OSTSCHWEIZER ENERGIE PRAXIS

INHALT OKTOBER 2014

Ersatz von Beleuchtungskörpern mit LED 1
Wärmebrücken bei der Gebäudemodernisierung 4
Revidierte Normen SIA 180 und 382/1 5
Analyse Erneuerungsverhalten 6
News aus den Kantonen 7

EIN ÜBERBLICK ÜBER STAND DER TECHNIK UND VORGEHEN BEIM ERSATZ

ERSATZ VON BELEUCHTUNGSKÖRPERN MIT LED

Der Anteil der Beleuchtung am schweizerischen Stromverbrauch beträgt 13 %. Werden ausschliesslich die privaten Haushalte betrachtet, liegt dieser sogar noch höher. Aus diesem Grund wird die Beleuchtung auch immer wieder in der aktuellen Energiediskussion als zentrales Element bei Effizienzsteigerungsmassnahmen genannt. Dabei dominiert seit einigen Jahren das Thema LED. Aber wie ist der Stand der Technik und wie effizient sind diese Lampen und Leuchten 2014 wirklich? Wie ist das Vorgehen im privaten Haushalt und wie bei Verwaltungsgebäuden?

Dipl. Ing. Elektr. TU Björn Schrader, Dozent Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Um es vorwegzunehmen: LED-Lichtquellen sind effizient und vielen klassischen Lichtquellen überlegen beziehungsweise ebenbürtig.

Bei der Entwicklung von neuen Produkten setzen die meisten Leuchtenherstellern zu 100 % auf LED bzw. OLED. Nur für spezielle Anwendungen kommen noch klassische Lichtquellen zum Einsatz. Der Markt hat sich in den vergangen Jahren so rasant entwickelt, dass auch etliche Experten von der Entwicklung überrascht sind. Selbst den Fachplanern fällt es schwer, sich auf dem aktuellsten Stand zu halten, denn der Aufwand ist beachtlich.

Der Endverbraucher hat die grösste Mühe die Veränderungen zu verstehen, denn was vor einigen Monaten noch galt, kann heute schon überholt sein.

Lumen statt Watt

Gewohnheiten zu ändern fällt uns allen schwer, so verhält es sich auch mit technischen Angaben. Beim Endkonsumenten ist die Leistungsangabe der Lampe zum Beispiel 60W noch

Leistung	Lichtstrom der Glühlampe	Lichtstrom des LED Ersatzes
15 W	125 lm	136 lm
25 W	229 lm	249 lm
40 W	432 lm	470 lm
60 W	741 lm	806 lm
75 W	970 lm	1055 lm
100 W	1398 lm	1521 lm

Energiefachstellen der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein

immer eine Referenz dafür, wie viel Licht diese abgibt. Die Angaben zum Lichtstrom, die eigentlich relevante Grösse, ist hingegen noch ungewohnt. Den Zusammenhang zwischen Lichtstrom und Leistung bei Glühlampen sowie die Angabe des Lichtstroms eines LED-Ersatzes zeigt die Tabelle auf Seite 1.

Effizienz beurteilen

Bei Lampen aber auch Leuchten lässt sich die Effizienz über die Lichtausbeute □ beurteilen. Bei einer Lampe ergibt sich diese aus dem Lichtstrom □ der Lampe, der durch die aufgenommene elektrische Leistung P der Lampe geteilt wird:

$$\square_{Lampe} = \frac{\square\ [lm]}{P\ [W]}$$

Lampe	Lichtstrom	Lichtausbeute der Lampe
Glühlampe 60W	741 lm	12 lm/W
Glühlampe mit Halogeneinsatz 53W	828 lm	16 lm/W
LED Retrofit 10W	806 lm	81 lm/W
Leuchtstofflampe T16 35W	3500 lm	100 lm/W
LED Modul 26W		
LED Chip 1W	155 lm	156 lm/W

Bei der Leuchte erfolgt die Berechnung analog. Dabei ist zu beachten, dass der Lichtstrom aller in der Leuchte befindlichen Lampen/LED, mit dem Wirkungsgrad der Leuchte $\square_{Leuchte}$ multipliziert wird. Als Leistung wird die Leistung des Gesamtsystems P_{System} verwendet. Diese beinhaltet die Leistungsaufnahme der Lichtquelle/LED und die des Betriebsgeräts.

$$\square_{Leuchte} = \frac{\square \cdot \square_{Leuchte}\ [lm]}{P_{System}\ [W]}$$

Leuchtentyp	Lichtstrom	Wirkungsgrad	Lichtausbeute Leuchte
Downlight TC-DEL-System: 32W+2,5W	2400 lm	63 %	44 lm/W
Downlight-LED-System: 27W	2700 lm	100 %	100 lm/W
Lichtkanalleuchte T16-System: 35W+3,5W	3500 lm	53 %	48 lm/W
Lichtkanalleuchte LED-System: 30W	2145 lm	100 %	72 lm/W

Retrofit – Ersatz von klassischen Lampen

LED-Produkte, die als Alternative oder Ersatz für die klassischen Lampen im Handel zu finden sind, werden meist als Retrofit bezeichnet. Für die Glühlampen mit dem Schraubsockel E27 oder E14 gibt es ein breites Angebot.

Wer einen Ersatz auf Basis von LED beschaffen will, sucht am besten den Fachhändler mit der alten Lampe auf.

Die klassische Energiesparlampe hat gegenüber einem LED-Retrofit grosse Nachteile (Schaltfestigkeit, Startverhalten, Quecksilberanteil etc.). Daher spricht nichts mehr für deren Einsatz und sie kann dem Endverbraucher nicht mehr empfohlen werden. Besser wählen Kunden gleich ein LED-Produkt, da sich auch der Preiszerfall in den nächsten Monaten fortsetzen und zum Beispiel eine Retrofit mit 600 lm unter einen Preis von 10 Franken fallen wird.

LED-Tubes, die als Ersatz für Leuchtstofflampen mit konventionellen Vorschaltgeräten auf dem Markt sind, bieten unter bestimmten Voraussetzungen Vorteile bei der Energieeffizienz. Weil sich die Lichtqualität mitunter massiv verschlechtern kann, ist dieser Typ nicht vorbehaltlos zu empfehlen. Bei grösseren Umrüstungen empfiehlt sich deshalb immer, einen Fachplaner beizuziehen.

Entscheidungshilfe für den Retrofit-Kauf

1. **Wie viel Licht soll es sein?** Leistung auf alter Lampe ablesen und mit der Tabelle den Lichtstrom ermitteln.
2. **Matt oder klar?** Matte Versionen gibt es genügend. Wird eine klare Lampe gewünscht, sind seit kurzer Zeit interessante Alternativen auf dem Markt, die als LED-Glühfadenlampen bezeichnet werden.
3. **Sockel der Lampe identifizieren: Schraubsockel.** E27- oder E14-Schraubsockel stellen kein Problem dar. Bei anderen Typen – insbesondere Niedervoltlampen mit 12V – empfiehlt es sich, den Fachhändler aufzusuchen (siehe auch dimmen).
4. **Warmes Licht?** Ob das Licht «warm» oder «kalt» erscheint, gibt die Farbtemperatur an. Im Privatbereich ist die Referenz immer noch die Glühlampe, die eine Farbtemperatur von 2700 K besitzt. Je höher der Wert desto kälter erscheint das Licht. In Büros werden vorzugsweise Lampen mit 4000 K verwendet.
5. **Dimmen?** Immer mehr LED-Lampen sind dimmbar. Teilweise existieren Unverträglichkeiten zwischen unterschiedlichen Dimmern und LED-Lampen. Es gibt Kompatibilitätslisten von den Herstellern. Aber auch hier ist für den Endverbraucher der Weg zum Fachhändler einfacher.

Professionelle Beleuchtung

Bei öffentlichen Gebäuden, Bürogebäuden oder Schulen kommen Retrofits kaum zum Einsatz. Entweder handelt es sich um Neubauten oder umfassende Modernisierungen, bei welchen die gesamte Beleuchtungsanlage erneuert wird. Leuchten auf LED-Basis sind heute effizienter oder gleich effizient wie Leuchten mit konventionellen Lampentechnologien. Selbst die Leuchten mit Leuchtstofflampen, die als besonders effizient galten und gelten, bekommen Konkurrenz von Seiten LED. Viele Firmen bieten dieselbe Leuchte mit konventionellen und mit LED-Leuchtmitteln an.

Downlights und Strahler mit LED gehören zur ersten Wahl. Sie sind systembedingt effizienter und lassen sich extrem gut mit Präsenzmeldern/Lichtsteuerung kombinieren, was eine weitere Effizienzsteigerung bewirkt.

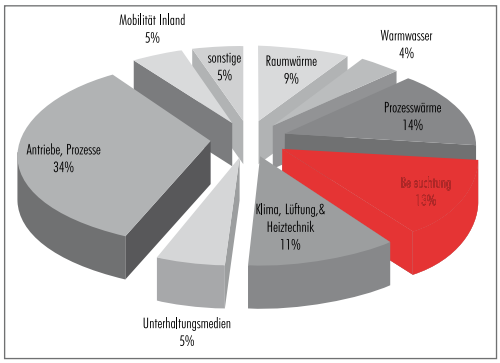
Bei Leuchten mit Leuchtstofflampen ist die Lebenskostenberechnung ein wichtiges Entscheidungswerkzeug. Hier werden neben den Investitions- auch die Wartungs- und

Energiekosten berücksichtigt, die bei der LED im Vergleich zu anderen Lampentypen, auf Grund ihrer höheren Lebensdauer, tiefer liegen.

LED und Norm SIA 380/4

Die Norm SIA 380/4 «Elektrische Energie im Hochbau, Teil Beleuchtung» ist seit 2006 in Kraft. Seither hat sich die Energieeffizienz der LEDs deutlich gesteigert. Die technischen Entwicklungen in der Leistungsreduzierung bei den Leuchten mit LED zeigen auch beim Nachweis ihre Wirkung. Das belegen die Beleuchtungsnachweise, die bei den Minergie-Zertifizierungsstellen eingereicht werden. Die Anzahl an Nachweisen mit Projektwerten weit unterhalb des vorgegeben Minergiewerts, beziehungsweise in Richtung Zielwert, steigt. Dieser Sachverhalt ist ein Indiz dafür, dass das aktuelle Berechnungsmodell die Leistungsfähigkeit heutiger Beleuchtungslösungen nur unzureichend abdeckt. Daher befindet sich die Norm SIA 380/4 aktuell in Überarbeitung.

Der Nachweis mit optimierten Berechnungsverfahren wird voraussichtlich 2015 in Kraft treten. ■



Verteilung der Stromverbrauchs in der Schweiz in Prozent.

Stolpersteine mit LED-Lampen (Retrofit und Tubes)

Peter Wieland, Energieberatung Privat- und Gewerbekunden, ewz.

Betrieb an bestehendem Transformator: Für den einwandfreien Betrieb darf die Minimalbelastung des vorhandenen Trafos nicht unterschritten werden. Eine zu kleine Last (Leistung der Lampen) kann zu Flackern, Surren, schlechtem Dimmverhalten oder nicht Leuchten der LED-Lampe führen. Die Hersteller testen ihre Lampen mit handelsüblichen Trafos und stellen eine Kompatibilitätsliste für empfohlene Trafos zur Verfügung.

Betrieb an Vorschaltgeräten in Leuchten: Heutige LED-Tubes können Fluoreszenz-Lampen ohne Eingriff an der Leuchte ersetzen. Dies unabhängig vom vorhandenen Vorschaltgerät. Die Hersteller liefern dazu Informationen.

Austausch Fluoreszenz-Lampen durch LED-Tubes: Ob sich ein Austausch der Fluoreszenz-Lampen in bestehenden Leuchten durch LED-Tubes lohnt, muss fallweise beurteilt werden. Aufwand und Resultat sind gut gegeneinander abzuwägen. Stichworte dazu sind: Investitionskosten, Effizienzgewinn, Unterhaltskosten, Lichtwirkung (Blendung, Schattenwurf, Helligkeit), Betriebsoptimierung und Ökologie. Ein Leuchtenersatz durch neue hocheffiziente LED-Leuchten ist in jedem Fall zu prüfen.

Lichtwirkung in bestehenden Leuchten: Da alle LED-Lampen und LED-Tubes im Grundsatz gerichtetes Licht abgeben, ist die Lichtwirkung vorher zu klären. Dies vor allem in Leuchten am Arbeitsplatz, die eine spezielle Geometrie (optimiert auf Fluoreszenz-Lampen) für die Lichtlenkung und Lichtverteilung haben.

Dimmen: Der Lampenhersteller gibt an, ob seine Lampen dimmbar sind. Nur dann lassen sie sich auch dimmen.

Dimmer: Beachten Sie die Angaben des Herstellers, welche Produkte für die Lichtregelung seiner Lampen geeignet sind (Kompatibilitätsliste für empfohlene Dimmer).

Form und Design: Form- und Designvielfalt der Lampen im Handel lassen fast keine Wünsche mehr offen und können bestehende Leuchtmittel sehr gut ersetzen.

Beschaffungskosten: Der höhere Kaufpreis von LED-Lampen gegenüber Glüh- und Halogenglühlampen wird über deren Effizienz und Lebensdauer um ein mehrfaches kompensiert.

Betriebskosten: Kurze Jahresbetriebszeiten von LED-Lampen lassen deren Wirtschaftlichkeit möglicherweise stark sinken. Die Anschaffungskosten sind dann überproportional gegenüber den Betriebskosten.

Schaltfestigkeit: Gute LED-Lampen können 100 0000 mal ein- und ausgeschaltet werden. LED-Lampen eignen sich bestens an Orten, an denen häufiges Schalten und/oder eine kurze Brenndauer nötig ist, so am Arbeitsplatz, in Büro-WCs oder auch in Treppenhäusern.

Lampen-Lebensdauer: Die Hersteller geben eine durchschnittliche Lebensdauer von 20 000 Stunden oder mehr an. Zum Vergleich: Glühlampen haben eine Lebensdauer von rund 1000 Stunden.

Lichtfarbe: Heutige LED-Lampen haben eine absolut gleichwertige Lichtfarbe wie Glüh- und Halogenglühlampen oder Energiesparlampen.

Farbwiedergabe: Die Farbwiedergabe (R_a-Index) guter LED-Lampen erreicht problemlos den geforderten Mindeststandard von R_a 80.

Fassung: LED-Lampen im Retrofitbereich haben die gleichen Sockel für alle gängigen Standardfassungen (u.a. E27/14, GU10, GU5.3), die im Privatbereich vorkommen.

Ökobilanz: LED-Lampen haben in Betrieb (Effizienz, Lebensdauer) und Entsorgung (kein Sondermüll sondern Elektroschrott) gegenüber konventionellen Lampen die beste Ökobilanz. Bitte beachten: LED-Lampen gehören in die Sammelstelle und auf keinen Fall in den Abfall.

Weiterführende Links

Informationsbroschüre:
Die 15 wichtigsten Fragen rund um die Lampe: Dokument neu als Download bei ewz: https://www.stadt-zuerich.ch/content/dam/stzh/ewz/Deutsch/Ueber%20ewz/Publikationen%20und%20Broschueren/Broschuere_LichtPunkte.pdf

Info-Plattform: www.topten.ch und www.toplicht.ch

Kompatibilitätslisten für Dimmer:
www.osram.de/dim; Link: http://www.philips.ch/e/led-beleuchtung/led-beleuchtung.html

WÄRMEBRÜCKEN BEI DER GEBÄUDEMODERNISIERUNG

Ein neuer Ratgeber unterstützt Fachleute dabei, bei Fassadendämmungen den Wärmebrücken genügend Beachtung zu schenken und qualitativ gute Lösungen zu planen und auszuführen. Berücksichtigt sind typische Fassadenkonstruktionen von Wohnbauten mit Baujahr vor 1980. Damit sich auch Bauherrschaften zu diesem Thema informieren können, steht ihnen ein eigener Ratgeber zur Verfügung.

Silvia Gemperle, Energieagentur St.Gallen GmbH

Die Wärmedämmung von Aussenwänden ist wichtig, um Heizenergie rationell zu nutzen und das Wohnen komfortabler zu machen. Doch häufig schenken Planer beim Anbringen einer Wärmedämmung den Anschlussdetails zu wenig Beachtung, so dass Wärmebrücken entstehen. Die Folgen können Feuchteschäden und hohe Energieverluste sein.

Wärmebrücken bei Fassadendämmung

Der Ratgeber «Wärmebrücken bei der Gebäudemodernisierung» unterstützt Baufachleute dabei, die Relevanz der Wärmebrücken bei der Fassadendämmung von Wohnbauten richtig einzuschätzen sowie qualitativ gute Lösungen zu planen und auszuführen.

Er enthält einfache Rechenwerte und Ausführungsempfehlungen zu Wärmebrücken, die bei der Dämmung von Aussenwänden entstehen können. Berücksichtigt sind die meistverbreiteten Aussenwandkonstruktionen von Wohnbauten, die vor 1980 gebaut wurden. Dies sind:

- Verbandmauerwerk
- Zweischalenmauerwerk
- Mauerwerk mit Innendämmung
- Bruchsteinmauerwerk
- Strickwand
- Holzständerwand
- Riegelwand

Die wesentlichen Anschlussdetails

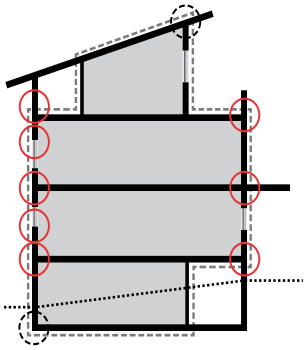
Bei der Wärmedämmung der Fassade sind folgende Details für die Planung und Ausführung entscheidend:

- Anschluss Aussenwand zu Flachdach
- alle Fensteranschläge: Leibung, Bank, Sturz respektive Storenkasten oder Rollladenkasten
- durchlaufende Betonelemente wie Balkonplatten
- Sockeldetail mit beheiztem oder unbeheiztem Untergeschoss

Im Ratgeber sind die □-Wert [W/mK] der linearen Wärmebrücken – Störungen entlang der thermischen Gebäudehülle, die auf eine Länge bezogen werden – aufgeführt.

Anforderungen bei Umbauten

Bei Umbauten definieren die kantonalen Energiegesetze weitgehend keine Anforderungen an Wärmebrücken. Wärmebrücken, deren flankierende Bauelemente erneuert werden, sollen soweit technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar, minimiert werden.



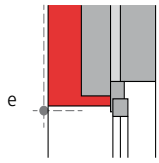
Gebäudeschnitt mit möglichen Wärmebrücken bei der Wärmedämmung der Aussenwand.
--- Thermische Gebäudehülle
○ Anschlussdetail mit weiteren Angaben
○ Anschlussteil bei üblicher Bauausführung vernachlässigbar

Für die im Ratgeber aufgeführten Werte gilt:

0.15	grün + fett: zur Ausführung empfohlen (hier grau)
E	zur Ausführung empfohlen: (□-Wert ≤ 0.00 W/mK)
0.40	schwarz: kann ausgeführt werden
0.85	*kursiv + rot + fett: zur Ausführung nicht empfohlen*

Beispiel:

Der Ratgeber enthält je Aussenwandkonstruktion Tabellen (siehe Beispiel), in welchen die Details dargestellt, Bauelemente beschrieben und die □-Werte aufgeführt sind.

Basis: *U*-Wert Aussenwand energetisch erneuert: 0.25 W/m²K Die Ψ-Werte können auch für *U*-Werte von 0.20 W/m²K verwendet werden.		Ψ-Wert W/mK
Fensteranschlag 	Dämmung 0 cm	***0.18***
	Dämmung 2 cm	0.12
	Dämmung 4 cm	**0.10**
	Dämmung 6 cm	**0.10**
	Dämmung 8 cm	**0.09**
	Dämmung 1 cm Hochleistungsdämmstoff	0.11

Empfehlung

Der Grundsatz, Bauteile entlang der thermischen Gebäudehülle in keinem Bereich zu schwächen oder zu unterbrechen, kann bei der Dämmung von Fassaden nicht immer eingehalten werden. Für die im Ratgeber aufgeführten Anschlussdetails bedeutet dies:

- Detaillösungen mit grün markierten □-Werten oder grün markiertem «E» anstreben.
- Ist dies aus baulichen Gründen nicht möglich, Detaillösungen mit neutral markierten □-Werten wählen.
- Detaillösungen mit rot markierten □-Werten vermeiden.

Dies ermöglicht Planern und Ausführenden, klar und mit wenig Zeitaufwand, gute Lösungen zu erzielen.

Weitere Informationen

Die beiden Ratgeber können ab Herbst 2014 auf der Webseite www.energieschweiz.ch heruntergeladen werden. ■

NEUERUNGEN IN ZWEI WICHTIGEN BASISNORMEN

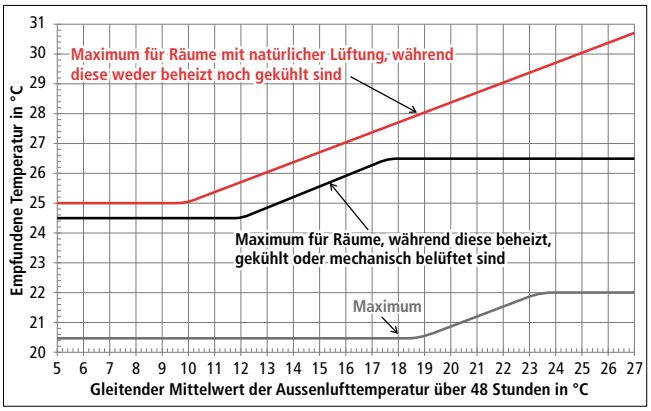
REVIDIERTE NORMEN SIA 180 UND 382/1

Die Normen SIA 180 «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden» und 382/1 «Lüftungs- und Klimaanlagen – allgemeine Grundlagen und Anforderungen» wurden revidiert. Gewichtige Änderungen gab es in den Bereichen der thermischen Behaglichkeit und des sommerlichen Wärmeschutzes, die in diesem Beitrag exemplarisch hervorgehoben werden. Es gibt aber eine Vielzahl von weiteren Änderungen, die zum einen auf der Koordination mit nationalen und internationalen Normen beruhen und zum anderen Präzisierungen und Erweiterungen der alten Normen darstellen.
Prof. Heinrich Huber, FHNW, Institut Energie am Bau, Muttenz

Die Norm SIA 180 gehört zu den zentralen schweizerischen Baunormen. Neben den bauphysikalischen Anforderungen behandelt sie den Raumkomfort. Eine bemerkenswerte Neuerung ist die Ausdehnung des Geltungsbereichs von Neubauten auf massgebliche Umbauten sowie Umnutzungen.
Die Norm SIA 382/1 ist die schweizerische Basisnorm für Lüftungs- und Klimaanlagen für von Personen belegten Gebäuden.
Die thermische Behaglichkeit, der sommerlicher Wärmeschutz und die Raumluftqualität haben in beiden Normen einen hohen Stellenwert. Bei der Revision fand ein Abgleich dieser Themen statt.

Thermische Behaglichkeit

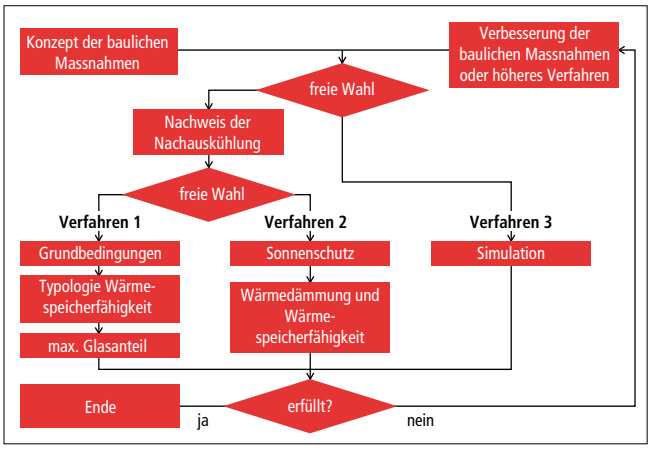
Das Thema wurde in der Norm SIA 180 wesentlich erweitert und dabei eine ausführliche Beschreibung der Berechnung nach ISO 7730 (sog. Fanger-Theorie) übernommen. Die Koordination mit dieser internationalen Norm führt dazu, dass die empfundene Raumtemperatur für natürlich und mechanisch belüftete Räume unterschiedlich beurteilt wird. Weiter bezieht sich die maximal zulässige Raumtemperatur nicht mehr auf die maximale Tages-Aussentemperatur, sondern auf den gleitenden Mittelwert der letzten 48 Stunden. Figur 1 zeigt den zulässigen Bereich der empfundenen Temperatur. Bei gut wärmegedämmten Gebäuden entspricht die empfundene Temperatur etwa der Raumlufttemperatur.



Figur 1: Zulässiger Bereich der empfundenen Temperatur gemäss Normen SIA 180:2014 und SIA 382/1:2014

Wärmeschutz im Sommer

Der Nachweis des sommerlichen Wärmschutzes ist inhaltlich die grösste Änderung der Norm SIA 180. Die Norm fordert, dass bauliche Massnahmen getroffen werden, damit bis zu einer internen Wärmelast von 120 Wh/m² pro Tag keine aktive Kühlung erforderlich ist. Analog zum Minergie-Nachweis werden drei alternative Verfahren angeboten. Figur 2 zeigt das Flussdiagramm des Nachweises.



Figur 2: Flussdiagramm für den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes.

Beim Verfahren 1 wird geprüft, ob der Glasanteil (bezogen auf die Fassadenfläche) einen zulässigen Wert nicht überschreitet. Parameter dieser Beurteilung sind die Wärmespeicherfähigkeit, die Anzahl Fassaden mit Fenster (z.B. Eckraum), feste Verschattungen und die Bedienung des Sonnenschutzes (automatisch oder manuell). Verfahren 1 darf nur angewendet werden, wenn gewisse Grundbedingungen wie z.B. Nachauskühlung und windfester Sonnenschutz eingehalten sind. Dieses Verfahren kann von Hand bearbeitet werden und erfordert bei kleineren und mittleren Gebäuden einen Arbeitsaufwand von etwa ein bis zwei Stunden.

Verfahren 2 enthält als Kernanforderung eine minimale Wärmespeicherfähigkeit (auf Nettogeschossfläche bezogen) von 45 Wh/(m² K). Gegenüber der bisherigen Norm SIA 382/1 bedeutet dies eine Verschärfung von 50%. Die Berechnung erfordert einfache elektronische Tools. Weiter wird der Gesamtenergiedurchlassgrad der Fenster (g-Wert) bei gesenktem Sonnenschutz beurteilt. Diese Anforderung wurde aus der bisherigen Norm SIA 382/1 übernommen. Der Arbeitsaufwand für einen Nachweis mit diesem Verfahren dürfte typischerweise bei einem halben Tag liegen.

Beim Verfahren 3 wird mit einer Simulation geprüft, ob der Grenzwert für nicht klimatisierte Räume (oberste Linie in Figur 1) überschritten wird. Der Arbeitsaufwand dazu liegt typischerweise bei einigen Tagen.

Der Nachweis für die Notwendigkeit einer Kühlung ist in der Norm SIA 382/1 geregelt. Dabei wird berechnet, wie viele Stunden die Raumtemperatur über der Grenzwertkurve für klimatisierte Räume (mittlere Linie in Figur 1) liegt. Bei neuen Nicht-Wohnbauten ist ab 100 h eine Kühlung erforderlich. Dies entspricht der alten Norm SIA 382/1. Neu ist aber, dass für bestehende Bauten und Wohnbauten eine Überschreitung von 400 h zulässig ist.

Schlussbemerkungen

Die Normen SIA 180 und 382/1 wurden im Rahmen der Revision aktualisiert und sehr gut aufeinander abgestimmt. Die neue Norm SIA 180 ist nicht nur ein Grundlagendokument für Bauphysiker, sondern auch für Architekten und Gebäudetechnikfachleute. Die Norm SIA 382/1 beleibt weiterhin Pflichtlektüre für Lüftungs- und Klima-Fachleute.
In diesem Artikel wurden lediglich exemplarisch Änderungen aus zwei Bereichen aufgezeigt. Fachleuten wird dringend empfohlen, sich detailliert in die neuen Normen einzuarbeiten.
Die kantonalen Energievorschriften basieren bei den Vorgaben für die Kühlung und den sommerlichen Wärmeschutz explizit auf der Norm SIA 382/1:2007. Solange die einschlägigen Dokumente (Vollzugshilfen, Formulare) nicht angepasst sind, gilt bei Energienachweisen weiterhin die alte Version der Norm SIA 382/1. ■

Weitere ausgewählte Neuerungen der Norm SIA 180

Thermische Behaglichkeit:
Anpassungen bei Einzelkriterien wie Zugluftrisiko und Fussbodentemperatur.

Raumluftqualität/Lüftung/Luftdichtheit:
Es wird ein Lüftungskonzept gefordert. Bei ausschliesslich manueller Lüftung ist auf mögliche Probleme hinzuweisen.
Ein Lüftungsprinzip, das während der Heizperiode eine permanente Öffnung von Fenstern (z.B. Kippfenster) erfordert, ist nicht zulässig.
Die Baumaterialien sind so zu wählen, dass sie auch ohne Luftbefeuchtung keinen Schaden nehmen.
Die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle bezieht sich auf einen Referenzdruck von 50 Pascal. Die Anforderungen wurden verschärft.
Bei Feuerstätten (z.B. Holzöfen) in Neubauten muss die gesamte Verbrennungsluft über eine Leitung direkt der Feuerung zugeführt werden.

Weitere ausgewählte Neuerungen der Norm SIA 382/1

Raumluftqualität:
Geänderte Definition der Raumluft-Klassen (RAL) auf Basis eines CO_2-Pegels der Aussenluft von 400 ppm und CO_2-Emission von 18 l/h pro Person bei Tagesaktivität.
RAL 2 gilt für erhöhte Ansprüche und verlangt einen CO_2-Gehalt von < 1000 ppm resp. einen Aussenluftvolumenstrom pro Person von > 30 m^3/h.
RAL 3 gilt für typische Wohn- und Büroräume und verlangt einen CO_2-Gehalt von 1000 bis 1400 ppm beziehungsweise während den Tagesstunden einen Aussenluftvolumenstrom pro Person von 18 bis 30 m^3/h.
Elektrische Leistungsaufnahme von Ventilatoren:
Neu sind Anforderungen an Kompaktgeräte (z.B. für Komfortlüftungen) aufgeführt. Bei einem Luftvolumenstrom von 100 m^3/h darf ein Gerät nicht mehr als 35 W elektrische Leistung aufnehmen.
Filter:
Vereinfachung bei den Anforderungen. Generell wird in der Aussenluft ein Feinstaubfilter der Klasse F7 gefordert.
Kälteerzeugung:
Die Definitionen und Anforderungen wurden an die EN 14511 und die Energieklassen von Eurovent angepasst.

ANALYSE ZUR ERNEUERUNGSQUOTE BEI WOHNBAUTEN UND BÜROGEBÄUDEN

Die Studie der TEP Energy GmbH, die das Erneuerungsverhalten der Eigentümer von Wohnbauten und Bürogebäuden analysiert, liegt vor.
Sie zeigt unter anderem auf, dass zwischen 2001 und 2010 die energetischen **Erneuerungsraten** der Fenster bei Einfamilienhäusern (EFH) 2 % und bei Mehrfamilienhäusern (MFH) 3 % betrugen. Dabei hatten die Eigentümer die Fenster auf ein den Vorschriften entsprechendes Niveau gebracht. Zusätzlich wurden mit einer Rate von 1 % (EFH) und 0.5 % (MFH) die Fenster **instandgesetzt,** das bedeutet: wieder dem ursprünglichen Neubaustandard entsprechend hergestellt. Auffällig ist, dass die Instandhaltungsrate bei Fassaden mehr als doppelt so hoch war, wie die energetische Erneuerungsrate.
Ferner belegt die Studie, dass die Bauperiode und die Gebäudeattribute (z.B freistehende Häuser und Flachdachhäuser) die wichtigsten Einflussfaktoren für energetische Erneuerungen und Instandsetzungen sind. Die Motivationen für solche Massnahmen können vielfältig sein. Für viele Eigentümer gehören aber die **Werterhaltung** und die **Behebung von Bauschäden** zu den Gründen.
Um die energetische Erneuerungsrate zu erhöhen, empfiehlt die Studie, die Wirtschaftlichkeit der Massnahmen zu verbessern. Ausserdem sollten Bauherren besser über die energetischen Erneuerungen und deren (Zusatz)-Nutzen informiert werden.

Weitere Informationen:
www.energie.zh.ch→EnergiePraxis&Kurse→Referatsfolien Seminare→Frühling 2014
Download des Berichts:
www.bfe.admin.ch→Publikationen→Datenbank allgemeine Publikationen→«Energetische Erneuerungsraten im Gebäudebereich»

NEWS AUS DEN OSTSCHWEIZER KANTONEN UND AUS DEM FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

APPENZELL INNERRHODEN

Energieberatung als neues Angebot

Seit Mitte Jahr können Privatpersonen, Gewerbetreibende, Firmen und Gemeinden im Kanton Appenzell Innerrhoden von kostenloser Energieberatung profitieren. Für die neue Dienstleistung arbeitet der Kanton mit Appenzell Ausserrhoden im Verein Energie AI/AR zusammen. Die Geschäftsstelle des Vereins in Waldstatt bildet – nun für beide Halbkantone – die zentrale Anlaufstelle für Fragen zu Energieeffizienz, Mobilität, erneuerbare Energien, Minergiebauten, Heizungssystemen oder Sanierung von Gebäudehüllen. Die kantonalen Förderprogramme betreut der Kanton Innerrhoden weiterhin selbstständig.

APPENZELL AUSSERRHODEN

Bewilligungsfreie Solaranlagen

Seit dem 1. Mai 2014 bedürfen genügend angepasste Solaranlagen auf Dächern in Bau- und Landwirtschaftszonen lediglich noch einer Meldung an die zuständige Behörde. Das Vorhaben darf ausgeführt werden, wenn die Gemeindebaubehörde der Bauherrschaft nicht innert 20 Tagen seit Eingang der Meldung schriftlich mitteilt, dass die Anlage den Gestaltungsvorschriften nicht genügt oder dass die Anlage baubewilligungspflichtig ist. Solaranlagen gelten als genügend angepasst, wenn sie die Dachfläche im rechten Winkel um höchstens 20 cm überragen, von vorne und von oben betrachtet nicht über die Dachfläche hinausragen, nach dem Stand der Technik reflexionsarm ausgeführt werden und als kompakte Fläche zusammenhängen.

Für die Meldung an die Antragsstelle existiert ein PDF-Meldeformular, das Bauherren mit relativ geringem Aufwand ausfüllen und einreichen können. Das Formular ist am schnellsten in einer Internetsuchmaschine über den Begriff «AR Meldeformular Solar B3» zu finden.

GLARUS

Fördergelder für Ersatzneubauten

In Glarus Süd können seit dem 1. August 2014 Bauherren von Ersatzneubauten im Minergie-Standard Fördergelder aus dem Energiefonds beanspruchen. Der Kanton spricht einen Grundbeitrag von 10 000 Franken sowie einen Flächenbeitrag von 100 Franken pro m^2 Energiebezugsfläche. Der maximale Beitrag pro Objekt ist auf 30 000 Franken begrenzt. Dieser entspricht bei einem Einfamilienhaus ungefähr den Mehrkosten für den Minergiestandard.

GRAUBÜNDEN

Bündner Hotels setzen ein Zeichen

Vor dem Hintergrund des Grossverbraucherartikels und der bis ins Jahr 2020 steigenden CO_2-Abgabe hat der Verband hotelleriesuisse Graubünden 2013 das Projekt «Leuchtturm – Steigerung der Energieeffizienz in der Bündner Hotellerie» gestartet. Das Projekt will möglichst viele Hotels motivieren, sich mittels einer Zielvereinbarung mit der Energie-Agentur der Wirtschaft (EnAW) von der CO_2-Abgabe befreien zu lassen. Das Resultat ist erfreulich. Per 31. Juli 2014 organisieren sich 61 Betriebe (4- und 5-Stern) in zwei EnAW-Gruppen, zusätzlich haben sich 37 Hotels für das KMU-Modell entschieden. Diese Leuchtturm-Hotels weisen einen Energieverbrauch von 12,5 Mio. Liter Heizöl pro Jahr auf und generieren rund 60 % der Hotelübernachtungen im Kanton Graubünden. Damit macht das Projekt Energiesparen zum Thema in der ganzen Branche.

Tiefe Geothermie

Auf Basis der Potenzialstudie 2011 zur «Stromproduktion aus erneuerbaren Energien ohne Grosswasserkraft» lässt der Kanton das Potenzial der hydrothermalen Tiefengeothermie im Churer Rheintal zwischen Bonaduz, Chur und Maienfeld sowie im Vorderprättigau abschätzen und prüft die Machbarkeit von geothermischen Strom- und/oder Wärmekraftwerken. Parallel dazu beabsichtigt der Kanton St.Gallen eine vergleichbare Abklärung im Raum Sargans bis Walenstadt. Die beiden Kantone erachten die Zusammenarbeit als sinnvoll und haben die Erstellung einer gemeinsamen Potenzialabklärung vereinbart. Erste Ergebnisse werden im Sommer 2015 erwartet.

Potenzialabschätzung Solarstrom Graubünden

Die Studie zum Solarstrom in Graubünden beziffert das kantonale Potenzial, das sich aus der Bestückung sämtlicher Dachflächen mit Photovoltaikmodulen ergibt. Nicht in die Abschätzung eingeflossen sind Bauten in den Kernzonen und solche ausserhalb der Bauzonen.

Das geschätzte Potenzial liegt im Terrawattstunden-Bereich pro Jahr und ist damit fünfmal grösser als das vom Kanton bis zum Jahre 2035 angestrebte Energieziel.

Die Strahlungswerte der Studie basieren auf weiterentwickelten Satellitendaten. Sie stehen im kantonalen Web-GIS als Planungshilfe für neue Anlagen zur Verfügung.

ST. GALLEN

Teilbereich Strom erfolgreich gestartet

Der Kanton St.Gallen hat sich im Energiekonzept unter anderem das Ziel gesetzt, dass der Stromverbrauch bis 2020 nur um 8 % zunehmen soll. Da sich ein Viertel des heutigen Bedarfs durch Effizienz einsparen lässt, gehört die Stromeffizienz in Unternehmen zu den Schwerpunkten des Konzepts. So sollen Energieversorger ihre Endkunden bei der Verminderung des Energieverbrauchs unterstützen. Des-

halb hat der Kanton mit Vertretern der Energieversorger und Gemeinden ein Massnahmenpaket zusammengestellt, das Beratung, Information sowie Förderung kombiniert und Bedürfnisse der Unternehmen berücksichtigt.
Ausserdem strebt das Energiekonzept die vermehrte Produktion von erneuerbarem möglichst lokal erzeugtem Strom an, damit die Wertschöpfung in der Region erfolgt.
Weitere Infos: www.energieagentur-sg.ch → Stromeffizienz

Runder Tisch Energie und Bauen
Die Energieagentur vernetzt in ihrer Rolle als Informationsdrehscheibe Akteure und Interessierte im Energiebereich. Dazu moderiert sie auch Fachgruppen, die Vorschläge und Lösungen für die Umsetzung zukunftsweisender Energieziele erarbeiten. Das Kernteam der Fachgruppe «Runder Tisch Energie und Bauen» hat nun Arbeitsgruppen gebildet, die sich Projekten zu folgenden Themen widmen:

- SIA-Effizienzpfad – Leitfaden für Architekten
- 2000-Watt-Areale, vom Haus zum Quartier
- Solarthermie bei Mehrfamilienhäusern
- Ästhetisch überzeugende Solaranlagen
- Energieveranstaltungen für Hauseigentümer.

Weitere Informationen: www.energieagentur-sg.ch

SCHAFFHAUSEN

Ausstieg aus der Kernenergie in Beratung
In seiner jüngsten Baugesetzesrevision schlägt der Schaffhauser Regierungsrat das erste Massnahmenpaket der kantonalen Energiestrategie zur Umsetzung vor. Ausserdem umfasst die Revision die Umsetzung von Teilen der Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich, MuKEn, 2014. Noch konnte sich der Kantonsrat in der Eintretensdebatte nicht finden. Anlass zu engagierten Diskussionen bietet insbesondere die Förderabgabe auf Strom, die der Regierungsrat empfiehlt, um mit den Geldern das kantonale Förderprogramm wieder aufzubauen.

Studie zum Biogaspotenzial
Die Studie zum Biogaspotenzial im Kanton Schaffhausen zeigt unter anderem, dass sich sieben Regionen für den Bau von Biogaslanlagen sehr gut eignen würden. Mit Schwerpunkt in diesen Regionen will der Kanton bis 2020 20 % und bis 2035 35 % des Gesamtpotenzials an Hofdünger energietechnisch durch Vergärung verwerten und damit pro Jahr rund 6 GWh Strom und 4 GWh Wärme aus heimischen Ressourcen erzeugen. Als erste Massnahmen für die Zielerreichung sieht er vor, die Beratung für Landwirte zu erweitern und Investitionshilfe für landwirtschaftliche Biogasanlagen zu bieten. Der Finanzierung sollen Mittel aus der geplanten Förderabgabe auf Strom dienen, sofern die Stimmbürger im November die entsprechende Vorlage gutheissen.

THURGAU

Neue Förderung dank ProKilowatt
Auf Anfang 2015 kann der Kanton Thurgau dank erfolgreicher wettbewerblicher Ausschreibungen neue Förderprogramme lancieren. Er spricht finanzielle Beiträge für den Ersatz alter Gewerbe-Kühl- und -Gefriergeräte, Beleuchtungsanlagen sowie Umwälzpumpen durch die stromeffizientesten Modelle.
Die Fördergelder stammen mehrheitlich vom Bundesprogramm ProKilowatt. Dieses unterstützt Programme und Projekte in der Schweiz, die zu einem sparsameren Stromverbrauch beitragen und führt dazu jährlich die «Wettbewerblichen Ausschreibungen» durch. Der Zuschlag erfolgt über ein Auktionsverfahren und berücksichtigt die Projekte und Programme, die das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen. Die Abteilung Energie hat für die Eingabe von zwei Programmen den Zuschlag erhalten – als einziger Kanton in der Schweiz.

Erste Umsetzungen des Biomassekonzepts
Der Kanton Thurgau hat die Förderung von Solaranlagen in Folge der neuen Einmalvergütung des Bundes auf Mitte Jahr eingestellt. Einen Teil dieser Mittel nutzt er nun, um erste Massnahmen aus dem Biomassekonzept umzusetzen. Mit dem Ziel, das Potenzial biogener Abfälle auszuschöpfen, spricht er Förderbeiträge für Hofdüngeranlagen auf Landwirtschaftsbetrieben. Ausserdem verstärkt er die Förderung im Holzbereich und bietet einerseits finanzielle Unterstützung für den Neubau und die Erweiterung von Wärmenetzen. Andererseits fördert er in einer Pilotphase Wärmekaftkopplungsanlagen zur Stromproduktion aus Holz.

ZÜRICH

Förderung Ersatz von Beleuchtungen, Elektroboilern und Umwälzpumpen
Im Rahmen der Wettbewerblichen Ausschreibung hat die Effienergie mit dem Kanton Zürich als Kommunikationspartner den Zuschlag für zwei Programme erhalten. Das Programm «effiWatt Beleuchtung» unterstützt den Beleuchtungsersatz in Nichtwohnbauten bis zu einer Fläche von 2000 m^2, während «effiWatt Heizung Warmwasser» den Ersatz von Heizungsumwälzpumpe und von Elektroboiler durch Wärmepumpenboiler fördert.
Beide Programme starten ab dem 1. Oktober 2014. Die Förderbedingungen sind zu finden unter www.energie.zh.ch

Kantonale Zertifizierungsstelle für Minergie-A und -P
Neu prüft die Minergie-Zertifizierungsstelle des Kantons Zürich ab 1. Januar 2015 sämtliche Minergie-A- und Minergie-P-Anträge. Wie bisher müssen die Anträge auf der Minergie-Online-Plattform eröffnet werden.
Die Unterlagen sind in Papierform (1 Exemplar) zu schicken an: Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abteilung Energie, Stampfenbachstrasse 12, Postfach, 8090 Zürich.

FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN

Zertifizierung Minergiegebäude:
Im Fürstentum Liechtenstein werden bereits 12 Gebäude nach dem Minergie-A Standard erstellt. Die Zertifizierung von Minergie-A und Minergie-P Bauten erfolgt seit dem Frühjahr 2014 in Zusammenarbeit mit der Energieagentur St. Gallen.
Die Zertifizierung von Bauten im Minergie-Standard wickelt weiterhin die Energiefachstelle Liechtenstein ab.

VERANSTALTUNGEN IN DER OSTSCHWEIZ UND IM FÜRSTENTUM LIECHTENSTEIN HERBST 2014

AR/GL/SG/ZH

EnergiePraxis-Seminar 2/2014

Themen:

Effiziente Sanierung. Mehr Komfort im Minergie-Haus durch Luftverteilung in Kaskaden. Wann ist ein Nullenergiehaus ein Nullenergiehaus? Revidierte Normen SIA 180

Zürich	12.11.14	16.30–18.30
Ziegelbrücke	17.11.14	16.15–18.15
Winterthur	24.11.14	17.00–19.00
St. Gallen	01.12.14	16.15–18.15

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

GR/SG

Thermische Energie im Hochbau Norm SIA 380/1 – Einzelbauteilnachweis

Landquart	04.11.14	08.30–12.00

Thermische Energie im Hochbau Norm SIA 380/1 – Systemnachweis

Landquart	04.11.14	13.30–17.00

Detaillierte Angaben unter: www.energieagentur-sg.ch und www.energie.gr.ch

SG/AI/AR

Strom vom Dach – Kurs für Gemeinden

St. Gallen	31.10.14	09.00–17.00

Thermische Energie im Hochbau Norm SIA 380/1 – Einzelbauteilnachweis

St. Gallen	12.11.14	08.15–11.45

Thermische Energie im Hochbau Norm SIA 380/1 – Systemnachweis

St. Gallen	12.11.14	13.30–17.00

WPesti – Wärmepumpen korrekt ausgelegt

St. Gallen	19.11.14	13.30–17.30

Wärmebrücken – bei Neubau und Gebäudesanierung

St. Gallen	04.02.15	13.30–17.30

Detaillierte Angaben unter: www.energieagentur-sg.ch

SH/TG

Vollzugskurs für Gemeinden und Bauverwaltungen

Schaffhausen	22.10.14	14.00–17.00
Weinfelden	23.10.14	14.00–17.00
Diessenhofen	06.11.14	14.00–17.00

Preisverleihung «Thurgauer Energiepreis 2014»

Frauenfeld	20.11.14	17.30–19.00

Sprechstunde Energie: Gebäudemodernisieren

Schaffhausen	17.11.14	19.30–21.00

Brauchwarmwasser effizient bereitgestellt und verteilt

Frauenfeld	26.11.14	13.00–17.00
Schaffhausen	27.11.14	13.00–17.00

Weitere Informationenen: www.energie-agenda.ch

ZH

Elektrische Energie Norm SIA 380/4

Zürich	23.10.14	08.30–12.00

Sommerlicher Wärmeschutz

Zürich	23.10.14	13.15–16.45

Thermische Energie im Hochbau Norm SIA 380/1 – Einzelbauteilnachweis

Zürich	24.10.14	08.15–10.00

Thermische Energie im Hochbau Norm SIA 380/1 – Systemnachweis

Zürich	24.10.14	10.15–12.30

Wärmebrücken

Zürich	24.10.14	14.00–16.30

WPesti

Zürich	15.01.15	13.30–17.30

Weitere Infos: www.energie.zh.ch

LEHRGÄNGE

Semesterkurs «Energieeffizientes Bauen»

In Zürich wird wiederum der Semesterkurs «Energieeffizientes Bauen» angeboten, der sich an Bau- und Haustechnikfachleute richtet. Er vermittelt während 19 Unterrichtsabenden 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: Frühling 2015

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

Infos: www.forumenergie.ch

Lehrgang Energiemanager

Der Lehrgang «Energiemanager» an der Energieakademie Toggenburg richtet sich an Energieverantwortliche in Verwaltungen und Unternehmen. Er verfolgt das Ziel, die Teilnehmenden zu Generalisten in Energiefragen auszubilden.

Nächster Lehrgangsbeginn: Anfang 2015

Dauer: 11 Tage im Zeitraum von neun Monaten, jeweils am Freitag 08.35 – 16.15 Uhr

Weitere Infos: www.energieakademie.ch

MINERGIE-WEITERBILDUNGSANGEBOTE

Minergie Grundlagen in sechs Modulen

St. Gallen	28.11./05.12./12.12.14	08.30–16.30

Minergie Eco – Konzeption – Antrag

Zürich	22.10.14	08.30–17.00

Weitere Kurse: www.minergie.ch → Weiterbildung & Events

WEITERE KURSE, MESSEN UND TAGUNGEN

Passivhaustage Schweiz

Datum: 07.–09.11.14; **Ort:** Bauarena, Volketswil

Infos und Anmeldung: www.igpassivhaus.ch

BauHolzEnergie-Messe

Datum: 13.–16.11.14; **Ort:** BERNEXPO AG, Bern

Infos und Anmeldung: www.bauholzenergie.ch

Nationaler Kongress der erneuerbaren Energien und der Energieffizienz 2014

Datum: 11.11.14; **Zeit:** 08.15–18.00; **Ort:** Messe, Luzern

Infos und Anmeldung: www.aeesuisse-kongress.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
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
Foto Seite 1 und Foto unten
Stadt Zürich, Amt für Hochbauten

Abbildung Seite 3
Dipl. Ing. Elektr. TU Björn Schrader, Dozent Hochschule Luzern – Technik & Architektur

Abbildungen Seite 4
Silvia Gemperle, Energieagentur St.Gallen GmbH

Figur 1 und 2, Seite 5
Prof. Heinrich Huber, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz