matthias Sulzer, Lauber IWISA, Naters, und HTA, Luzern, matthias.sulzer@lauber-iwisa.ch; Alois Schälín, AFC Air Flow Consulting, Zürich, schaelin@afc.ch; Urs-Peter Menti, Zentrum für integrale Gebäudetechnik ZIG, HTA Luzern, ument@hta.fhz.ch

AM PROJEKT BETEILIGTE

E-SCIENCE LAB ETH ZÜRICH (HIT HÖNGGERBERG)

BAUHERRSCHAFT

ETH Zürich

ARCHITEKTEN

Baumschlager & Eberle, Lochau (A)

HLKKS-PLANER

Lauber IWISA, Naters

SIMULATIONEN

AFC Air Flow Consulting, Zürich

ALPINES MUSEUM ZERMATT

BAUHERRSCHAFT

Stiftung Alpines Museum Zermatt

ARCHITEKT

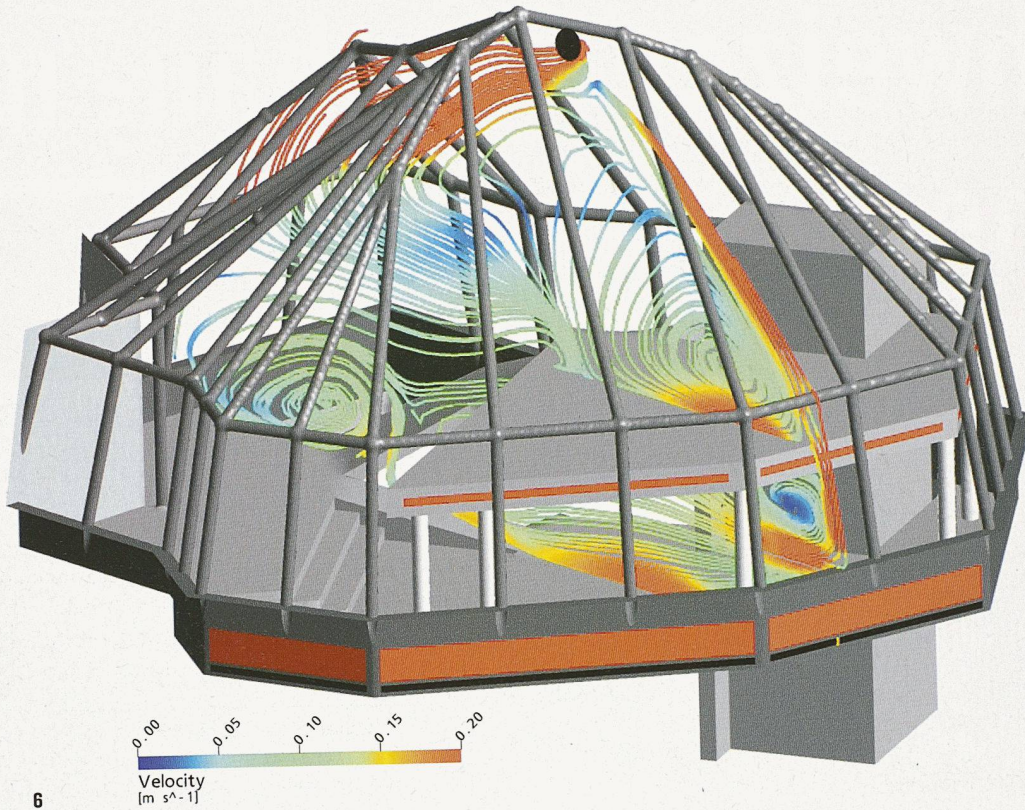
Architekturatelier Peter Perren, Zermatt

HLK-PLANER

Lauber IWISA, Naters

SIMULATIONEN

Hochschule für Technik und Architektur Luzern, Horw



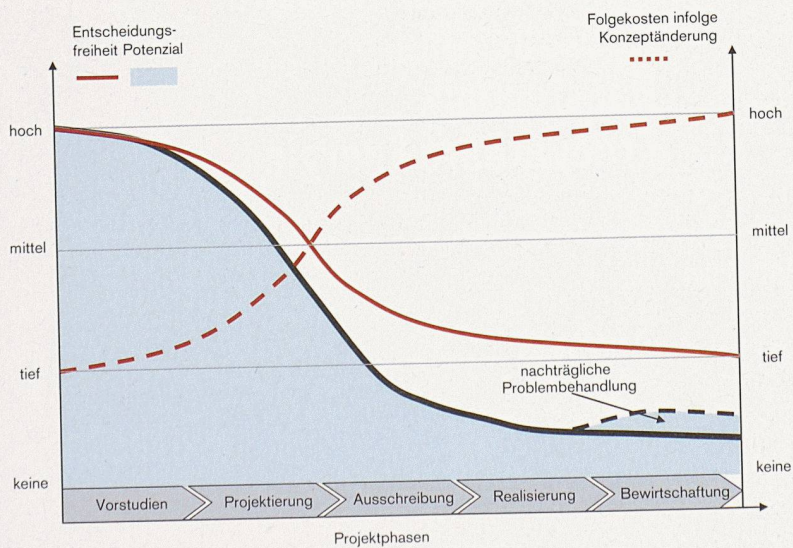
6



7

6 + 7
Simulationsmodell – Gebäudeentwurf (Alpines Museum Zermatt)

8
Entscheidungsfreiheit und bauliche Folgekosten während der Planungsphasen sowie Potenzial von Simulationen als Verhältnis zwischen Kosten und erzielter Wirkung



8

Wohnen ohne Heizung

Soll in Niedrigenergie-Gebäuden der Ertrag aus passiver Sonnenenergie maximiert oder eher der Transmissionsverlust der Hülle minimiert werden? Diese Frage war der Ausgangspunkt eines unter Schweizer Leitung stehenden, internationalen Forschungsprojektes. Resultat der Diskussionen war, dass beide Strategien das Ziel – nämlich Häuser mit niedrigstem Energiebedarf – erreichen können.

Mit dem Projekt «Sustainable Solar Housing» der Internationalen Energieagentur (IEA) verfolgte die Gruppe aus 17 Ländern im Rahmen des Programms «Solar Heating and Cooling» folgende Ziele: Konzepte für Konstruktion und Haustechnik analysieren, Referenzgrundlagen schaffen, Demonstrationsobjekte systematisch dokumentieren und geeignete Marketing-Strategien entwickeln. Robert Hastings, Leiter des Projekts, sagt: «Nachhaltige Häuser sollten im Notfall ohne Heizung bewohnbar sein. Und im Alltag werden sie mit einem kleinen Energieschub gemütlich. Diese geringe zusätzliche Energie lässt sich auf verschiedene Weise und mit faszinierenden Technologien bereitstellen.»

Unterstützt wurde dieser Schweizer Beitrag zum IEA-Programm vom Bundesamt für Energie (BFE). Mark Zimmermann, Forschungsleiter des Programms für rationelle Energienutzung in Gebäuden, schätzt die Zusammenarbeit mit einem weltweiten Kreis von Forschenden und die Tatsache, dass eigene Anliegen eingebracht werden können.

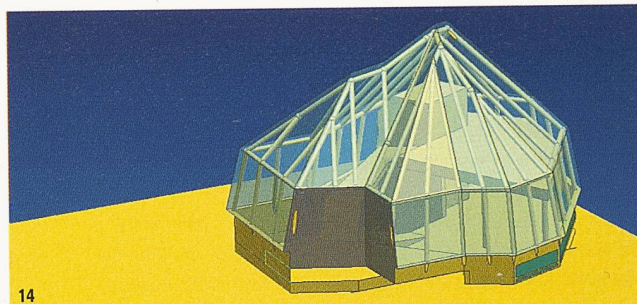
Der im Rahmen des Projekts durchgeführte Vergleich von 20 Schweizer Niedrigenergie-Häusern hat unter anderem gezeigt, dass bei unseren Klimaverhältnissen eine weniger günstige Ausrichtung eines Hauses durch andere Massnahmen kompensiert werden kann. Weiter wurde ersichtlich, dass eine kompakte Volumetrie der Gebäude grundsätzlich zwar wichtig ist, dass aber aus energetischer Sicht der Gestaltungsfreiheit auch nicht zu viele Schranken gesetzt werden müssen.

Nach Abschluss des Projekts werden die Ergebnisse nun fertig bearbeitet und veröffentlicht. Wichtiges Kommunikationsinstrument stellt die Internetplattform dar. Hier findet man neben Projektdokumenten auch 40 Beispiele energieeffizienter Bauten aus den beteiligten Ländern beschrieben und die Zielsetzungen sowie Realisierungsmassnahmen dargelegt. Die Architekten sind nun gefragt, die vorhandenen Kenntnisse über Energieeffizienz und erneuerbare Energien umzusetzen. Eine wichtige Erkenntnis der internationalen Zusammenarbeit war, dass es mehrere Wege gibt zu Häusern mit einem äusserst niedrigen Energieverbrauch.

Jürg Wellstein, Informationen zur Energieforschung, Therwil

j.wellstein@bro.ch

www.iea-shc.org/task28



14

4 Gemessene Sanierung

| *Othmar Humm* | Eine vom Bundesamt für Energie unterstützte Messkampagne in zwei sanierten Mehrfamilienhäusern zeigt: Auch im Sanierungsbereich kann der Minergie-P-Standard erreicht werden.

10 Ein neuer Dreh für Holzpellets-Öfen

| *Rolf-Peter Strauss* | Herkömmliche Pelletsöfen erzeugen in gut isolierten Passivhäusern zu viel Wärme. Eine Neuentwicklung an der Uni Bremen weist den Weg zu einer Verbrennung mit tieferer Leistung. Die Pellets liegen dabei auf einer drehenden Keramikscheibe.

14 Gebäude simulieren

| *Matthias Sulzer, Alois Schälín, Urs-Peter Menti* | Simulationen des zu erwartenden Raumklimas können bei komplexen Aufgabenstellungen die Planungssicherheit erhöhen. Einsparungen ergeben sich insbesondere durch die damit ermöglichte knappere Dimensionierung der haustechnischen Anlagen.

20 Faktor 10

| *Burkhard Schulze Darup* | Sanierungen auf Passivhausniveau mit einem um 90% verringerten Energieverbrauch sind heute technisch möglich. Bei langfristiger Betrachtung sind sie darüber hinaus auch wirtschaftlich rentabel.

26 Wettbewerbe

| Neue Ausschreibungen und Preise | Sanierung Kantonsschule in Chur | Kindergarten in Mollis | Wohnüberbauung Grünwald in Zürich Höngg |

32 Magazin

| Publikationen | Haftung für militärische Altlasten | Vernehmlassungen: Grosse Allmend Bern, Lex Koller | «Biologischer» Wasserstoff | Birec 2005 | Fachverband für Sonnenenergie | Energie-Effizienz für KMU | Fusion von Zschokke und Bati-group | Leserbrief | Nachhaltigkeits-Indikatoren | In Kürze |

38 Aus dem SIA

| Erdbebensicherheit ernst nehmen | SIA Zentralschweiz an der Bildungsmesse Zebi Luzern | FIB-Betontag 2006 | D 0208 Berechnung der Norm-Heizlast |

42 Produkte

| 5. Schweizer Hausbau- und Minergie-messe: Produkte und Aussteller |

54 Veranstaltungen