



OSTSCHWEIZER ENERGIE PRAXIS

INHALT APRIL 2012

Speicherung von Wärme in Erdwärmesonden	1
Innendämmung in Neubauten	2
Radon im Gebäude	4
Resultate Qualitätskontrolle Minergie®	5
Bewilligungspraxis bei Solaranlagen	6
News aus den Kantonen	7

MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN

SPEICHERUNG VON WÄRME IN ERDWÄRMESONDEN

Lässt sich Sommerwärme bis in den Winter speichern? Die Idee fasziniert: Gebäudeheizung mit Überschusswärme aus dem Sommer! Als möglicher Speicher bietet sich das Erdreich an, das über Erdwärmesonden im Sommer aktiv aufgeheizt werden kann. Aber welche Voraussetzungen müssen dazu erfüllt sein und welches ist das optimale Temperaturniveau für eine solche Wärmespeicherung?

Arthur Huber, dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbüro, Zürich

Wie bei jedem thermischen Speicher hängt die Effizienz der Wärmespeicherung vom Verhältnis des Speichereinhalts zur Speicherfläche ab, an welcher die Wärmeverluste stattfinden. Bei einer geringen Speicher-Effizienz bleibt bis im Winter nur sehr wenig von der im Sommer eingespeisten Wärme übrig. Je grösser ein thermischer Speicher ist, umso höher ist die Effizienz des Speichers, da das Speichervolumen mit der dritten Potenz der Grösse zunimmt, die Speicherfläche aber nur quadratisch.

Keine Saisonspeicherung in Einzelsonden

Was bedeutet dies nun für die Wärmespeicherung über Erdwärmesonden? Je grösser ein Sondenfeld ist, umso effizienter wird die Wärmespeicherung. Oder umgekehrt ausgedrückt: In Einzelsonden lässt sich keine Saisonspeicherung realisieren, zu gross sind die Verluste im Verhältnis zum

aktivierbaren Speichervolumen. Von der eingespeisten Wärme aus dem Sommer bleibt in der Regel weniger als 1 Kelvin im Winter übrig und das sogar selbst wenn überhaupt keine Wärme über die Sonde entzogen würde.

Wahl der Speichertemperatur

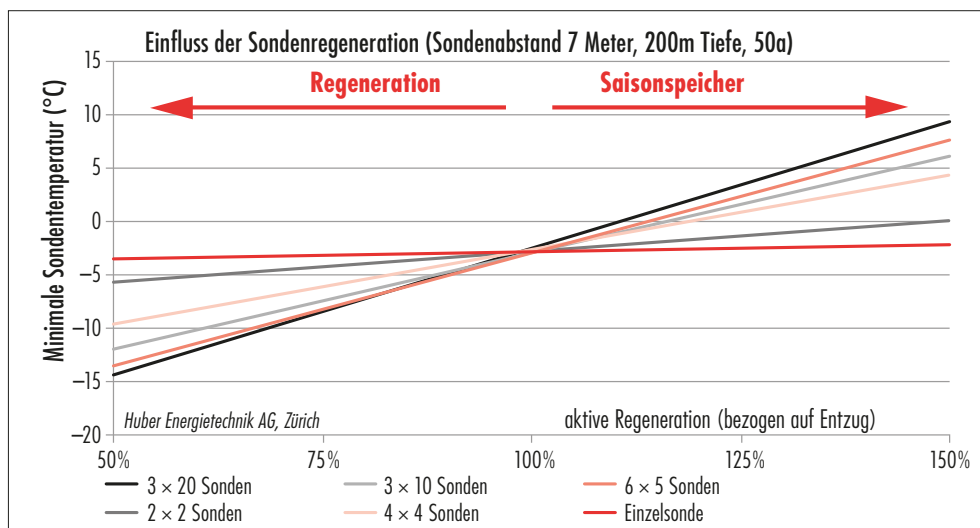
Als zweiter Grundsatz gilt: Je geringer die Temperaturdifferenz zwischen Speicher und umgebendem Erdreich, desto effizienter ist die Wärmespeicherung. Das Erdreich hat in ca. 15 Metern Tiefe die mittlere Jahrestemperatur der Erdoberfläche und nimmt ab dort mit rund 3 Kelvin pro 100 Meter Tiefe zu. In 150 Metern Tiefe haben wir im Mittel-land also rund 15 °C natürliche Erdreichtemperatur. Wenn wir die Speichertemperatur eines genügend grossen Sondenfelds nur geringfügig über diesem Wert wählen, sind die Verluste klein und die Effizienz gross. Mit diesem Tempera-



turniveau lässt sich zwar noch kein Gebäude im Winter beheizen. Wegen der relativ hohen Quellentemperatur können aber mit Hilfe von Wärmepumpen sehr hohe Arbeitszahlen realisiert werden. Damit wird in Zukunft eine Halbierung des Strombedarfs für Wärmepumpen möglich – sowohl für die Gebäudeheizung als auch für die Warmwasserproduktion. Und da auch die Speichereffizienz hoch ist, lässt sich bei einer relativ tiefen Speichertemperatur eine Saisonspeicherung, selbst bei kleineren Sondenfeldern, realisieren. Ein weiterer Vorteil der tiefen Speichertemperatur besteht darin, dass die besten eingeführten und kostengünstigen Standard-Erdwärmesonden eingesetzt werden können, welche hohe Temperaturen nicht ertragen.

Sondenregeneration und Saisonspeicherung

Je grösser ein Feld mit Erdwärmesonden ist, umso mehr behindern die Nachbarsonden das passive Nachfliessen von Wärme aus der Umgebung. Bei Sondenfeldern kann die spezifische Leistungsfähigkeit einer Einzelsonde nur erreicht werden, wenn wir das Sondenfeld im Sommer aktiv regenerieren, also Wärme in die Erdwärmesonden einspeisen. Je grösser die Anzahl Sonden, desto wichtiger der Vorgang, um die Sonden nicht zu stark zu belasten. Dabei ist der Übergang von Sondenregeneration zu Saisonspeicherung fliessend: Wir sprechen von Regeneration, wenn wir im Sommer weniger Wärme in das Sondenfeld laden, als wir im Winter entziehen. Von Saisonspeicherung sprechen wir, wenn wir mehr Wärme in den Boden bringen als wir im Winter wieder herausnehmen (siehe Grafik). In diesem Fall erhöht sich die Temperatur im Erdreich über die Jahre über das natürliche Niveau und auch der Strombedarf für die Wärmeerzeugung mit der Wärmepumpe nimmt jährlich ab!



Saisonspeicherung und Sondenregeneration bei Einzelsonden und Sondenfeldern, berechnet mit dem Programm EWS für einen betrachteten Anwendungsfall.

Woher kommt die Sommerwärme?

In modernen Gewerbeliegenschaften und Verwaltungsbauten gibt es im Sommer oft Kühlbedarf aus Prozess- oder Klimakälte. Die Rückkühlung der Kältemaschine kann bei richtiger Auslegung in das Sondenfeld abgeführt und damit eventuell sogar die klassische Rückkühlung über Dach eingespart werden. Im Wohnungsbau sind Solardächer aus unverglasten Kollektoren eine Alternative. Diese Art des Dachaufbaus kann dichtend sein und die klassischen Ziegel ersetzen. Unverglaste Kollektoren haben den grossen Vorteil, dass die Temperatur auch im Stillstand nie über 100 °C steigt und damit über ein Mischventil die maximal zulässige Sondereintrittstemperatur nie überschritten wird. Ausserdem kann mit den unverglasten Kollektoren das Brauchwasser vorgewärmt werden. In der Übergangszeit lassen sich die Kollektoren als Wärmequelle für die Wärmepumpe verwenden, was den Sondenentzug weiter reduziert und damit das Verhältnis von Wärmeentzug zu Rückspeisung weiter verbessert. Alternativ sind auch Hybridkollektoren mit ähnlichen Eigenschaften und Kombinationen mit verglasten Kollektoren denkbar.

Zahlreiche realisierte Objekte zeigen, dass sich die Methode der saisonalen Wärmespeicherung im Erdreich am Etablieren und auch fortlaufend am Weiterentwickeln ist. ■

WIE DEN NACHTEILEN DER INNENDÄMMUNG ZU BEGEGNEN IST

INNENDÄMMUNG IN NEUBAUTEN

Wenn Aussenwände von Neubauten zum Beispiel als Sichtbetonfassade geplant werden, müssen diese aus Gründen der Energieeinsparung «von innen» gedämmt werden. Dabei sind bauphysikalische Anforderungen zu beachten, um ganzjähriges Tauwasser im Wandquerschnitt zu vermeiden. Während durch die Innendämmung die Oberflächentemperatur an der Innenwand steigt, kühlt das Bauteil auf der Aussenseite im Winter ab. Der Frostpunkt wandert weiter in die Konstruktion.

Michael Gross, dipl.-Ing. Bauphysik (FH), Wohlen

Wie beim Altbau ist auch beim Neubau eine detaillierte Planung und Dimensionierung von Innendämmungen erforderlich. Die Dimensionierung von Bauteilquerschnitten erfolgt nach dem Glaser-Nachweisverfahren, wie in der Norm SIA

180 (EN ISO 13788) beschrieben. Dieses Verfahren und genauere dynamische Simulationsprogramme sind in der letzten Ausgabe der EnergiePraxis vom Oktober 2011 «Innendämmung in Altbauten» vorgestellt worden.

Bei Innendämmungen im Neubau ist in der Regel eine funktionierende Dampfsperrebene auf der warmen Seite der Aussenwand vorzusehen, damit die Wasserdampfdiffusion von innen nach aussen unterbrochen ist.

Innendämmungen bleiben immer nur die zweitbeste Lösung, da sie bauphysikalisch problematischer (Wärmebrücken und Diffusion) als Aussendämmungen sind. Wärmebrücken im Bereich flankierender Bauteile gilt es speziell zu beachten, denn an diesen Stellen geht besonders viel Energie verloren. Auch die Gefahr von Bauschäden und Schimmelpilzbildung sind hier am Grössten. Das Gleiche gilt für den Verlust der Speicherfähigkeit der Konstruktion im Hinblick auf den sommerlichen Wärmeschutz.

Vorteile von Innendämmungen:

- Erhöhung der Oberflächentemperatur
- Aussenerscheinung eines Gebäudes bleibt erhalten
- Schnelle Aufheizung der Räume

Nachteile:

- Gefahr von Bauschäden
- Raumseitiger Flächenverlust
- Geringere Speicherfähigkeit für den sommerlichen Wärmeschutz.

Innendämmungssysteme

Grundsätzlich unterscheidet man folgende unterschiedlichen Systeme:

- System mit Dampfsperre (z.B. Mineralfaserdämmstoffe mit Dampfsperre $s_d > 1500$ m)
- Dampfdichte Dämmplatten (Schaumglas-Wärmedämmung und XPS-Hartschaumdämmungen)
- Diffusionsoffene Dämmplatten mit kapillaraktiven Eigenschaften (z.B. Kalzium-Silikatplatten)

Dampfdichte Ausführung

Dämmsysteme mit Dampfsperre oder dampfdichte Wärmedämmsysteme sind seit langer Zeit üblich und verbreitet und bei fachgerechter Ausführung als bewährte Konstruktion zu bezeichnen. Solche Systeme unterbinden das Eindringen von Wasserdampf in den Konstruktionsquerschnitt.

Vielschichtige Konstruktionen mit verklebten Dampfsperren sind fehleranfällig. Sie können leicht zu Bauteildurchfeuchtung führen, die lange Zeit unbemerkt bleibt, da sie im Verborgenen stattfindet. Der bauphysikalische Grundsatz lautet hier: **Innen dichter als aussen!**

Als Dimensionierungsregel bei weiteren Dämmschichten beispielsweise aus Schallschutzgründen gilt:

$$\begin{aligned} \text{Dämmstoffdicke (innen) vor Dampfsperre} &= 1/3 \\ \text{Dämmstoffdicke (innen) nach Dampfsperre} &= 2/3 \end{aligned}$$

Diffusionsoffene Ausführung

Einen anderen Weg ermöglicht seit wenigen Jahren der Einsatz von diffusionsoffenen Materialien. Diese Stoffe sind in der Lage, Feuchtigkeit aufgrund der kapillaraktiven Eigenschaften in den Platten einzulagern und nach innen und aussen zu verteilen. Bei Verwendung von kapillaraktiven (diffusionsoffenen) Wärmedämmungen wird eine Kondensatbildung im Bauteilquerschnitt toleriert, weil sichergestellt ist, dass eine Austrocknung nach innen und aussen möglich ist. Dabei ist die Verwendung kapillar leitfähigen Materials über den gesamten Bauteilquerschnitt notwendig, um eine Umverteilung von Kondensat zu gewährleisten. Zur Sicherstellung der Funktion des Systems ist allerdings darauf zu achten, dass die Dämmplatten absolut hohlraumfrei auf der Unterkonstruktion aufgebracht werden. Dadurch lässt sich die kapillare Saugfähigkeit und Weiterleitung über den Bauteilquerschnitt gewährleisten.

satbildung im Bauteilquerschnitt toleriert, weil sichergestellt ist, dass eine Austrocknung nach innen und aussen möglich ist. Dabei ist die Verwendung kapillar leitfähigen Materials über den gesamten Bauteilquerschnitt notwendig, um eine Umverteilung von Kondensat zu gewährleisten. Zur Sicherstellung der Funktion des Systems ist allerdings darauf zu achten, dass die Dämmplatten absolut hohlraumfrei auf der Unterkonstruktion aufgebracht werden. Dadurch lässt sich die kapillare Saugfähigkeit und Weiterleitung über den Bauteilquerschnitt gewährleisten.

Diffusionsoffene, kapillaraktive Innendämmsysteme haben zudem den Vorteil, dass sie das Raumklima aufgrund ihrer Feuchtepuffereigenschaften positiv beeinflussen können. Aufgrund der Materialität (hoher pH-Wert und Alkalität) sind die Platten gegen Schimmelbildung unempfindlich. Sie ermöglichen, wie beschrieben, das Austrocknen der Bestandskonstruktion nach innen und können bei der Ausführung durchaus als fehlertolerant bezeichnet werden.

Physikalische Transportvorgänge im Bauteilquerschnitt:

	Zustand	Antrieb	Richtung	Leistung
Dampfdiffusion	gasförmig	Dampfdruck	warm zu kalt	mittel
Oberflächendiffusion	flüssig	Luftfeuchtigkeit	feucht zu trocken	mittel
Kapillarleitung	flüssig	Luftfeuchtigkeit	feucht zu trocken	hoch
Luftströmung	gasförmig	Luftdruck	variabel	sehr hoch

Bauausführung

Bei dampfdichten Systemen ist besonderes Augenmerk auf die fachgerechte Ausbildung der Dampfsperrebene zu legen. Hier liegt ein erhebliches Schadensrisiko, wenn durch falsche Schichtenfolgen und Diffusionswiderstände oder Undichtheiten beziehungsweise Fehlstellen warme feuchte Raumluft in die Dämmebene hinein diffundiert und durch Kondensatanfall Schäden verursacht werden. Dampfsperren (einschliesslich Folienstösse und Überlappungen) sind daher umlaufend luft- und dampfdicht an die flankierenden Bauteile anzuschliessen und dauerhaft zu befestigen.

Hauptursache von Bauschäden ist in der Praxis allerdings nicht die Dampfdiffusion, sondern die unsachgemässe Ausbildung der Dampfsperrebene, wodurch eine Hinterströmung der Dämmebene (durch warme Raumluft) entsteht, die zu massivem Tauwasseranfall führen kann. Wird die Dämmung nicht vollflächig auf der Tragkonstruktion angebracht, kann es ebenfalls zu Hinterströmung und den besagten Problemen führen.

Weitere Einflüsse

Nicht zu vergessen sind auch die möglichen Einflüsse von Innendämmungen auf den Schallschutz. Das betrifft besonders Wohnungstrenndecken und Wohnungstrennwände oder Aussenwände im Bereich starker Verkehrslärmbelastung. Es ist weiter darauf zu achten, dass der Fensteranschlag in der Dämmebene liegt.

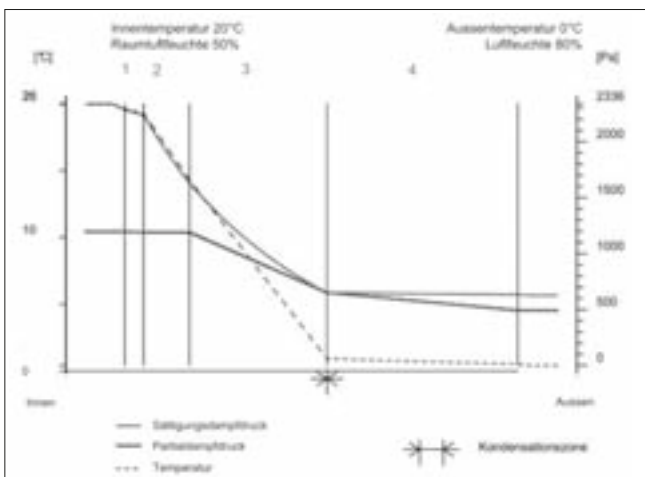
Beispiel: Diffusionsuntersuchung nach Glaser

Beim Glaser-Nachweisverfahren wird mit definierten Randbedingungen der Temperaturverlauf im Bauteilquerschnitt ermittelt. Zu diesen Oberflächentemperaturen wird der Sättigungsdampfdruck und Partialdampfdruck des Wassers ermittelt. Der Verlauf dieser Kurven wird grafisch aufgetragen. Aus dem Kurvenverlauf kann abgelesen werden, ob und in welcher Schicht Tauwasser anfällt.

Am Beispiel einer mehrschichtigen Aussenwand (Sichtbeton mit Innendämmung aus XPS-Hartschaumdämmung) wird die typische Dimensionierung und Nachweisführung gezeigt:

Bauteilaufbau (von innen nach aussen)

- 1 Gipskartonplatte
 - 2 Wärmedämmung Mineralfaser $d = 60$ mm
 - 3 XPS-Hartschaumwärmeeämmung $d = 180$ mm
 - 4 Stahlbeton als Sichtbeton
- U-Wert = $0,14$ W/(m²K)



Temperaturverlauf Bauteilschichten

Zeitraum	Dauer d	Bauteilfläche 3 – 4	
		Wassermenge g/m ²	Feuchtebilanz g/m ²
Oktober	31	0	0
November	30	5	5
Dezember	31	7	12
Januar	31	7	19
Februar	28	7	26
März	31	2	28
April	30	-1	27
Mai	31	-7	20
Juni	30	-13	7
Juli	31	-7	0
August	31	0	0
September	30	0	0

Beispiel einer Feuchtebilanz Jahresbeurteilung: Die Konstruktion ist ab August tauwasserfrei und somit bauphysikalisch unkritisch!

An den Schichtgrenzen zwischen Bauteilschicht 3 und 4 kommt es zu Kondensatbildung. In der Grafik (links) wird dies durch den Berührungspunkt der Dampfdruckkurven (Sättigungsdampfdruck obere Kurve, Partialdampfdruck untere Kurve) ersichtlich. Die abschliessende bauphysikalische Bewertung bezieht sich zusätzlich auf die Kriterien Tauwassermenge und mögliche Verdunstungsmenge.

Ist die Tauwassermenge kleiner als 1 kg/m² (bei wasseraufnahmefähigen Baustoffen 0,5 kg/m²) und die Verdunstungsmenge im Sommer grösser als die Tauwassermenge im Winter, so ist die Konstruktion tauwasserfrei und bauphysikalisch unkritisch. Verbleibt am Ende der Verdunstungsperiode noch Tauwasser im Bauteilquerschnitt, kann dies langfristig zu Bauschäden führen. Das ist daher unbedingt zu vermeiden.

Fazit:

In begründeten Fällen kann eine Innendämmung sinnvoll oder sogar notwendig sein. Solche Systeme benötigen aber fachmännische Beratung und qualifizierte Ausführung. ■

DURCH EINFACHE MASSNAHMEN DAS RISIKO REDUZIEREN

RADON IM GEBÄUDE

Da Radon eine Gesundheitsgefährdung darstellt, ist dessen Konzentration zu beachten. In drei neuen Publikationen des Bundesamtes für Gesundheit, BAG, wird das Thema im Detail beschrieben. Dichtheit gegenüber dem Erdreich ist dabei der zentrale zu beachtende Faktor. Für Neubauten wird eine durchgehende Betonplatte empfohlen, für Altbauten die Abdichtung zwischen Keller und Wohnräumen beziehungsweise gegenüber dem Erdreich.

Seraina Steinlin und Markus Meier, AWEL, Abteilung Lufthygiene, Zürich

Radon ist ein natürliches, radioaktives Gas und macht rund 60 Prozent der natürlichen radioaktiven Strahlenbelastung des Menschen aus. Es ist gesundheitsgefährdend und gilt als Ursache von rund 10 Prozent der Lungenkrebsfälle in der Schweiz. Die Weltgesundheitsorganisation, WHO, hat 2009 für Wohnräume markant tiefere Richt- und Grenzwerte für Radon vorgeschlagen als sie in der heutigen Strahlenschutzverordnung des Bundes festgelegt sind. Es ist wahrscheinlich, dass die Schweiz in ein paar Jahren ihre Vorgaben verschärfen wird.

Radongas bildet sich durch radioaktiven Zerfall im Gestein und gelangt je nach Bodendurchlässigkeit an die Oberfläche. Bei zum Erdreich hin undichten Gebäuden kann die

Radonkonzentration dadurch ansteigen. Bisherige Untersuchungen zeigen, dass Radon überall in der Schweiz auftreten und der Radonwert nicht vorausgesagt werden kann. Selbst benachbarte Gebäude können grosse Unterschiede aufweisen und das auch in Gebieten, die als nicht radonbelastet gelten. Nur eine Messung gibt über das Vorhandensein von Radon Aufschluss. Radon im Gebäude lässt sich leicht nachweisen und falls nötig, mit baulichen Massnahmen vermindern. Zur Erfassung der Radonkonzentration sind bei Fachstellen sogenannte Dosimeter erhältlich. Diese werden drei Monate lang (möglichst im Winterhalbjahr) in den entsprechenden Räumlichkeiten aufgestellt und zur Auswertung zurückgesandt. Pro Gebäude sind vorzugs-

weise zwei Dosimeter zu exponieren, eines im Keller (unbewohnt), das andere im Wohn- oder Schlafzimmer im Parterre. Die Kosten für ein Dosimeter mit Auswertung liegen bei ca. 70 bis 100 Franken.

Weitere Informationen dazu und Kontaktadressen von Fachstellen finden Sie unter www.ch-radon.ch.

Vorsorgemassnahmen bei Neu- und Umbauten

Je dichter die Gebäudehülle gegen das Erdreich abgedichtet wird, desto geringer ist das Radonrisiko. Heute gelten eine durchgehende Bodenplatte und Schutz vor eindringendem Wasser und aufsteigender Feuchte als Stand der Technik bei Neubauten. Weiter sollen alle Durchbrüche zum Erdreich fachgerecht abgedichtet und eine dicht schliessende Tür zwischen Wohn- und Kellerbereich eingebaut werden. Radon kann bei einem gut abgedichteten Bau aber auch

über die Lüftungsanlage ins Gebäudeinnere gelangen, sofern die Luftansaugstelle unter Erdreichniveau oder zu tief gewählt wird. Zur Erfolgskontrolle ist eine abschliessende Radonmessung empfehlenswert.

Bei energetischen Sanierungen, zum Beispiel beim Einbau von neuen Fenstern, wird die Dichtheit der Gebäudehülle massgeblich verändert. Radon, das unverändert eindringt, kann sich dadurch aufkonzentrieren. Es ist darum darauf zu achten, dass bei einer Reduktion des natürlichen Luftwechsels das Gebäude auch gegenüber dem Erdreich dicht abgeschlossen wird. Flankierend sollten Radonmessungen vor und nach dem Umbau durchgeführt werden.

Die Radonsanierung eines Gebäudes umfasst grundsätzlich dieselben Massnahmen wie beim Neu- oder Umbau. Je nach Höhe der Radonkonzentration können weitere Massnahmen, wie die Luftdrainage des Untergrunds, notwendig werden. ■

STICHPROBENKONTROLLE MINERGIE 2010/2011: SCHWERPUNKT LÜFTUNGSANLAGEN

RESULTATE QUALITÄTSKONTROLLE MINERGIE®

Zur Qualitätssicherung lässt der Verein MINERGIE® an 10 Prozent aller zertifizierten Gebäude eine Stichprobenkontrolle durchführen. Dabei wird die Umsetzung der Angaben im Minergie-Antrag vor Ort stichprobenartig überprüft. In einer Schwerpunktuntersuchung wurden in den vergangenen zwei Jahren Lüftungsanlagen detaillierter angeschaut.

Andres Weber, dipl. El. Ing. HTL, Zürich

Im Kanton Zürich werden jährlich ca. 1000 Objekte nach MINERGIE® zertifiziert. Davon ist eine aussagekräftige Anzahl von 70 bis 80 Bauten einem Gebäudecheck unterzogen worden.

Diese Stichproben führt das Forum.Energie.Zürich mit seinen Spezialisten im Auftrag der Minergie-Zertifizierungsstelle durch. Neben standardisierten Checks an fertig erstellten Gebäuden werden seit zwei Jahren auch Baustellen kontrolliert. Diese Vorgehensweise bedeutet zwar einen grösseren organisatorischen Aufwand, erlaubt aber Einblicke in den Bauverlauf, welche nach Bauabschluss nicht mehr sichtbar wären. Sowohl die Baustellen-Kontrollen als auch die Checks von Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern zeigen im Vergleich zum Vorjahr eine Verbesserung im Umgang mit der Wärmedämmung. Das hat sicher damit zu tun, dass die Palette von Produkten mit sehr guten Dämmwerten dauernd zunimmt. Mit zunehmend besserem Dämmstandard machen jedoch die Wärmebrücken einen immer grösseren Anteil an den Transmissionswärmeverlusten aus. Die korrekte Berücksichtigung der Wärmebrücken im Systemnachweis erhält mehr Relevanz und stellt hohe Anforderungen an die Detailausführung auf der Baustelle. Gerade hier wurde Handlungsbedarf festgestellt.

An dieser Stelle sei wieder einmal darauf hingewiesen, dass das Minergie-Zertifikat nicht vor Baumängeln schützt. Die grosse Anzahl der Beanstandungen ist auf nicht fachgerechte Ausführung oder fehlende Inbetriebnahme von Anlagen zurückzuführen.

Der Erfolg der geschützten Marke Minergie ruft natürlich auch Trittbrettfahrer auf den Plan. Es gibt Marktteilnehmer, welche mit dem Minergie-Logo bereits vor der Zertifizierung des Gebäudes werben oder Bezeichnungen wie

«Minergie-ähnlich» verwenden. Solche missbräuchlichen Nutzungen der Marke werden von Minergie konsequent abgemahnt.

Auswertung Lüftungsanlagen

In Ergänzung zu den Stichprobenkontrollen wird jedes Jahr ein Schwerpunkt gesetzt. 2010 inspizierten die Spezialisten in neun grösseren Dienstleistungsbauten die Lüftungs- und Klimaanlage. 2011 kontrollierten sie 16 Lüftungsanlagen in Wohnhäusern und haben sie grösstenteils auch bezüglich Luftvolumen und Stromverbrauch ausgemessen.

Die Hygiene war bei den Dienstleistungsbauten zufriedenstellend, was sich auf eine oft professionelle Wartung zurückführen lässt. Hingegen wurde der Energieverbrauch auf den Anlagen um bis zu 2–3 Mal höher aufgenommen als im ursprünglichen Minergie-Nachweis. Genau umgekehrt liegen die Erkenntnisse bei der Untersuchung in den Wohnhäusern: Der effektiv gemessene Strombedarf für die Lüftungsanlage lag mit 2–4 kWh/m²a im Bereich des Wertes gemäss Nachweis. Bezüglich der Hygiene-Untersuchung liegen aber teilweise grobe Fehler vor, die oft mit fehlendem Fachwissen in allen Phasen des Bauprozesses zu erklären sind.

Eine Luftfassung nach dem Stand der Technik liegt über dem Erdreich. Die Aussenluftfassung in einem Schacht birgt die Gefahr von Wasseransammlung am tiefsten



«Wassersumpf» in einem Aussenluft-Sammelschacht

Punkt, und ist nicht nur hygienisch bedenklich sondern auch kritisch bezüglich Radon. Bei einer Überbauung mit Miner-Ge-gebäuden mussten aus diesem Grund die Ansaugstutzen von über 20 Luftfassungen verlängert werden. Luftleitungen im Erdreich müssen generell aus hygienischen Gründen und wegen allfälliger Radonbelastung dicht sein (siehe auch vorangehender Artikel «Radon im Gebäude»).

Das Einlegen von Lüftungsrohren in Betondecken ist eine Facharbeit, die sehr sorgfältiges Arbeiten bedingt. Die Sanierung von mit Zementmilch vollgelaufenen Lüftungsrohren, die schlecht verbunden worden sind, ist sehr aufwändig. Die (eingelegten) Lüftungskanäle sind zudem oft nicht oder unzureichend gedämmt. Nach den Wärmedämmvorschriften erhöht sich die Dämmstärke mit der vorhandenen Temperaturdifferenz zwischen der Luft im Kanal und der Umgebung. Betroffen sind darum Aussenluft- und Fortluftkanäle innerhalb der thermischen Gebäudehülle und Zuluft und Abluftkanäle, welche durch unbeheizte Räume führen. Generell sollten solche Kanäle möglichst kurz gehalten werden. Kanäle mit hoher Dämmstärke haben



Unabhängig wo sich dieses Lüftungsgerät befindet – mindestens zwei Kanäle müssten wärmedämmend sein.

einen grossen Platzbedarf, was aus statischen Gründen Probleme bereiten kann, wenn sie eingelegt werden. Aus bauphysikalischer Sicht ist zusätzlich die Gefahr von Kondensatbildung entweder im Kanal oder an der Aussenseite zu beachten.

Ein letzter Aspekt betrifft die Planung der Frischluftmenge bei Elternschlafzimmern. Weil diese Zimmer gemäss Dimensionierungsvorschriften als «Einzelbettzimmer» behandelt werden, kann es sein, dass bei knappen Betriebsverhältnissen zu wenig Frischluft zur Verfügung steht.

Inbetriebnahme und Instruktion

Die Benutzer werden oft schlecht oder gar nicht informiert über Bedienung, Nutzung und Unterhalt der Lüftungsanlage. Es mag zwar logisch erscheinen, die Filtermatte der Lüftungsanlage periodisch zu kontrollieren und zu tauschen, dennoch gehört diese Information dem zukünftigen Nutzer mitgeteilt.



Filtermatte, die nach Inbetriebnahme fast zwei Jahre nicht ausgewechselt worden ist.

Sind bei einem Gebäude die Volumenströme von Zu- und Abluft nicht ausgeglichen, strömt das Differenzvolumen aus «unkontrollierten Quellen» nach. Bei der Inbetriebnahme jeder Anlage muss es deshalb Standard sein, dass die Luftmengen gemessen und abgeglichen werden.

Nimmt man als Anforderung für die Abweichung der gesammelten Zuluft zur entsprechenden Abluft eine Toleranzgrenze von ± 10 Prozent, so haben von zwölf gemessenen Objekten nur gerade zwei diese Vorgabe erfüllt. Als Konsequenz wird die Zertifizierungsstelle vermehrt mit der Baubestätigung das Inbetriebnahmeprotokoll mit Messdaten einfordern. ■

BEWILLIGUNGSPRAXIS BEI SOLARANLAGEN IN DEN OSTSCHWEIZER KANTONEN

Die meisten Ostschweizer Kantone haben in irgendeiner Art und Weise eine Vereinfachung im Bewilligungsverfahren von Solaranlagen eingeführt, sei dies auf kantonaler oder kommunaler Ebene. Durch die aktuellen Veränderungen in der Energiepolitik hat sich dieser Trend, Solaranlagen unkompliziert zu bewilligen, noch verstärkt. In den Kantonen Appenzell Ausserrhoden, Schaffhausen und Zürich wird unter definierten Bedingungen auf eine behördliche Bewilligung von Anlagen zur Nutzung von Sonnenenergie auf Dächern in Bauzonen verzichtet.

Die genauen Vorschriften sind auf den Webseiten der Energiefachstellen der Ostschweizer Kantone zu finden (Adressen siehe Seite 10).

Bewilligungspflicht in Kernzonen

Die Bewilligungspflicht bleibt überall bestehen, wenn es sich um Anlagen in Kernzonen sowie im Geltungsbereich

einer anderen Schutzanordnung oder eines Ortsbild- oder Denkmalschutzinventars handelt. Es ist aber auch in Zukunft empfehlenswert, sich auf dem neusten Informationsstand zu halten. So ist beispielsweise im Kanton Thurgau für den Sommer 2012 eine Volksabstimmung über eine Änderung im Planungs- und Baugesetz geplant. Sie soll ermöglichen, ebenfalls auf die Bewilligungspflicht bei Solaranlagen verzichten zu können.

Förderbeiträge rechtzeitig klären

Ein zu spätes Einreichen des Gesuchs für Förderbeiträge ist einer der häufigsten Gründe warum Beitragsgesuche für Solaranlagen abgelehnt werden. Förderbeiträge von kantonaler oder kommunaler Seite, aber auch von Energieanbietern oder Unternehmern, sind in der Regel kumulierbar. Eine Übersicht bietet zum Beispiel die Webseite: www.energiefranken.ch

NEWS AUS DEN OSTSCHWEIZER KANTONEN UND AUS DEM FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

APPENZELL AUSSERRHODEN

Revidierte Energiegesetzgebung in Kraft

Der Regierungsrat setzt per 1. Januar 2012 die teilrevidierte Energiegesetzgebung (Gesetz und Verordnung) in Kraft. Diese orientiert sich an den gesamtschweizerisch harmonisierten Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE 2008). Im Folgenden einige nennenswerte Punkte:

- Verschärfung der Wärmedämm-Grenzwerte bei Gebäudehüllen (SIA 380/1, 2009)
- Neueinbau- und Ersatzverbot von Elektroheizungen
- keine rein elektrische Erwärmung des Warmwassers
- Kondensationswärmenutzung bei fossil betriebenen Wärmeerzeugern
- Vorlauftemperaturbegrenzung bei neuen Fussbodenheizungen von 35 °C
- Anforderungen an Heizungen im Freien und in Freiluftbädern
- Anforderungen an den Elektrizitätsbedarf bei Nichtwohnbauten
- Einrichten eines Energiefonds

Für den Vollzug stehen Formulare sowie Vollzugshilfsmittel zur Verfügung, siehe:

www.energie.ar.ch → Nachweis → Formulare

Die Gesetzestexte (750.1, 750.11) sind unter www.bgs.ar.ch als PDF-Datei download- oder direkt einsehbar.

GLARUS

Kanton Glarus Vorbild für Bayern

Das geplante Wasserkraftwerk Linthtal 2015 im Kanton Glarus umfasst den Ausbau mehrerer Wasserkraftwerke zum Pumpspeichersystem bis ins Jahr 2015. Die Erweiterung erhöht die Leistung des bestehenden Kraftwerks Linth-Limmern von heute 450 Megawatt um 1000 Megawatt Turbinen- und 1000 Megawatt Pumpleistung. Für Horst Seelhofer, Ministerpräsident des Freistaats Bayern, ist das Vorhaben mitten in der Schweizer Bergwelt vorbildhaft. «Ein bisschen mehr Schweiz könnte uns Bayern gut tun», betonte der Politiker bei seinem kürzlichen Besuch in der Schweiz. Insbesondere die effiziente Umsetzung des Zwei-Milliarden-Franken Projekts überzeugte ihn. Nach nur knapp fünf Jahren Planungsphase, ist es der Axpo Holding AG und dem Kanton Glarus gelungen, den Ausbau ohne Einsprachen zu starten – vor allem dank enger Zusammenarbeit mit Umweltverbänden und Behörden.

Pumpspeicherkraftwerke wie sie die Schweiz in Glarus baut, könnten auch in Bayern an die Energiewende beitragen.

GRAUBÜNDEN

Erneuerbare Stromproduktion ohne Grosswasserkraft

Eine vom Amt für Energie und Verkehr in Auftrag gegebene Studie weist für Graubünden ein realistisches Potenzial von jährlich rund 600 Gigawattstunden Strom aus erneuerbaren Energien ohne Grosswasserkraft aus. Photovoltaik- und Windkraftanlagen stellen dabei die grössten ungenutzten Potenziale.

Die Studie ist erhältlich unter www.aev.gr.ch/Dokumente/Energieeffizienz/Publikationen.

Ausbau des kantonalen Förderprogramms

Rund die Hälfte aller Energie wird für die Beheizung und die Warmwassererzeugung in Bauten benötigt. Altbauten weisen dabei ein sehr grosses Effizienzpotenzial auf. Um den Anreiz für energetische Gesamtanierungen und Investitionen in energieeffiziente Haustechnik zu erhöhen, hat der Kanton die kantonalen Förderbeiträge per Januar 2012 deutlich erhöht.

Leitfaden und Gesuchsunterlagen sind erhältlich unter www.aev.gr.ch/Energieeffizienz/Förderbeiträge.

Energiesparaktion Graubünden

Die per Ende Januar abgeschlossene Energiesparaktion zur Verbesserung der Stromeffizienz hat enormen Zuspruch gefunden. Dabei wurden der Ersatz von elektrischen Haushaltgeräten und Umwälzpumpen sowie der Einbau von Geräten für die verbrauchsabhängige Heizkostenabrechnung und Thermostatventilen finanziell unterstützt. Dieses Angebot wurde rund 9000-mal in Anspruch genommen.

ST. GALLEN

Ergänzung des Energiekonzeptes im Teilbereich Strom

Nach dem Beschluss des Bundesrates und der eidgenössischen Räte, geordnet und schrittweise aus der Kernenergie auszusteigen, hat der St.Galler Kantonsrat die Regierung in mehreren Vorstössen eingeladen, das kantonale Energiekonzept mit einem Bericht zur künftigen kantonalen Strompolitik zu ergänzen. Der Bericht soll die Perspektiven für die Stromzukunft im Kanton St.Gallen aufzeigen. Zur Umsetzung dieser Politik sollen konkrete Massnahmen erarbeitet werden, so dass Strom in Zukunft sparsamer und effizienter verwendet und vermehrt Strom aus erneuerbaren Quellen im Kanton St.Gallen produziert wird.

Die Erarbeitung des Berichts soll breit abgestützt sein. Entsprechend sind Gemeinden, Wirtschaft und Wissenschaft,

Energieversorger und Landwirtschaft sowie die Umweltverbände in der Projektorganisation vertreten.

Ein Schlüsselement für die Energiezukunft

Der Kanton St.Gallen sieht vor, ab Januar 2013 das Grossverbrauchermodell zu vollziehen. Die Vorbereitung des Vollzugs wird von einer Begleitgruppe unterstützt, in der Interessengruppen ihre Anliegen einbringen können. Diese hat sich am 1. März 2012 ein erstes Mal getroffen. Der Kanton St.Gallen unterstützt die Absicht eines harmonisierten Vollzuges zwischen den einzelnen Kantonen.

SCHAFFHAUSEN

Kürzung des Förderprogramms

Der Kanton Schaffhausen ist seit dem vergangenen Dezember mit Fördergesuchen überschwemmt worden. Vor allem in den Bereichen Solarenergie und grosse Holzfeuerungen (ab 70 kW) ist die Nachfrage nach Förderbeiträgen unerwartet gross gewesen. Der hohe Gesuchseingang führt dazu, dass der Kanton das Jahresbudget 2012 nicht einhalten könnte, wenn er das Förderprogramm nicht anpassen würde. Ausserdem stehen im Budget 0,5 Millionen Franken weniger für die kantonale Förderung zur Verfügung als im Vorjahr.

Der Kanton musste deshalb auf den 1. März 2012 einzelne Förderbereiche streichen beziehungsweise reduzieren. An Solarstromanlagen, Holzfeuerungen, Anschlüsse an Wärmenetze, Minergie-Neubauten und Kleinsanierungen leistet er keine Beiträge mehr. Weiterhin gefördert werden thermische Sonnenkollektoranlagen, GEAK (Gebäudeenergieausweis der Kantone) mit Beratungsbericht und Machbarkeitsstudien sowie Gebäudesanierungen im Rahmen des Gebäudeprogramms.

Die neuen Förderbeiträge sind zu finden unter:
www.energie.sh.ch → Förderprogramm Energie 2012.

THURGAU

Revision des Planungs- und Baugesetzes

Voraussichtlich in diesem Sommer befinden die Thurgauer Stimmbürgerinnen und -bürger über die Totalrevision des Planungs- und Baugesetzes. Die Revision beabsichtigt unter anderem das Gesetz im Bezug auf den Schutz vor Naturgefahren und auf die Raumplanung dem Bundesgesetz anzugleichen. Zwei geplante Änderungen betreffen die Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Zum einen sieht der Gesetzesentwurf vor, dass der Regierungsrat zur Förderung energieeffizienten Bauens Zuschläge auf die von den Gemeinden festgelegten Nutzungsziffern bestimmt. Damit wird gesetzlich verankert, was inhaltlich der Praxis entspricht und in der heutigen Verordnung des Planungs- und Baugesetzes schon enthalten ist. Im weiteren sollen Solaranlagen in der Bauzone bis zu einer Grösse von 35 m² keine Bewilligung mehr benötigen. Ausgenommen sind Solaranlagen auf Kulturobjekten von kantonaler oder nationaler Bedeutung. Solche Gesuche prüft im Kanton Thurgau eine

spezielle Fachkommission aus Energie- und Denkmalpflegespezialisten (www.solaranlagen-richtig-gut.tg.ch).

ZÜRICH

Neuer Kurs SIA 380/4 «Beleuchtung»

Auf Grund der Änderung des Energiegesetzes vom Juli 2011 werden künftig die Aspekte Lüftung/Klima und Beleuchtung der Norm SIA 380/4 im Rahmen der Bauvorschriften überprüft. Da es bereits heute im Rahmen des Vollzugsystems Private Kontrolle einen Fachbereich «Beleuchtungsanlagen» gibt, ist es nahe liegend, die Einhaltung der Vorschriften diesem System zu unterstellen. Auch andere an der interkantonalen Vereinbarung über die Private Kontrolle beteiligten Kantone prüfen diesen Schritt.

In den nächsten Monaten bietet der Kanton Zürich Kurse an, welche mit Praxisbeispielen den Zweck und die Anwendung der Norm SIA 380/4 «Elektrizität im Hochbau» erläutern und auch den Ablauf im Vollzug schulen. Die in der Norm festgelegten Definitionen, Grundsätze, Rechenverfahren, Parameter und Vorgaben für die Beleuchtung werden besprochen und deren Umsetzungen anhand der Nachweisformulare aufgezeigt.

Ab Sommer 2012 wird der Kurs auch an anderen Standorten angeboten. Die Schulung wurde in Zusammenarbeit mit Ostschweizer Kantonen erstellt.

Der Kurs richtet sich an Fachpersonen mit Kenntnis der Beleuchtungstechnik. Der Besuch soll eine Grundlage für die Befugnis im Fachbereich Beleuchtungsanlagen darstellen.

Die Kursdaten und das Programm werden publiziert auf:
www.energie.zh.ch

Seminare als Video-Streams

Seit dem Herbst 2011 steht eine zusätzliche Informationsplattform zur Verfügung. Neu werden die EnergiePraxis-Seminare auf Video aufgenommen und auf der Webseite www.energie.zh.ch/video unter «EnergiePraxis» aufgeschaltet. So können die Referate auch nach den Seminaren noch im Originalton gesehen und gehört werden. Die parallel dazu ablaufende Power-Point-Präsentation vervollständigt den «Live-Gesamteindruck».

FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

Effizienz des Förderprogramms erhöht

Im Jahre 2011 hat das Fürstentum Liechtenstein 7,1 Millionen Franken (Vorjahr 13,3 Millionen) für 645 (843) Fördergesuche gesprochen. Die Gesuche betreffen die Förderkategorien Wärmedämmung, thermische Sonnenkollektoren, Minergie, Haustechnik- und Photovoltaikanlagen. Trotz der gesenkten Förderbeiträge konnte die zu erwartende energetische Wirkung der Massnahmen beinahe beibehalten werden. Auffallend ist die rasche Entwicklung im Bereich der Photovoltaik, welcher am stärksten von der Kostenreduktion betroffen ist. In den vergangenen vier Jahren wurden Förderbeiträge für fast 1000 solcher Anlagen zugesichert.

VERANSTALTUNGEN IN DER OSTSCHWEIZ UND IM FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN FRÜHJAHR 2012

AR/GL/SG/ZH

EnergiePraxis-Seminare 1/2012

Die Themen: Tageslichtnutzung, Auswirkungen der EU-Energiepolitik im Gebäudebereich (EPBD, U-Wert von Glasfassaden, Solaranlagen und Wärmepumpen für Warmwasser

St.Gallen	08.05.12	16.15–18.15
Winterthur	10.05.12	17.00–19.00
Ziegelbrücke	14.05.12	16.15–18.15
Zürich	19.06.12	16.30–18.30

und ähnliches Programm in

Rotkreuz	22.05.12	16.15–18.15
----------	----------	-------------

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

AR

Infoveranstaltungen Gebäudesanierung

Herisau	26.04.12	19.30–21.30
Gais	24.05.12	19.30–21.30

Weitere Infos: www.energie-ar.ch

AR/SG

Wärmepumpenkurse für Installateure, Berater, Planer

Schall bei Luft-/Wasserwärmepumpen:

St.Gallen	03.05.12	08.00–11.30
St.Gallen	12.06.12	13.30–17.00

Planung und Dimensionierung von Erdwärmesonden

St.Gallen	31.05.12	13.30–17.00
St.Gallen	20.06.12	13.30–17.00

Norm SIA 380/1, Thermische Energie im Hochbau 2009

Einzelbauteilnachweis, Wärmebrücken, Systemnachweis

St.Gallen	10.05.12	08.00–16.45
St.Gallen	05.06.12	08.00–16.45

Weitere Infos: www.energie.ar.ch und www.energie.sg.ch

SG

Kurs «Sommerlicher Wärmeschutz»

Massnahmen für ein gutes Raumklima

St.Gallen	10.05.12	13.30–17.00
-----------	----------	-------------

Weitere Infos: www.energie.sg.ch

SH

Infonachmittag über Thermografie

Neuhausen a. Rheinfall	14.06.12	13.30–17.00
------------------------	----------	-------------

Weitere Infos: www.energieagenda.ch

ZH

Kurs «Beleuchtung» SIA 380/4

Zürich	ab Mai 12	halber Tag
--------	-----------	------------

Kurs «Sommerlicher Wärmeschutz»

Zürich	21.06.12	13.15–16.45
--------	----------	-------------

Kurse zu SIA 380/1

Einzelbauteilnachweis, Systemnachweis, Wärmebrücken

Zürich	22.06.12	08.15–16.30
--------	----------	-------------

Weitere Infos: www.energie.zh.ch

LEHRGÄNGE

Semesterkurs «Energieeffizientes Bauen»

In St. Gallen und in Zürich wird wiederum der Semesterkurs «Energieeffizientes Bauen» angeboten, der sich an Bau- und Haustechnikfachleute richtet. Er vermittelt während 19 Unterrichtsabenden die Zusammenhänge zwischen den Bautätigkeiten und den resultierenden Umweltwirkungen. Der Abschluss des Kurses befähigt die Teilnehmenden, die Energievorschriften und die zugehörigen Formulare in den Kantonen anzuwenden.

Nächster Kursbeginn Zürich: 20. August 2012

Dauer: 1 Semester, 19 Kursabende, jeweils 18.00–20.30

Weitere Infos: www.forumenergie.ch

Nächster Kursbeginn St. Gallen: Oktober 2012

Dauer: 1 Semester, 19 Kursabende, jeweils 17.15–19.45

Infos: Baukaderschule St. Gallen, baukaderschule@gbssg.ch

Lehrgang Solarteur

In der Energieakademie Toggenburg wird der Lehrgang Solarteur angeboten. Die Weiterbildung richtet sich an Sanitär-, Heizungs- und Elektroinstallateure. Dabei qualifizieren sie sich, die Beratung, Projektierung, Installation, Inbetriebnahme und Wartung von Photovoltaik- und solarthermischen Anlagen sowie von Wärmepumpen zu koordinieren und durchzuführen. Der Lehrgang schliesst mit dem Titel Solarteur®.

Ort: BWZ Toggenburg, Wattwil

Nächster möglicher Kurs: ab 24. August 2012

jeweils Freitag, 14.00–21.00 und Samstag 07.30–13.15

Infos und Angebote: www.energieakademie-toggenburg.ch

KURSE, MESSEN, KONGRESSE

Internationaler Geothermie-Kongress

Die Stadt St.Gallen organisiert zum ersten Mal die «Geothermie Bodensee». Die Fachveranstaltung setzt sich zum Ziel, zur «Geothermie-Wissensplattform» für Deutschland, Österreich, Schweiz und Liechtenstein zu avancieren.

Ort: St.Gallen, Olma Messen St.Gallen, Halle 9.2 D

Datum: 23.–24. Mai 2012

Infos und Anmeldung: www.energie-kongresse.ch

MINERGIE: KURSE UND WEITERBILDUNG

Vertiefungskurs «Sommerlicher Wärmeschutz und SIA TEC-Tool

Zürich	11.05.12	08.30–17.00
--------	----------	-------------

Vertiefungskurs Haustechnik

Zürich	01.06.12	08.30–17.00
--------	----------	-------------

Vertiefungskurs Minergie- und Minergie-P-Antrag

Zürich	08.06.12	08.30–17.00
--------	----------	-------------

Grundkurs zum Minergie-Fachpartner

3 Kurstage für Bauplanende

Zürich	01.06.12	08.30–17.00
--------	----------	-------------

Zürich	08.06.12	08.30–17.00
--------	----------	-------------

Zürich	15.06.12	08.30–17.00
--------	----------	-------------

Weitere Infos und Angebote: www.minergie.ch

ENERGIEFACHSTELLEN DER OSTSCHWEIZER 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

Balz Lendi
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@avw.llv.li
www.avw.llv.li
www.energiebündel.li

DESKTOP UND REDAKTION

Christoph Gmür
Alex Herzog
AWEL Zürich
Telefon 043 259 42 66
energie@bd.zh.ch
www.energie.zh.ch

Gaby Roost
Nova Energie GmbH, Aadorf
Telefon 052 365 43 10
gaby.roost@novaenergie.ch

BILDNACHWEIS

Foto Seite 1 und unten

Erdwärmesonde
Heim Bohrtechnik AG, 9450 Altstätten (SG)

Grafik Seite 2

Arthur Huber, dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbüro Zürich

Grafik Seite 4

Michael Gross, dipl. Ing. Bauphysik (FH), Wohlen

Fotos Seite 5 und 6

Andres Weber, dipl. El. Ing. HTL, Zürich



DIE ENERGIEPRAXIS IST
Klimaneutral gedruckt 