



OSTSCHWEIZER ENERGIE PRAXIS

INHALT APRIL 2016

<u>Neu- und Umbau Hohlstrasse 100</u>	1
<u>Erneuerbare Energie beim Wärmeerzeugerersatz</u>	3
<u>Gebäudelabels im Vergleich zu den MuKEN</u>	5
<u>Ratgeber Wärmebrücken bei Gebäudemodernisierung</u>	5
<u>Planungs-Tool für Komfort-Wohnungslüftungen</u>	6
<u>News aus den Kantonen</u>	7

VERDICHTEN, ANALYSIEREN UND OPTIMIEREN AUF ALLEN EBENEN

NEU- UND UMBAU HOHLSTRASSE 100

Der Standort an innerstädtischer Lage mit hoher Lärmbelastung fordert die Architekten und das Planungsteam zu unkonventionellen Lösungen auf. Neuentwicklungen, Pilotanwendungen und ein umfassendes Monitoring sollen die beiden zur Minergie®-P-A-Zertifizierung eingereichten Gebäude zu einem energiesparenden und zukunftsorientierten urbanen Ensemble machen. Das Projekt der Dietrich Schwarz Architekten AG wird durch die Pilot- und Demonstrationsprojekt-Programme des Bundesamts für Energie (BFE) und der Baudirektion Kanton Zürich unterstützt.

Stefan Bürkli, Holzbauingenieur BSc und Bauphysiker DAS FHNW, EK Energiekonzepte AG, Zürich

Standort und Ausgangslage

Das Projekt «Neu- und Umbau Hohlstrasse 100» in Zürich befindet sich in der Ausführung. Es umfasst ein Rand- und ein Hofgebäude. Das neu geplante Randgebäude bildet das letzte Stück einer Blockrandsiedlung aus den 1930er-Jahren. In diesem neuen sechsgeschossigen Bau (inkl. Attika) entstehen 2760 m² Energiebezugsfläche (EBF). Das alte Hofgebäude (1590 m²) im Innenhof der Siedlung wird teilweise zugunsten des Randgebäudes rückgebaut und komplett saniert. Rand- und Hofgebäude sind über eine neue unterirdische Einstellhalle miteinander verbunden.

Die beiden Gebäude werden zu Wohnzwecken als Mehrfamilienhäuser mit total 69 Ein- bis Dreieinhalbzimmerwoh-

nungen für Kurzzeitwohnen erstellt. Nebst den Studios und Wohnungen entstehen in den Erdgeschossen Verkaufs- und Gastronomieflächen.

Der innerstädtische Standort in einer dicht bebauten Umgebung mit hoher Lärmbelastung, stellt eine grosse Herausforderung dar. Das Bauvorhaben entsteht exemplarisch an einer Lage, die ein wichtiges Thema der modernen städtebaulichen Entwicklung repräsentiert: die Verdichtung.

Minergie®-P-A-Standard

Das Gebäudeensemble wird höchste energetische Anforderungen erfüllen. Dies soll durch die Doppelzertifizierung Minergie-P-A bestätigt werden.

Die unterschiedlichen Voraussetzungen der Gebäude wie Sanierung/Neubau, Kompaktheit, Verhältnis EBF zu Dachfläche usw. bedürfen einerseits eines erhöhten Planungsaufwands, andererseits bietet sich die Möglichkeit, mit dem vorhandenen Potential gegebene Schwächen auszugleichen. Durch den haustechnischen Zusammenschluss der Gebäude lässt sich der Grenzwert für eine Grundwassernutzung von 100 kW Heizleistung erreichen sowie die 109 kWp grosse, dachintegrierte PV-Anlage gemeinsam nutzen. Dank der Kombination Hofgebäude-Sanierung und Randgebäude-Neubau wird das Grundstück optimal ausgenutzt und eine maximale Geschossfläche erreicht. Der Einsatz verschiedener Aussenwandaufbauten steigert die Netto-Geschossfläche zusätzlich.

Mit Grundwasser als Ausgangswärme wird über eine erste hocheffiziente Wärmepumpe das Warmwasser für die Raumwärme aufbereitet. Eine zweite Wärmepumpe hebt die Temperatur auf Brauchwarmwasserniveau an. Für eine grössere Flexibilität in der Wärmeerzeugung steht ein zusätzlicher thermischer Speicher zur Verfügung.

Die Wände des bestehenden Hofgebäudes werden mit einer Steinwolle-Kompaktfassade ertüchtigt, während 30 cm Mineralwolle beziehungsweise PUR die vorhandene Dachkonstruktion ergänzen. Je nach Lage werden die Aussenwände des Randgebäudes als Kerndämmungssystem (Erdgeschoss), Kompaktfassade (Ostfassade) oder als vorfabrizierte Holzelementfassade erstellt (auch das Dach).

Schallschutz zur Hohlstrasse

Um auch an dieser lärmbelasteten Strasse (65 dB) einen hohen Wohnkomfort sicherzustellen, sind spezielle Massnahmen notwendig. Deshalb wurden eigens Schalldämmkerker entwickelt, deren Wirkung Simulationen an der EMPA und anschliessende Vor-Ort-Messungen bestätigten. Mit diesem Verfahren konnte von der pauschalen Bewilligungspraxis abgewichen und in Zusammenarbeit mit der Fachstelle für Lärmschutz eine projekt-optimierte Lösung gefunden werden.

Trotz der einseitigen Ausrichtung der Wohnungen – das für Wohnnutzung obligate Lüftungsfenster ist zur Strasse hin orientiert – lassen sich alle Anforderungen wie minimaler Lüftungsquerschnitt, Aussenraumbezug oder Blick ins Freie erfüllen.

Pilot- und Demonstrationsprojekt

Mit dieser Ausgangssituation eignet sich das Projekt optimal für Pilotanwendungen von neuen Technologien, Systemen und Materialien. Diese werden in drei Teilen mit gesamthaft fünf Massnahmen am Projekt getestet oder demonstriert. Die geplanten Massnahmen und erste Resultate sehen wie folgt aus:



Abbildung 1: Versuchsaufbau an der Empa Dübendorf zur Ermittlung der Erker-Wirkung.

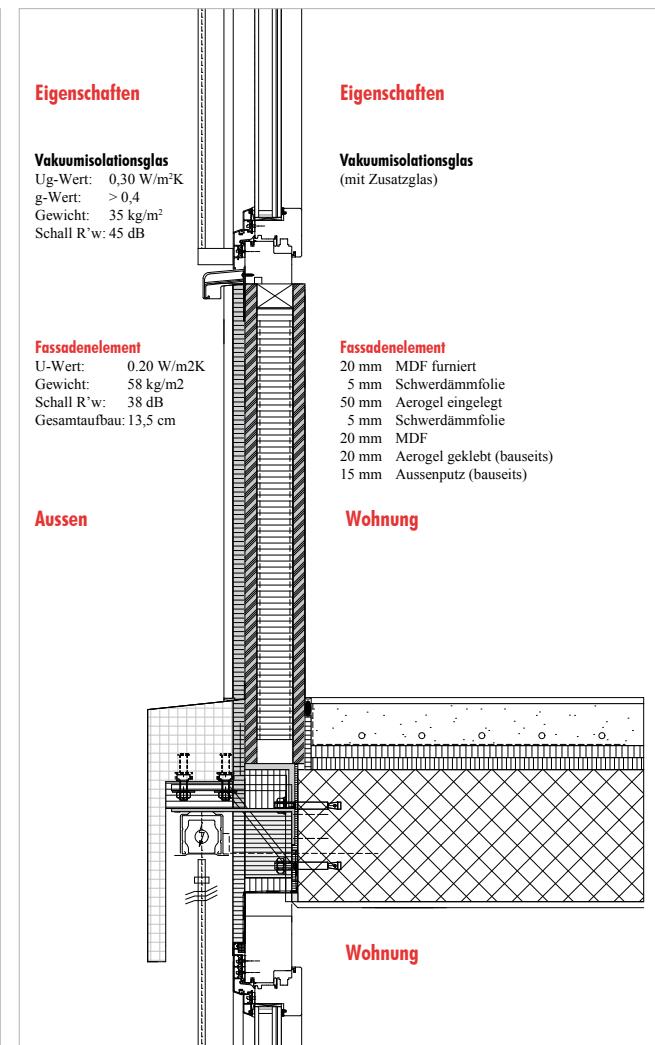


Abbildung 2: Detailschnitt Südfassade

A. Maximierung der Nutzfläche und Erprobung einer neuen Technologie durch Minimierung der Fassadenstärke

I) Hochleistungswärmedämmung in Fassadenanwendung: Die Nachfrage nach sehr dünnen Aussenfassaden, die trotzdem einen tiefen U-Wert erreichen, ist enorm. Überall dort, wo die Bauflächen begrenzt und die Grundstückskosten hoch sind, wird versucht, die Konstruktionsfläche zu reduzieren, um die nutzbaren Flächen zu maximieren.

Das Projekt versucht eine Antwort auf diese Nachfrage zu geben, mit einem lediglich 13,5 cm starken Aussenwandssystem aus vorfabrizierten, mit Aerogel gedämmten, Holzelementen. Damit lässt sich ein U-Wert von 0,20 W/m²K erreichen. Zur Einhaltung der Schallschutzanforderungen werden zwei Schallschutzfolien integriert.

Das entworfene Fassadensystem enthält ausschliesslich erprobte Materialien. Sie sind jedoch noch nie in dieser Kombination und als vorgefertigte, reproduzierbare Systemlösung eingesetzt worden. Das Projekt soll aufzeigen, welche Vereinfachungen der Stand der Technik bei Hochleistungsdämmstoffen im Neubau bereits ermöglicht.

II) Vakuumisolationsglas – Pilotierung neuer Technologie: Damit die Fassadenstärke nicht nur im opaken sondern auch im transparenten Bereich reduziert werden kann, kommen

Vakuumisolationsgläser (VIG) anstelle von Dreifach-Isolierverglasungen zum Einsatz. VIG ist bei gleichen oder gar besseren physikalischen Eigenschaften leichter und schöner im Umgang mit Ressourcen. Die grössten Herausforderungen stellen der Schallschutz und der Rahmeneinbau dar. Um das Risiko zu minimieren und im Sinne einer schrittweisen Erprobung dieser jungen Technologie, ergänzt ein zusätzliches Glas das VIG.

Beim Hohlstrassen-Projekt werden in der Schweiz erstmals Vakuumisolationsgläser als Standardverglasung eingesetzt. Gleichzeitig sind Bestrebungen im Gange, die VIG-Wertschöpfungskette in der Schweiz zu verlängern und zeitnah ein VIG ohne Zusatzglas anzubieten.

B. Reduktion der Heizenergie und Erhöhung des thermischen Komforts durch Phasenverschiebung

III) PCM-Glaselement zur Speicherung der Sonnenenergie: Bei zehn Wohnungen mit Südorientierung werden neuartige Phasenwechselmaterialien (Typ GlassX) in Form beweglicher Elemente eingesetzt. Mit den direkt hinter den Fassadenfenstern platzierten Elementen wird das Potenzial zur Reduktion von Heiz- und Kühlenergie erprobt. Von zentralem Interesse ist dabei das Nutzerverhalten. Werden die Bewohner das bewegliche System einsetzen? Wieviel Technik zur Verbesserung des Raumklimas ist einem Bewohner zuzumuten? Kann er das System korrekt bedienen?

C. Analyse / Optimierung des Betriebs der HLKSE-Grossverbraucher und Reduktion des Energieaufwands

IV) Warmwassermanagement zur Ermittlung des realen Brauchwarmwasserverbrauchs:

Das geplante Monitoring und die resultierenden Ergebnisse ermöglichen es, den Betrieb der Wärmepumpe zur Warmwasseraufbereitung zu optimieren, den Nutzern ihren eige-

Unterstützung durch Bund und Kanton

Die innovativen Massnahmen werden durch die P&D-Programme vom Bundesamt für Energie (BFE) und von der Baudirektion Kanton Zürich, Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft unterstützt. Die Beiträge decken knapp 80 % der nicht-amortisierbaren Mehrkosten.

nen Wasserverbrauch aufzuzeigen, aber auch Fachleuten einen aktuellen Stand des Warmwasserbedarfs zu vermitteln. Ausserdem ist ein Vergleich der Resultate mit der in die Jahre gekommenen Werte der relevanten Normen geplant. In einem weiteren Schritt soll das Gebäude als bewohntes Labor dienen. Herstellern von innovativen Sanitärkomponenten soll Zugang zu einem realen Umfeld mit integrierter Monitoringtechnik ermöglicht werden, um neue Entwicklungen zu pilotieren.

V) Monitoring der haustechnischen Grossverbraucher:

Der umweltschonende und wirtschaftliche Betrieb technischer Anlagen in Gebäuden setzt voraus, die Energie- und/oder Medienströme messtechnisch zu erfassen und auszuwerten. Dank der gewonnenen Erkenntnisse lassen sich Erzeuger (PV-Anlage), thermische Speicher und Verbraucher (Wärmepumpen, Lüftungsanlagen, Hilfsgeräte etc.) besser aufeinander abstimmen. Der Betrieb wird dadurch optimiert und deutlich effizienter.

Ausblick

Der Rohbau in beiden Gebäuden ist Ende März 2016 abgeschlossen. Die Minergie®-P-A-Anträge befinden sich in der Prüfphase. Im kommenden Herbst werden beide Gebäude bezugsbereit sein. Mit Inbetriebnahme beginnt auch das Monitoring, das zweimal zwei Jahren dauert. ■

TECHNISCHE LÖSUNGEN SIND ZU WIRTSCHAFTLICHEN BEDINGUNGEN VERFÜGBAR

ERNEUERBARE ENERGIE BEIM WÄRMEERZUGERSATZ

Knapp ein Drittel des schweizerischen Endenergieverbrauchs fällt in Wohnbauten an, wobei ein erheblicher Teil aus fossilen Quellen stammt. Zur Senkung der CO₂-Emissionen ist die Nutzung erneuerbarer Energien beim Ersatz der Wärmeerzeugung ein wichtiges Handlungsfeld. Anhand von 82 Objekten sind Systeme zur Nutzung erneuerbarer Energien überprüft worden. Fazit: Es sind verschiedene wirtschaftliche Lösungen verfügbar.

Jörg Drechsler, dipl. Energie-Ingenieur FH/NDS, MAS in nachhaltigem Bauen, Drechsler Energie-Optimierung, St.Gallen

Energetische Verbesserungen der Gebäudehülle werden oft im Rahmen von Unterhaltsarbeiten vorgenommen. Während Fenster und Dächer häufiger erneuert werden, ist die Rate von energetischen Verbesserungen der Aussenwände mit jährlich rund 1 % bis 1,5 % tief beziehungsweise die Anzahl Bauten ohne Erneuerungsabsichten gross. Demgegenüber werden Heizungsanlagen in bedeutend kürzeren Intervallen von rund 20 Jahren ersetzt, Kesselanlagen oft wegen Beanstandungen durch die Luftreinhalteverordnung. Bei jährlich schweizweit 50 000 neuen Wärmeerzeugern, davon 40 000 in bestehenden Bauten, lohnt es sich deshalb, den Ersatz der Wärmeerzeugungsanlage als Auslöser für die Nutzung erneuerbarer Energien genauer zu betrachten.

Schwerpunkt der kantonalen Energiepolitik im Gebäudebereich bilden Massnahmen zur Senkung des Bedarfs an nicht-erneuerbarer Energie. Diesbezüglich liegt das grösste Potenzial bei energetischen Modernisierungen bestehender Bauten. Um Massnahmen an der Gebäudehülle und bei der Wärmeerzeugung auszulösen, setzen Bund, Kantone und Gemeinden bisher vor allem auf Anreize. Insbesondere unterstützen sie die Hauseigentümer mit Förderprogrammen sowie Information und Beratung.

Im Rahmen der Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich, MuKE 2014, (siehe www.endk.ch/de/energiepolitik-der-kantone/MuKE) entwickelten die Kantone zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden eine Mu-

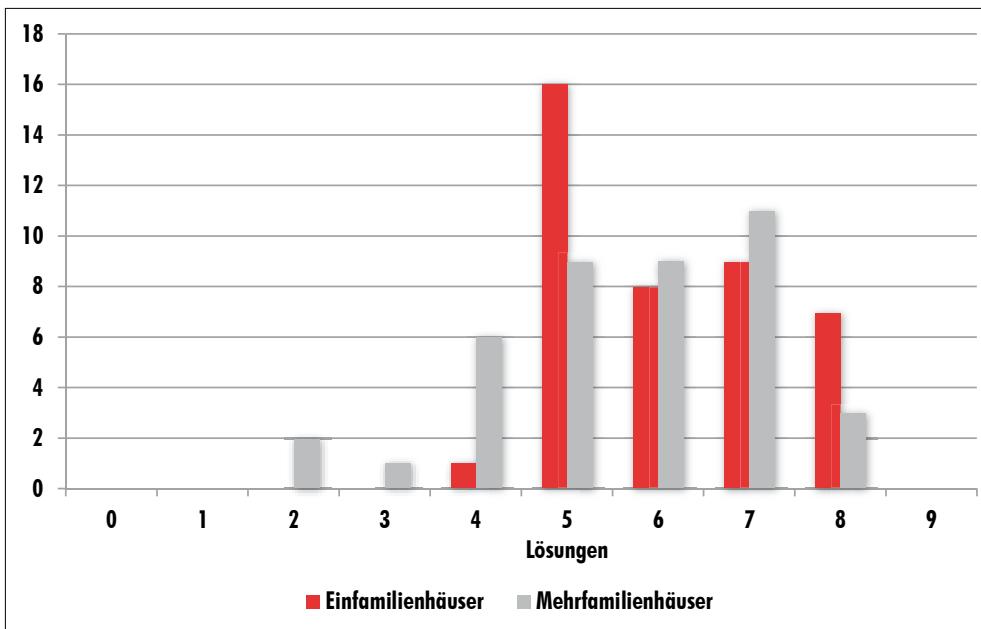


Abbildung 1: Anzahl anwendbarer Lösungen für die 82 Objekte. Bei allen Bauten stehen verschiedene Möglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Auswahl.

tervorschrift, die beim «Ersatz eines mit Heizöl oder Erdgas betriebenen Kessels in bestehenden Wohnbauten» zur Nutzung erneuerbarer Energie verpflichtet. Damit streben sie den maximalen Anteil an nichterneuerbarer Energie für Raumwärme und Warmwasser von 90% an, wobei bereits thermisch verbesserte Bauten von dieser Regel nicht betroffen sind (Minergie-Bauten, Bauten mit GEAK-Klasse D oder besser). Die technischen Lösungen für die Umsetzung dieser Vorgabe sind heute zu wirtschaftlichen Bedingungen verfügbar. Anhand von 82 in Energieanalysen untersuchten Objekten sind verschiedene Systeme überprüft worden. Bei den Objekten handelt es sich um je 41 Einfamilien- (EFH) und Mehrfamilienhäuser (MFH) mit Baujahren zwischen 1850 und 1990, Energiebezugsflächen von 110–3500 m² und teilweise Auflagen durch den Denkmalschutz. Die folgenden Beschreibungen zeigen Möglichkeiten zum Einsatz erneuerbarer Energien exemplarisch auf. Diese Aussagen dürften für den ganzen Gebäudebestand repräsentativ sein.

Ergebnisse der Untersuchung

Zur Prüfung standen einerseits sieben technische Standardlösungen: Kesselkombination mit Sonnenkollektoren, Holzfeuerungen als Hauptwärmeerzeuger, Wärmepumpen (Luft/Wasser, Sole/Wasser, Wasser/Wasser), Anschluss an ein Fern- oder Abwärmenetz, Photovoltaik, Wärmekraftkoppelung (WKK) und Wärmepumpenboiler mit Photovoltaikanlage. Andererseits gehörten zwei Lösungen mit den Gebäudehüllenmassnahmen Fensterersatz sowie Dämmung von Fassaden und Dächern zum Test. Untersucht wurde unter anderem, ob die nötige Raum-, Dämm- oder Dachfläche beziehungsweise ein Erdgas- oder Wärmenetz vorhanden ist und ob die bestehenden Gebäudehüllenteile die minimal geforderten Einsparungen erlauben.

Die Untersuchung der 82 Bauten zeigt: Bei über 80% der Objekte könnte eine Solaranlage realisiert werden. Viele Installateure dürften deshalb ihren Kunden thermische Solar-

anlagen empfehlen, werden doch im EFH mit 4–6 m² Kollektorfläche bereits über 50%–60% des nötigen Energiebedarfs für das Warmwasser gedeckt. Vorteile dieser Lösung sind ein mögliches Komplettangebot des Heizungsinstallateurs und in der Regel ein einfacher und rascher Baubewilligungsablauf.

Wärmepumpen (WP) dürften in bestehenden Bauten gegenüber heute noch vermehrt eingesetzt werden, was bei einer weitsichtigen Investitionsplanung auch wirtschaftlich interessant ist. Während bei Luft/Wasser-WP die Anforderungen an den Schallschutz ein

Ausschlusskriterium bilden können, sind es bei Wasser/Wasser- und Sole/Wasser-WP die gewässerschutzrechtlichen Bestimmungen. Bei allen 82 untersuchten Objekten sind WP einsetzbar.

Bei grösseren Bauten gehören bivalente Anlagen mit einer Grundlastheizung mit erneuerbarer Energie (meist WP oder Holz) und mit fossilen Brennstoffen betriebene Spitzenlastheizkessel zu den interessanten Lösungen. Für sie gelten grundsätzlich die gleichen Aussagen wie für die WP.

Die Möglichkeit für den Anschluss an eine Fernheizung oder einen Wärmeverbund mit erneuerbaren Energien besteht wohl nur an wenigen Orten. Für den Einsatz einer WKK ist der Wärmebedarf aus wirtschaftlichen Gründen ausschlaggebend. Erfahrungsgemäss sollte eine WKK-Anlage jährlich mindestens 4000 Volllaststunden erreichen, wobei zu bedenken ist, dass künftige thermische Verbesserungen der Gebäudehülle zu abnehmender Wärme- und Stromproduktion und sinkender Wirtschaftlichkeit führen. Für die Planung einer solchen Anlage ist eine Energieanalyse mit langfristiger Betrachtung unumgänglich.

Fazit: breite Auswahl an Lösungen

Die Untersuchung belegt, dass Besitzer von EFH in der Regel die Auswahl aus fünf bis acht Lösungen haben. Nur ein relativ neues Objekt liess wegen der bereits gut gedämmten Gebäudehülle und mangels Gas- und Wärmenetz lediglich vier mögliche Lösungen zu.

Bei den MFH waren meist zwischen vier und acht Lösungen anwendbar. Nur zwei Objekte konnten wegen bereits ausgeführter thermischer Verbesserungen, kleiner Dachflächen und fehlenden Wärmenetzen nur je zwei Lösungen erfüllen. Die erneuerbaren Energien werden zweifelslos auch beim Bestandesbau weiterhin an Bedeutung zunehmen. Die technischen Lösungen sind vorhanden und die Branche ist bereit, ihrer Bauherrschaft eine Auswahl an wirtschaftlichen Möglichkeiten anzubieten.

GEBAUDELABELS IM VERGLEICH ZU DEN MUKEN

Die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich können als Mindestanforderungen verstanden werden, die es für die Erlangung der Baufreigabe zu erfüllen gilt. Der Fokus der Mustervorschriften liegt auf dem Energiebedarf für die Raumkonditionierung. Daneben gibt es eine Vielzahl von Gebäudelabels und -standards, die sich bezüglich Fokus und Bewertungsmechanismus massgeblich unterscheiden.

Ivo Peter, MSc ETH in Umweltnaturwissenschaften, Baudirektion Kanton Zürich/AWEL



Abbildung 1: 2000-Watt-Areale beinhalten Richtwerte bezüglich Betriebsenergie, Grauer Energie und Mobilität.
(Foto: 2000-Watt-Areal Erlenmatt West in Basel)

Einführung

In der Schweiz sind die Kantone für die Gesetzgebung im Gebäudebereich verantwortlich. Mit dem Ziel, eine Harmonisierung der energetischen Bauvorschriften unter den Kantonen zu erreichen, erarbeiten sie die Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKEN). Die aktuell gültigen kantonalen energetischen Bauvorschriften basieren auf den MuKEN 2008.

Im Januar 2015 verabschiedete die Energiedirektorenkonferenz (EnDK) die MuKEN 2014 und empfiehlt deren Einführung bis 2020. Neben den kantonalen Energievorschriften, die sich ausschliesslich auf die energetischen Aspekte eines Gebäudes beschränken, gibt es zahlreiche Gebäudelabels und -standards, anschliessend Labels genannt, die unter anderem weitere Bereiche der Nachhaltigkeit abdecken. Unabhängig vom Label sind die gesetzlichen Anforderungen an ein Gebäude immer einzuhalten. Da nicht jedes Label MuKEN-konforme Anforderungen an die Energieeffizienz kennt, ist auf diesen Umstand besonderes Augenmerk zu legen. Folgend werden in einem ersten Schritt die zentralen Eckpunkte der MuKEN 2014 erläutert. In einem zweiten Schritt wird auf die wesentlichen Unterschiede zwischen den MuKEN 2014 und den in der Schweiz am häufigsten verwendeten Labels eingegangen.

Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich

Die MuKEN 2014 beinhalten neben dem «Basismodul» acht «Zusatzmodule». Das «Basismodul» sollen alle Kantone integral umsetzen, die «Zusatzmodule» nach Bedarf in die Gesetzgebung übernehmen.

Die Systemanforderung im Basismodul legt fest, dass der berechnete und gewichtete Energiebedarf für die Raumkonditionierung (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Klimatisierung) eines Gebäudes höchstens $35 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{EBF}}$ (Energiebezugsfläche) betragen darf. Gegenüber den MuKEN 2008 entspricht dies einer Verschärfung von rund $13 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{EBF}}$.

Der gewichtete Energiebedarf hängt dabei massgeblich von den Eigenschaften der thermischen Gebäudehülle, dem daraus resultierenden Heizwärmebedarf (gemäss Norm SIA 380/1 «Thermische Energie im Hochbau») und vom gewählten Wärmeerzeugungssystem beziehungsweise von den nationalen Gewichtungsfaktoren des gewählten Energieträgers ab.

Neben dieser Systemanforderung müssen Neubauten ausserdem die Anforderung an die Eigenstromproduktion von $10 \text{ Watt}/\text{m}^2_{\text{EBF}}$ erfüllen.

Bereiche der Nachhaltigkeit

Gemäss dem Merkblatt SIA 2040 «SIA-Effizienzpfad Energie» lässt sich der Lebenszyklus eines Gebäudes in die drei

Zwei neue Ratgeber zum Thema «Wärmebrücken bei Gebäudemodernisierungen»

Neu erschienen sind zwei Ratgeber zum Thema «Wärmebrücken bei Gebäudemodernisierungen». Ein Ratgeber richtet sich an Bauherrschaften, der andere an Baufachleute.

In der Version für Bauherrschaften wird einfach und verständlich erklärt, wie Wärmedämmungen an der Gebäudehülle ausgeführt werden sollen, um Wärmebrücken möglichst zu reduzieren.

Der Ratgeber für Baufachleute zeigt konstruktive Detaillösungen auf, um Wärmebrücken bei Fassadendämmungen einzuschätzen und so gute Lösungen für die Praxis zu planen und auszuführen.

Die beiden Ratgeber sind auf Initiative der Energiefachstellenkonferenz der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Lichtenstein entstanden und können heruntergeladen werden unter:

www.energieagentur-sg.ch → Wissen → Downloads

Bereiche Erstellung, Betrieb und Mobilität unterteilen.

Sämtliche Labels (vgl. Tabelle rechts) haben Anforderungen an den Betrieb und an den Energiebedarf der Raumkonditionierung (Heizung, Warmwasser, Lüftung, Klimatisierung). Die Berechnungen gemäss MuKEN, GEAK und Minergie basieren dabei grösstenteils auf den gleichen Berechnungsmethoden und Gewichtungsfaktoren. Die berechneten Werte

sind somit vergleichbar. Wie erwähnt, darf der Energiebedarf der Raumkonditionierung höchstens $35 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}}$ (MuKEN 2014) beziehungsweise $48 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}}$ (MuKEN 2008) betragen. Der entsprechende Grenzwert bei Minergie liegt aktuell bei $38 \text{ kWh/m}^2_{\text{EBF}}$. Es ist aber unbestritten, dass Minergie den Grenzwert nach unten angepasst, um eine Konformität zu den MuKEN 2014 zu garantieren. Beim GEAK werden neben dem berechneten Energiebedarf ebenso die vorhandenen Verbraucherdaten für die Validierung der Berechnung verwendet. Eine B-Klassifizierung entspricht der Einhaltung der kantonalen Energievorschriften für Neubauten gemäss MuKEN 2008.

Beurteilung kaum vergleichbar

Ebenso beinhalten der «SIA-Effizienzpfad Energie» und die «2000-Watt-Areale» Richtwerte betreffend Betriebsenergie, ausgewiesen als Primärenergie nicht erneuerbar und Treibhausgasemissionen. Die Primärenergie nicht erneuerbar entspricht dabei ungefähr dem vorgängig erläuterten gewichteten Energiebedarf. Die verwendeten Gewichtungsfaktoren weichen jedoch stark von den nationalen Gewich-

Label	Bilanzperiode	Energie					Gesellschaft	Wirtschaft
		Betrieb			Graue Energie	Mobilität		
		E. bed. Raumkonditionierung	Betriebseinrichtungen	Monitoring/ Messung				
MuKEN	Gebäude						35 kWh/m^2	
GEAK	Gebäude						Klassifizierung	
Minergie	Gebäude						38 kWh/m^2	
SNBS	Parzelle						gesetzliche Vorgaben	
SIA Effizienzpfad Energie	Gebäude/ Außenanlagen						PE: 440 MJ/m^2 THG: 16.5 kg/m^2	
2000-WATT-Gesellschaft	Areale						PE: 440 MJ/m^2 THG: 16.5 kg/m^2	
DGNB/SGNI	Gebäude						Bewertung	
LEED	Grundstück						Bewertung	
BREEAM	Grundstück						gew. Energiekennzahl	

Legende:

PE = Primärenergie nicht erneuerbar
THG: Treibhausgasemissionen
Farbgebung - Nachhaltigkeitsbereiche
grün: Umwelt bzw. Energie
blau: Gesellschaft
rot: Wirtschaft
schräg: indirekte/künftige Abdeckung

Labels/Standards

MuKEN: Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich
GEAK: Gebäudeenergiennachweis der Kantone
SNBS/LNBS: Standard bzw. Label Nachhaltiges Bauen Schweiz
DGNB/SGNI: Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen/Schweizer Gesellschaft für Nachhaltige Immobilienwirtschaft
LEED: Leadership in Energy & Environmental Design
BREEAM: Building Research Establishment's Environmental Assessment Method

tungsfaktoren ab, weshalb die Resultate nicht direkt vergleichbar sind. Zusätzlich berücksichtigen der SIA-Effizienzpfad Energie und die 2000-Watt-Areale die Graue Energie und die Mobilität. Für beide Bereiche gibt es ebenfalls Richtwerte, die einzuhalten sind. Außerdem findet eine periodische Rezertifizierung statt. Dabei wird unter anderem der gemessene Energiebedarf mit den berechneten Werten verglichen. Bei DGNB, LEED und BREEAM wird der Energiebedarf der Raumkonditionierung zum Beispiel mit Punkten bewertet. Außerdem kennen diese Labels Mindestanforderungen an die Betriebseinrichtungen.

Die Berechnungsmethoden ausländischer Labels basieren mitunter auf den im Ursprungsland angewendeten Normen respektive Richtlinien, sodass die Anwendung ausländischer Labels die Einhaltung der kantonalen Energievorschriften nicht automatisch gewährleistet.

SNBS und LNBS kennen ebenfalls ein Punktesystem, bauen aber zu 100% auf Schweizer Normen und Methoden auf. Damit ist mit diesem Label die Einhaltung von gesetzlichen Mindestvorgaben sichergestellt.

Die Labels von SNBS, DGNB, LEED und BREEAM decken mindestens zwei der drei Nachhaltigkeitsbereiche Umwelt beziehungsweise Energie, Gesellschaft und Wirtschaft ab. MuKEN, Minergie und GEAK berücksichtigen hingegen nur einen Teil des Bereichs Umwelt, nämlich die Energie. Ebenso unterscheiden sich die Labels und die MuKEN bezüglich des berücksichtigten Bilanzperiometers (Gebäude, Grundstück, Areal).

Fazit

Der kleinste gemeinsame Nenner der vorgestellten Labels ist es, ein Bauvorhaben zu bewerten. Die dabei einzuhaltenen Anforderungen unterscheiden sich zum Teil aber massgeblich. Außerdem garantiert ein Label nicht automatisch, dass die kantonalen Energievorschriften mit dem Gebäude eingehalten werden. Nur wenige Labels nehmen sich dieser Fragestellung aktiv an.

Die Wahl des Labels hängt deshalb vor allem von den Zielen der Bauherrschaft oder des Investors ab. International tätige Firmen wählen vorzugsweise international bekannte Labels. In letzter Zeit konnte vermehrt festgestellt werden, dass Objekte mit mehreren Labels zertifiziert werden.

Tool zur Planung von Komfort-Wohnungslüftungen

Bei einem grossen Anteil der Wohnneubauten gehört heute eine Komfort-Wohnungslüftung (KWL) zum Standard, auch Nachrüstungen bestehender Bauten sind häufig. Ein neues, frei nutzbares Tool bietet nun Unterstützung bei der Planung. Von den normgerechten Luftvolumenströmen, über Schall und Druckverlust bis hin zur Wärmedämmung der Kanäle für Energienachweise lassen sich damit alle erforderlichen Dimensionierungen und Berechnungen einfach durchführen. Das Reporting ist eine wesentliche Stärke des KWL-Tools. So ist auf den ersten Blick ersichtlich, ob zum Beispiel die Luftvolumenstromdimensionierung dem Merkblatt SIA 2023 entsprechen und ob die Wärmedämmungen der Luftleitungen die Anforderungen der kantonalen Vorschriften erfüllen.

Das kostenlose Tool sowie weiterführende Informationen finden Sie unter: www.kwl-tool.ch



NEWS AUS DEN OSTSCHWEIZER KANTONEN UND AUS DEM FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

APPENZEL AUSERRHODEN

Wie viel Strom verbrauchen und produzieren wir?

Im Jahr 2014 lag der Ausserrhoder Stromverbrauch bei 318 GWh. Jeder Einwohner nutzte somit durchschnittlich 5900 kWh. Ein Haartrockner kann damit 2950 Stunden betrieben werden. Im Vergleich dazu betrug die «Eigenstromproduktion» 19 GWh, was rund 350 kWh pro Einwohner entspricht. Würde zu Jahresbeginn nur der auf Kantonsgebiet produzierte Strom verwendet, könnte dieser die Nachfrage bis zum 22. Januar gewährleisten. Für die verbleibenden rund 11 Monate sind wir auf «Importe» angewiesen. Die gewerblichen Kunden sowie die Haushalte verbrauchen in etwa je die Hälfte des Stroms.

Auf der Produktionsseite tragen zu gut je einem Drittel die Stromquellen Wasserkraft, Biomasse und Sonne bei. Praktisch inexistent ist der Beitrag der Windenergie, obwohl diese Stromgewinnungsmöglichkeit im Kanton nach der Sonne das zweitgrösste einheimische Potenzial aufweist.

Weitere Zahlen zum Stromverbrauch und zur Stromproduktion 2014 je Ausserrhoder Gemeinde sind auf der kantonalen Webseite zu finden.

www.ar.ch/verwaltung/departement-bau-und-volkswirtschaft/amt-fuer-umwelt/energie/daten-fakten/stromstatistik/

GLARUS

Neuerungen bei der Förderung von Energieeffizienz und neuen Energietechnologien ab 2016

Ein Grossteil des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen im Kanton Glarus entfallen auf den Gebäudebereich. Entsprechend sind die Förderbeiträge von Bund und Kanton auf energetisch sinnvolle Massnahmen bei Gebäudemodernisierungen sowie auf die Steigerung der Energieeffizienz ausgerichtet.

Das nationale «Gebäudeprogramm» leistet Beiträge an die wärmetechnische Modernisierung von Gebäudeteilen (Wand, Dach, Boden und Fenster) bei Wohn-, Dienstleistungs- und öffentlichen Bauten. Der Kanton unterstützt diese Sanierungsmassnahmen mit namhaften Zusatzbeiträgen aus dem kantonalen Energiefonds. Seit dem 1. Januar 2016 wird auch die Sanierung von alten Schaufensterverglasungen mit einem Flächenbeitrag unterstützt.

Der Gebäudeenergieausweis der Kantone, GEAK, zeigt ähnlich einer Energieetikette auf, wie viel Energie ein Gebäude im Normbetrieb benötigt und ermöglicht eine Beurteilung der energetischen Qualität. Die Erstellung eines GEAK®Plus unterstützt der Kanton Glarus finanziell. Neu kann das Fehlen des GEAK®Plus zu einer Reduktion von Beiträgen bei einzelnen Förderbereichen führen. Die Reduktion der Fördersätze soll den Gebäudeeigentümern deutlich machen, dass die Grundlage für die sinnvolle und effektive

Etappierung der Sanierungsmassnahmen ein Gesamtkonzept bildet.

Für die qualifizierte, neutrale Energieberatung sind im Kanton Glarus akkreditierte Energie-Coaches zuständig, die gleichzeitig befähigt sind, den GEAK®Plus zu erstellen. Die Förderbeiträge für ihre Dienstleistung wurden erhöht.

Der Kanton hat ausserdem die bis Ende 2015 befristete Förderung für den Ersatz von Elektroheizungen durch Heizungen mit erneuerbaren Energiequellen um ein weiteres Jahr verlängert und die Förderbeiträge erhöht. Mit dieser Massnahme will er den Anreiz zum Ersatz von Elektroheizungen verstärken.

Neu wird ebenso beim Ersatz bestehender (> 10 Jahre) Öl- oder Gasheizungen durch eine Holzheizung oder eine Wärmepumpenheizung ein Förderbeitrag gewährt. Damit soll auf freiwilliger Basis erfolgen, was mit der Umsetzung der MuKEN 2014 bald in die kantonale Gesetzgebung einfließen könnte.

Die genauen Förderbedingungen und die neuen Fördergesuche sind zu finden unter: www.energie.gl.ch

GRAUBÜNDEN

«Isolieren hilft heizen»:

So einfach diese Botschaft ist, so gut kommt sie auch bei den Betrachtern der Ausstellung an. Bereits zum zweiten Mal waren im Winter 2015/16 zwei kleine Häuser auf einer Roadshow hauptsächlich im Kanton Graubünden unterwegs. Erstmals gastierte die Ausstellung Mitte Februar in Glarus.

Die zwei kleinen, mit je einer Kerze beheizten Modellhäuser demonstrieren die Wirkung der Wärmedämmung sowie den unterschiedlichen Komfort eines schwach isolierten Altbau gegenüber einem energetisch vorbildlich sanierten Gebäude. Bereits jetzt läuft die Planung für die Roadshow im nächsten Winter.

Informationen bietet: info@aev.gr.ch

Innovatives Abwasserkraftwerk

Die Rabiosa Energie als lokales Elektrizitätswerk der Gemeinde Churwalden hat mit einem Abwasserkraftwerk eine innovative Investition getätigt. An der bestehenden Abwasserreinigungsanlage Churwalden waren Erweiterungs- und Sanierungsarbeiten anstehend. Durch die geographische Lage und die Nähe zur Stadt Chur ergab sich die Möglichkeit, anstelle einer Reinigung des Abwassers in Churwalden, dieses in einer 6,1 km langen Druckleitung nach Chur Meiersboden zu leiten. Dort wird das Abwasser bei einem Gefälle von über 500 m turbiniert. Bei einem Ausfall oder Unterhaltsarbeiten des Kraftwerks wird das Schmutzwasser über einen Bypass an der Turbine vorbei

geleitet. Das Kraftwerk verarbeitet im Maximum 45 l/s Schmutzwasser und liefert bei einer installierten Leistung von 175 kW jährlich rund 420 000 kWh Strom. Damit lassen sich etwa 100 Haushalte versorgen. Ein energetisches Potenzial wird optimal genutzt und vorhandene Synergien werden ausgeschöpft.

Weitere Informationen: info@rabiosa-energie.ch

ST. GALLEN

Ausbau der Energieförderung

Der Kanton St. Gallen hat das Förderungsprogramm Energie auf den 15. März 2016 erweitert. Drei neue Massnahmen sollen zur Reduktion der CO₂-Emissionen, zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Erhöhung des Anteils der erneuerbaren Energien beitragen:

- Gebäudemodernisierung mit Konzept
- Ersatz von fossilen Heizungen
- Anergienetze

Detaillierte Informationen zu den neuen Fördermassnahmen und der Gesuchseinreichung sind auf der Website der Energieagentur aufgeschaltet:

www.energieagentur-sg.ch → Förderung.

Im Rahmen der neuen Förderungsmassnahmen wird das Kurs- und Schulungsangebot entsprechend erweitert.

SCHAFFHAUSEN

Erhöhung der Effizienz bei Strassenbeleuchtung

Mit dem seit 2015 geltenden Verbot für die Inbetriebnahme von Quecksilberdampflampen zwecks Reduktion des Stromverbrauchs steht in vielen Gemeinden die Umrüstung der öffentlichen Strassen- und Objektbeleuchtungen an. Der Schaffhauser Regierungsrat hat als Grundlage dazu ein Konzept zur «Erhöhung der Energieeffizienz der Strassen und Objektbeleuchtung» im Kanton erarbeiten lassen.

Das Konzept zeigt auf: Die Strassen- und Objektbeleuchtungen sind auf einem guten Stand. Dennoch könnten mit einer Umstellung auf effiziente Systeme innerhalb der nächsten 15 Jahre rund 1 570 000 kWh Strom jährlich eingespart werden. Das entspricht rund der Hälfte des heutigen Strombedarfs für die öffentliche Beleuchtung im Kanton Schaffhausen.

Weitere Informationen: www.energie.sh.ch → Aktuelles

THURGAU

Sind die Stromnetze für mehr Solaranlagen bereit?

Aufgrund eines Antrags im Grossen Rat hat die Thurgauer Regierung einen Grundlagenbericht «Stromnetze Thurgau» erstellen lassen, der Auskunft über Zustand und Ausbaufähigkeit der Stromnetze im Thurgau hinsichtlich einer verstärkten dezentralen Stromproduktion geben soll. Zurzeit deckt im Kanton Thurgau die Produktion aus Solarstromanlagen rund 1,5% des Stromverbrauchs.

Der Grundlagebericht attestiert dem Netz einen guten Ausbaustand. In kompakten dörflichen Netzen kann mit Optimierungsmassnahmen bis 20% und in städtischen Netzen bis 30% Energie von Solarstromanlagen aufgenommen werden. In ländlichen Gebieten sind meist Netzverstärkungen nötig.

Der Grossen Rat hat den Bericht positiv aufgenommen. Ebenso begrüßt er die flankierenden Massnahmen, die der Regierungsrat zur Erhöhung der Aufnahmefähigkeit von erneuerbarem Strom in den Verteilnetzen vorschlägt.

Bericht und Massnahmen sind zu finden unter: www.energie.tg.ch → Thurgauer Energie → Energiepolitik

Anreize für Unternehmen

Der Kanton setzt mit dem Programm «Energieeffizienz in Unternehmen» einen neuen Förderschwerpunkt. Er will damit kleinen und mittleren Firmen Anreize bieten, die Effizienz ihrer Infrastrukturanlagen zu erhöhen und dadurch ihre Marktposition zu stärken. Die Unternehmen erhalten Beiträge für Massnahmen in den Bereichen Wärmeverteilung, Kühlung, Lüftung, Druckluft und Pumpen.

Weitere Infos: www.energie.tg.ch → Förderprogramm

ZÜRICH

Kursangebot im Energiebereich im Kanton Zürich

Bis Ende 2015 hatte das AWEL verschiedene Kurse im Energiebereich durchgeführt. Per 1. Januar 2016 ist das ForumEnergieZürich mit der Organisation und Umsetzung der Kurse beauftragt.

Die Veranstaltungsdaten und -orte sind unter folgendem Link einsehbar: www.forumenergie.ch/kurse

FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

Förderung von Energieeffizienz-Massnahmen für Industrie und KMU

Seit der Anpassung des Energieeffizienzgesetzes (EEG) im Februar 2015 werden für Industrie und KMU Beratungen zur Analyse und die Durchführung konkreter Massnahmen zu Verbesserung der Energieeffizienz gefördert.

Das Spektrum der Einsparmöglichkeiten und somit auch der Förderung ist gerade bei Industrie und KMU breit gefächert. Beispiele sind neben Abwärme-Analysen für Industriebetriebe, Lüftungs- oder Prozessanlagen auch der Ersatz der Beleuchtung durch LED mit Lichtsteuerung oder der Ersatz von Motoren, Pumpen, Antrieben etc. Die neue Förderkategorie «Andere Massnahmen» ist entsprechend offen formuliert, damit gezielt auch neue und innovative Lösungsansätze eine Chance erhalten.

Analysen fördert das Fürstentum Liechtenstein mit bis zu 50% der Kosten. Konkrete Massnahmen sind dann förderbar, wenn sie ohne Förderung eine Amortisationsdauer von mehr als 4 Jahren aufweisen. Die maximale Förderhöhe beträgt 3Rp./kWh eingesparter Energie hochgerechnet über 10 Jahre Wirkungszeit. Die Förderung wird soweit begrenzt, dass mit dieser eine Amortisationszeit von 4 Jahren nicht unterschritten wird.

Über die Eingabe von fünf Parametern in ein Berechnungstool, steht die potenzielle Förderhöhe schnell fest. Die Beurteilung und Zusicherung als «Andere Massnahmen gemäss EEG» von bis zu 400 000 Franken erfolgt über die Energiekommission.

Weitere Infos und das Berechnungstool sind zu finden unter: www.energiebündel.li → Förderung EEG → Andere Anlagen und andere Massnahmen.

AR/GL/SG/ZH

EnergiePraxis-Seminar 1/2016

Themen:

Elektrische Heizbänder für Warmwasserleitungen und Frostschutz; Praxiserfahrung Kontrolle Energienachweise; Energetische Betriebsoptimierung des Gebäudes RA der ZHAW; Praxisbeispiel: Wohnanlage Zürich-Wipkingen – Ersatzneubau statt Instandsetzung

Zürich	26.05.16	16.30–18.30
Ziegelbrücke	30.05.16	16.15–18.15
Winterthur	06.06.16	17.00–19.00
St. Gallen	08.06.16	16.15–18.15

Informationen: www.energie.zh.ch. Die Privaten Kontrolleure erhalten die Einladungskarte per Post.

GR

Energieapéro

BIM – Wird digitales Bauen zum Standard?

Chur	20.04.16	17.00–19.00
------	----------	-------------

Infos und Anmeldung: www.energieapero-gr.ch

SG

Gebäudemodernisierung mit Konzept

Grundlagen- und Werkzeugvermittlung für die Erstellung des Berichts «Gebäudemodernisierung mit Konzept».

St. Gallen	09.06.16	08.00–17.00
------------	----------	-------------

Details und weitere Angebote: www.energieagentur-sg.ch
→ Kalender | Kurse

SG/SH/TG

Datenbasierte Energieoptimierung

Mit welchen Strategien und Messmitteln lässt sich der Energieverbrauch quantifizieren und lohnenswertes Sparpotential ermitteln?

St. Gallen	24.05.16	09.00–12.00
Frauenfeld	25.05.16	09.00–12.00
Schaffhausen	26.05.16	09.00–12.00

Infos und Anmeldung: www.energie-agenda.ch

SH/TG

Moderne Windanlagen 1:1 erleben

Exkursion nach St. Georgen im Südschwarzwald in Begleitung von Fachleuten.

St. Georgen (D)	28.05.16	12.00–18.00
-----------------	----------	-------------

Abfahrtsorte: Frauenfeld und Schaffhausen

Infos und Anmeldung: www.energie-agenda.ch

ZH

Vertiefungskurs: SIA 380/4 Beleuchtung

Zürich	31.05.16	13.00–17.00
--------	----------	-------------

ERFA-Kurs: Wärmepumpen mit Sonnenkollektoren

Zürich	29.08.16	17.30–20.00
--------	----------	-------------

Vertiefungskurs: WPesti

Zürich	07.09.16	13.00–17.00
--------	----------	-------------

Einführungskurs: Regeneration Erdsonden

Zürich	24.10.16	18.00–20.30
--------	----------	-------------

Infos und Anmeldung: www.forumenergie.ch/kurse

LEHRGÄNGE

Basiskurs «Energieeffizientes Bauen»

Bau- und Gebäudetechnikfachleute lernen die Zusammenhänge zwischen der Bautätigkeit und den resultierenden Umweltwirkungen kennen und können relevante Energievorgaben und Standards in den Bauprojekten umzusetzen.
Zürich 19 Kursabende: 22.08.16–16.01.17 18.00–20.30

Vertiefungskurs «Stromeffizienz»

Der Kurs vermittelt Fachleuten aus der Haustechnik- und Immobilienbranche, wie bestehende Effizienzpotenziale in der Praxis genutzt werden können. Sie kennen Vorschriften, Informationsquellen und Tools rund um das Thema Stromeffizienz.

Zürich	6 Kursabende: 14.09.–09.11.16	18.00–20.30
--------	-------------------------------	-------------

Infos und Anmeldung: www.forumenergie.ch/kurse

2-Tages-Kurs EnergieNavigator

Energie- und Haustechnikverantwortliche erhalten die Grundlagen, um energiestrategische Entscheidungen initialisieren und beurteilen zu können.

Wattwil	28.+29.04.16/19.+20.05.16	ganztägig
---------	---------------------------	-----------

Lehrgang EnergieManager

Aufbauend auf den EnergieNavigator vertiefen die Teilnehmer das Fachwissen und erstellen ein grobes Energiekonzept für Unternehmen oder Verwaltung.

Wattwil	9 Kurstage (6 Monate)	ab Ende August 16
---------	-----------------------	-------------------

Lehrgang Gebäudetechnikoptimierer

Der Lehrgang macht Gebäudeverantwortliche fit für die energetische Optimierung des Gebäudebetriebs

St. Gallen	7 Kurstage (2 Monate)	Start 28.10.16
------------	-----------------------	----------------

Infos und Anmeldung: www.energieakademie.ch

VERSCHIEDENE WEITERBILDUNGEN

Energie-Tage St. Gallen

Wissens- und Community-Plattform rund um die Energiewende in den Olma Messen St. Gallen mit folgenden Veranstaltungen:

5. Internationaler Geothermie-Kongress	26.05.16
4. Nationaler Energiekonzept-Kongress	26.05.16
7. St. Galler Forum für Management	
Erneuerbarer Energien	26.+27.05.16
2. Fachkongress Energie + Bauen	27.05.16

Weitere Infos: www.energie-tage.ch

Messe Bauen & Modernisieren

Messe Zürich	08.–11.09.16	10.00–18.00
--------------	--------------	-------------

Infos und weitere Veranstaltungen: www.minergie.ch → Agenda & Weiterbildung

ENERGIEFACHSTELLEN DER OST SCHWEIZER KANTONE UND DES FÜRSTENTUMS LIECHTENSTEIN

APPENZELL INNERRHODEN

Thomas Zihlmann
thomas.zihlmann@bud.ai.ch
www.ai.ch

APPENZELL AUSSERRHODEN

Ralph Boltshauser
afu@ar.ch
www.energie.ar.ch

GLARUS

Fritz Marti-Egli
fritz.marti-egli@gl.ch
www.energie.gl.ch

GRAUBÜNDEN

Andrea Lötscher
info@aev.gr.ch
www.aev.gr.ch

ST. GALLEN

Marcel Sturzenegger
marcel.sturzenegger@sg.ch
www.energie.sg.ch

SCHAFFHAUSEN

Andrea Paoli
energiefachstelle@ktsh.ch
www.energie.sh.ch

THURGAU

Andrea Paoli
energie@tg.ch
www.energie.tg.ch

ZÜRICH

Hansruedi Kunz
energie@bd.zh.ch
www.energie.zh.ch

FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

Jürg Senn
info.energie@llv.li
www.avw.llv.li
www.energiebündel.li

DESKTOP UND REDAKTION

Antje Horvath (ah)
Ivo Peter (ip)
AWEL Zürich
Telefon 043 259 42 66
energie@bd.zh.ch
www.energie.zh.ch

Gaby Roost
Nova Energie GmbH, Aadorf
Telefon 052 368 08 08
gaby.roost@novaenergie.ch

BILDNACHWEIS

Visualisierung Frontseite und unten:
nightnurse images GmbH, Zürich

Abbildung 1 Seite 2

Empa Dübendorf

Abbildung 2 Seite 2

Dietrich Schwarz Architekten AG, Zürich

Abbildung 1 Seite 4

Jürg Drechsler, St. Gallen

Abbildung 1 Seite 5

Michael Kovacs, Basel

Tabelle Seite 6

Ivo Peter, AWEL Zürich

