

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 112 (1994)
Heft: 41

Artikel: Wärmeabfluss ins Erdreich
Autor: Wick, Bruno
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78527>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 14.01.2026

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

Solar Swatch

Der Direktor des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Eduard Kiener, verglich das Solkit-Modul an der Präsentation mit der Swatch. Vergleiche sind bekanntlich gefährlich, trotzdem: die beiden Produkte haben vieles gemeinsam. Die Technik und die Betriebsweise, aber auch das Marketing sind neuartig und vermitteln dem Markt wertvolle Impulse. Ob Solkit die grossen Erwartungen auch im langjährigen Betrieb einlösen kann, wird sich zeigen.

gegeben. Zur Quantifizierung dieses Energieinhaltes wird die Temperatur der unterschiedlich warmen Schichten im oberen Teil des Speichers gemessen. Die Steuerung aufgrund eines einzigen Temperaturwertes, wie dies üblicherweise der Fall ist, zeigt einen mehr oder weniger repräsentativen Temperaturwert statt des relevanten Wärmeinhaltes: Die energetischen Vorteile der starken Schichtung sind dann wenig genutzt. Denn ein Teil des Mehrertrages des solaren Kleinsystems Solkit geht auf dieses Steuerregime zurück.

20 Anlagen in Betrieb

Solkit ist im wesentlichen die Schweizer Variante eines ursprünglich kanadischen Systems. Die konstruktive und regeltechnische Anpassung der Kleinanlage wurde durch das Pilot- und Demonstrationsprogramm des Bundesamtes für Energiewirtschaft gefördert. Be-

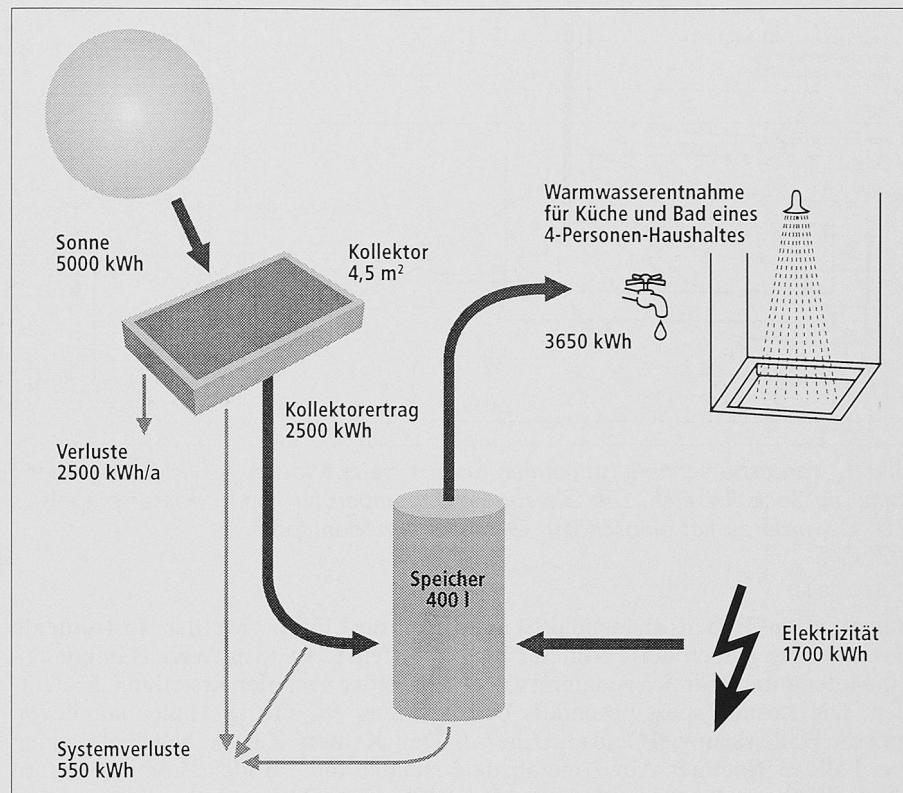


Bild 3. 60% von der Sonne, 40% vom Elektrizitätswerk: Jahresenergiebilanz des Solkit

reits 20 Anlagen sind im Betrieb, allerdings Prototypen. Die Anlagebetreiber werden sich also mit allfälligen Schwachstellen herumschlagen müssen. Solkit soll aber – so die Vorstellung der Rapperswiler Ingenieure – in grossen Serien hergestellt werden. Nur so kann der angepeilte Preis von 8000 bis

10 000 Franken und damit eine grosse Verbreitung des Solkit erreicht werden.

Entwicklung: Solarenergie Prüf- und Forschungsstelle, *Ulrich Frei*, ITR Rapperswil, 8640 Rapperswil; Adresse des Verfassers: *Othmar Humm*, Ing. HTL, Fachjournalist Technik+Energie, Gubelstrasse 59, 8050 Zürich.

Wärmeabfluss ins Erdreich

Der Wärmeabfluss ins Erdreich aus nicht unterkellerten, beheizten Räumen wurde bisher in verschiedenen europäischen Ländern sehr unterschiedlich berechnet. Rechnerisch ergeben sich zu hohe Verluste insbesondere bei Anwendung der schweizerischen Methode (SIA 380.1), aber auch der im Entwurf vorliegenden neuen CEN-Norm. Diese ergeben sich v.a. aus dem Mangel, das Grundwasser mit seinen spezifischen Merkmalen ungenügend zu berücksichtigen. Ein Messprogramm an einem konkreten Bau bestärkt die nachfolgend dargelegten Erkenntnisse.

Im Werk Nänikon der Mettler Instrumente AG konnte ein Messprojekt über den Wärmeabfluss ins Erdreich durch

VON BRUNO WICK, WIDEN

geführt werden. Die Resultate dieses Messprojektes erlauben einen kritischen Vergleich mit den Berechnungs-

arten der Normen. Diese haben den Nachteil, dass dem Grundwasser mit seinen unterschiedlichen Eigenschaften wie Wasserstand, Temperatur und Schwankungsbereich sowie Fließgeschwindigkeit viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt wird. Generell wurde bisher der Wärmeabfluss ins Erdreich erheblich überschätzt. Die

neue CEN-Norm ist zudem viel zu kompliziert und wird nur von Rechnertypen angewendet werden, Ingenieure und Baupraktiker würden sie kaum benutzen.

Auch grosse, beheizte Industriehallen müssen gemäss geltenden Bauvorschriften gegen das Erdreich gedämmten werden. Tatsächlich entsteht unter grossen Hallen ein Wärmepolster, welches praktisch keine Wärme mehr verliert. Die Wärmedämmung einer meterdicken Bodenschicht ist nämlich – sobald sich ein Temperaturgleichgewicht eingestellt hat – so gut wie eine übliche Wärmedämmung.

Mit dem Messprojekt wurde der Wärmeabfluss einer Industriehalle detailliert untersucht. Bereits ab einer Raumtiefe von 4 m lohnt sich eine Wärme-

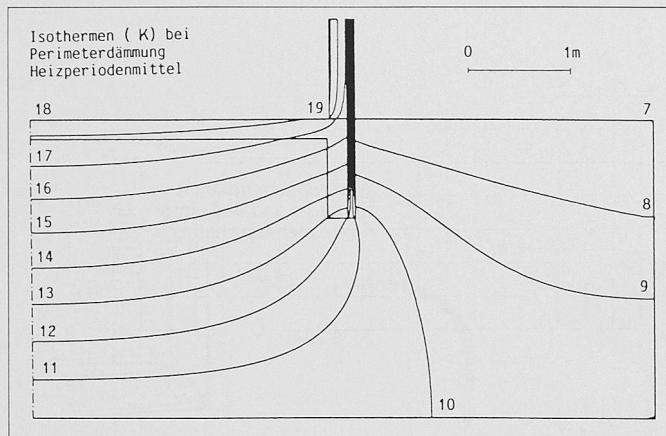


Bild 1. Vorausberechnete Isothermen für das Heizperiodenmittel im Sockelbereich. Die Gleichgewichtstemperatur von 10°C wurde zu tief eingeschätzt. Gemessen wurden später 12°C

dämmung des Bodens nicht mehr. Stattdessen sollte jedoch der Perimeter bis ein Meter unter Erdreich gedämmt werden. Die Lösung spart besonders bei grossen Hallen sehr viel Geld und Energie. Falls im Sommer Abwärme abzuführen ist, bietet die nichtgedämmte Lösung einen weiteren Vorteil.

Ausgangslage

In einer grossen Industriehalle wurde der Boden über dem Erdreich nach kantonal zürcherischen Vorschriften mit 10 cm Schaumglas gegen den Wärmeabfluss gedämmt. Die grosse, armierte Betonplatte von 2000 m² «schüsselte» trotz sorgfältiger Nachbehandlung. Im Holzzementboden entstanden sehr viele markante Risse. Die Schadenanalyse des Experten enthielt im wesentlichen folgende Aussagen:

- Die gesetzlich vorgeschriebene Wärmedämmung (Kosten Fr. 250 000.-) war eine nutzlose Fehlinvestition.
- Das Schüsseln der Betonplatte und die daraus resultierenden Risse haben ihre Ursache in der Wärmedämmung.
- Der Beitrag der Wärmedämmung ist unter Aufrechnung der grauen Energie über die ganze Lebensdauer gerechnet negativ, das heisst, der Gesamtenergieverbrauch der gesetzeskonformen Lösung ist grösser als bei einer Lösung ohne Wärmedämmung.
- Der Komfort für den Benutzer einer Halle mit Wärmedämmung ist gesamthaft sogar geringer als bei einem Boden ohne Dämmung.

Für die Bauherrschaft waren diese Aussagen ebenso überraschend wie für den Generalunternehmer. Viel Geld für nichts und sogar eine Verschlechterung der Nutzungseigenschaften!

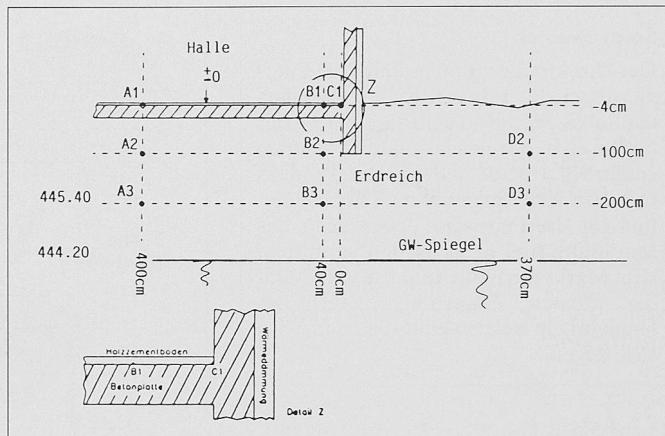


Bild 2. Lage der Fühler für das Messprojekt und des Grundwasserspiegels

Bei der Firma Mettler Instrumente Greifensee stand im Werk Nänikon unmittelbar nach der Erstellung des Gutachtens ein dritter Hallenbau bevor. Der Kanton Zürich bewilligte einen Neubau ohne Bodendämmung, sofern mit einem Messprojekt die oben gemachten Aussagen kontrolliert würden. Das Messprojekt konnte dank der Unterstützung des Bundesamtes für Energiewirtschaft (BEW) in Bern, des Amtes für technische Anlagen (ATAL) in Zürich sowie der Grosszügigkeit der Firma Mettler Greifensee durchgeführt werden. Herr Prof. Jürg Nänny an der HTL Windisch rechnete Optimierungen im Randbereich. Herr Thomas Baumgartner, Ing. HTL, Dübendorf, unterstützte das projektleitende Ingenieurbüro Wick. Es stellte die Koordination der Messungen und der Auswertung sicher. Gemessen wurde über 2x365 Tage in Stundenschritten von 1989 bis 1991. Der Messbericht «Wärmeabfluss ins Erdreich» kann bei der EMPA-KWH, 8600 Dübendorf, sowie beim Autor bezogen werden.

Bild 1 zeigt die vorausberechneten Isothermen für das Heizperiodenmittel im Sockelbereich. Die Gleichgewichtstemperatur von 10°C wurde zu tief eingeschätzt. Gemessen wurden später 12°C.

Wärmeabfluss nach Berechnungsmethode SIA

Die Berechnung des Wärmeabflusses ins Erdreich ist in der SIA-Empfehlung 380/1 Energie im Hochbau geregelt. Sie basiert auf folgenden Annahmen und Auflagen:

- Vorgeschriebener k-Wert zwischen beheiztem Innenraum und Erdreich von mindestens 0,4 W/m² K.
- Als Erdreichtemperatur während der Heizperiode an der Grenzschicht Erdreich/Bauwerk ist 8°C einzusetzen,

was bei 20°C Raumtemperatur eine massgebende Temperaturdifferenz von 12 K über die ganze Heizperiode ergibt. Der rechnerische Wert dieses Wärmeabflusses mit Dämmung ist etwa dreimal grösser als der tatsächliche Verlust ohne Wärmedämmung, wenn die Randbedingungen stimmen. Die Berechnung nach SIA-Empfehlung 380/1 muss deshalb dringend geändert werden.

Einflussparameter auf den Wärmeabfluss

Einen entscheidenden Einfluss auf den Wärmeabfluss hat der Abstand des Grundwasserspiegels von der Bodenkonstruktion, die Fließgeschwindigkeit des Grundwassers und seine Temperaturschwankungen. Gefährlich sind vor allem durch Schmelz- und Oberflächenwasser erheblich beeinflusstes Grundwasser (Temperatur) sowie rasch fließende Grundwasserströme (Wärmeabfuhr). Fällt das Grundwasser weg, ist der λ -Wert, das heisst die Wärmeleitfähigkeit des Erdreichs, von erheblicher Bedeutung. Einen sehr hohen λ -Wert haben kristalline Gesteine und in erheblich geringerem Masse lehmige, feuchte Sande. Einen günstigen λ -Wert haben trockene, feinkörnige Böden und sandige Moränen sowie trockene Kiese.

Wichtig ist auch die Ausbildung des Randbereiches des Bauwerkes. Ohne Perimeterdämmung von mindestens 1,0 m Tiefe unter die Erdoberfläche (Bild 2) darf auf die Fussbodenwärmung nicht verzichtet werden. Die Berechnungen von Prof. Nänny zeigten aber auch, dass grössere Bautiefen der Perimeterdämmung im Mittelland nur noch eine unerhebliche Verbesserung bringen. In höheren Lagen mit grösserer Frosttiefe sind jedoch tiefere Perimeterdämmungen notwendig, in der Regel bis zur grössen Frosttiefe.

Die *Erdreichtemperatur* im unbeeinflussten Bereich (in 3,0 bis 5,0 m Tiefe) unter dem Gebäude dagegen kann in allen Regionen mit etwa 12°C angenommen werden. Abweichungen von 2 Kelvin haben auf den Wärmeabfluss nur einen unbedeutenden Einfluss.

Für den *Komfort des Benutzers* ist die Wärmeableitung des obersten Zentimeters des Fussbodens massgebend, weil unter den Füßen eine Temperaturdifferenz von 16 Kelvin herrscht (36°C Körpertemperatur zu 20°C Bodenoberflächentemperatur). Eine Fussbodenheizung bringt nur an wenigen Heizstunden im Jahr eine geringe Reduktion dieser Temperaturdifferenz, bei grossen Industriehallen und auch Turnhallen sind es weniger als 500 der 2500 Nutzungsstunden. Bei Fussbodenheizungen sind zudem meistens sehr gute Wärmedämmungen notwendig, was zu teuren Konstruktionen führt.

Anordnung des Messprojektes und Ergebnisse der Messungen

Die neue Halle der Firma Mettler hat einen Grundriss von 45 x 40 m. Sie ist einseitig angebaut und war bereits im Bau, als der Verzicht auf die Bodendämmung bewilligt wurde. Gewählt wurde ein Messquerschnitt im Randbereich der Halle gegen die Aussenhülle (Bild 2).

Anordnung der Messsonden

Nach den Vorausberechnungen nach ISO 2 an der HTL in Windisch wurden 4 Messquerschnitte gewählt:

- Messquerschnitt A im ungestörten Bereich im Innern der Halle, 4,0 m von der Aussenwand entfernt.
- Messquerschnitt B im Schwankungsbereich 40 cm vor der Aussenwand.
- Messpunkt C im kritischen Schnittpunkt Boden/Wand, d.h. im kältesten Punkt der Bodenoberfläche (Heizkörper während 2 Jahren lokal ausgeschaltet).
- Messquerschnitt D ausserhalb der Halle in einer Distanz von 3,70 m von der Halle im unbeeinflussten Bereich.

Gemessen wurde je unter dem Holzzelementboden von 4 cm Stärke sowie in den Tiefen -1,0 m und -2,0 m. Die Raumlufttemperatur wurde mit einem ventilierten Temperaturfühler gemessen. Bild 2 zeigt die Lage der Fühler für das Messprojekt und den Grundwasserspiegel.

Die Raumlufttemperaturen

Als Raumlufttemperatur wurde während der Heizphase (100 Arbeitsta-

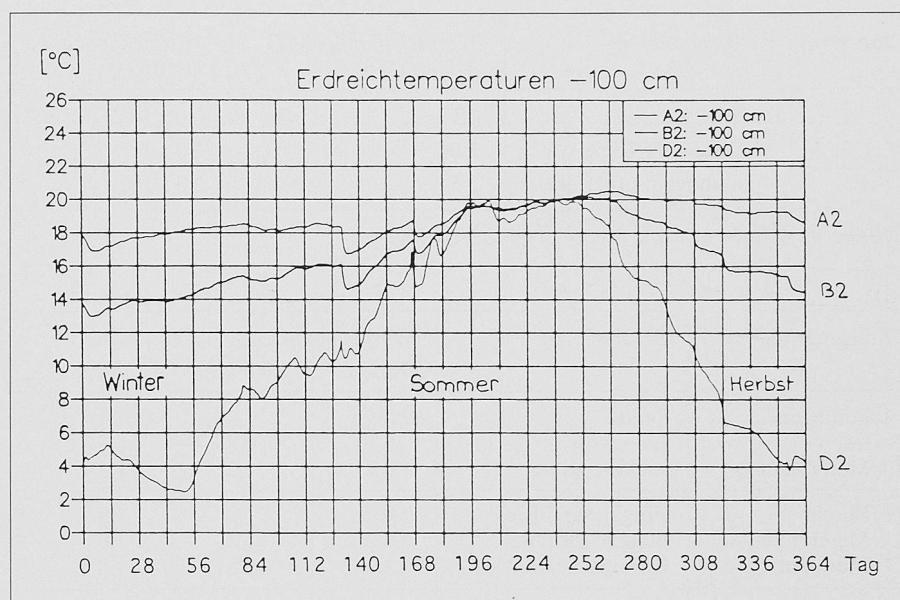


Bild 3. Erdreichtemperaturen auf -1,0 m in den drei Messquerschnitten A, B und D (Messperiode 1991)

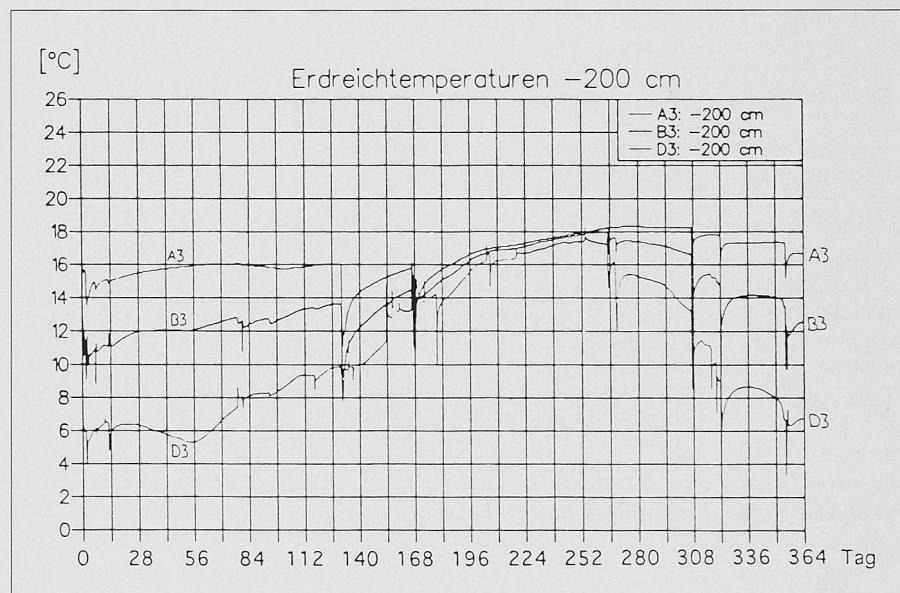


Bild 4. Erdreichtemperaturen auf -2,0 m in den drei Messquerschnitten A, B und D (Messperiode 1991)

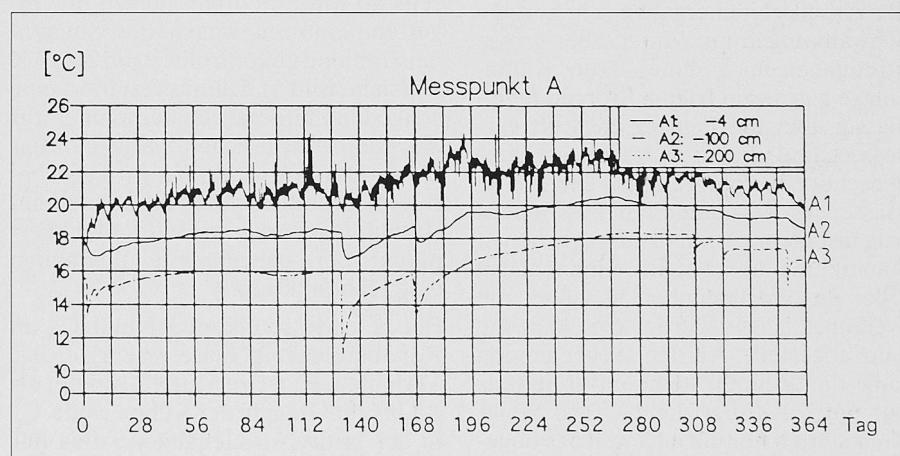


Bild 5. Vergleich der drei Messwerte in Punkt A (Messperiode 1991)

Kategorie	Beschreibung	Wärmeleitfähigkeit λ λ -Wert (W/mK)	Wärmekapazität c (J/m ³ K)
1	Ton oder Silt	1.5	3.0×10^6
2	Sand oder Kies	2.0	2.0×10^6
3	homogenes Gestein	3.5	2.0×10^6

Tabelle 1. Werte nach Entwurf EN-Norm 1190

Kategorie	Beschreibung	Wärmeleitfähigkeit λ -Wert (W/mK)		
		trocken	erdfeucht	nass
1 homogene, lose Materialien	Sande Lehm/Silt saubere Kiese	0.5 0.7 0.7	1.2 0.9 1.2	1.4 – 1.4
2 Misch-Materialien, Moränen	siltiger Sand/Kies bindige Moräne lehmiger Sand/Kies	0.9 1.2 1.3	1.2 1.4 1.5	1.5 1.8 1.8
3 verfestigte Materialien Fels	Beton Sandstein Kalk/Sedimente kristalline Gesteine	1.8 2.0 2.2 3.5	Wasseraufnahme sehr gering, kein Einfluss messbar	

Tabelle 2. Vorgeschlagene λ -Werte im Erdreich

Raumtemperatur Heizperiode h/a	Nutzungsart gut gedämmte Konstruktion	Wärmeabfluss- Stunden aus Heizenergie h/a	Wärmeabfluss in KWh pro Jahr	
			λ Erdreich (W/mK)	$\lambda = 1.0$
RT ~20° C 5400 h/a	Wohnen Arbeiten Schule	2400 1400 700	6 3.5 1.7	11.5 6.7 3.4
RT ~16° C 4000 h/a	Kirche, RT konstant Turnhalle Werkstätte	3000 2500 2000	3.7 3.1 2.5	7.1 6.0 4.8
RT ~12° C	Kirche, RT abgesenkt (16 auf 12° C) Lagerraum	1000 –	1.2 –	2.3 –

Tabelle 3. Heizwärmeabfluss pro m² Fussboden im Jahr

ge zuzüglich einzelne Aufheizstunden) 20° bis 21° C angestrebt, während der Kühlphase im Sommer (120 Kalendertage) 23° C. Die Messungen der ventilierteren Raumlufttemperatur während der Arbeitszeiten ergaben sehr geringe Schwankungen im Winter, aber grosse Streuungen im Sommer. Trotz Klimaanlage wurde am frühen Morgen regelmäßig über die Fenster die Luft verbessert, und oft wurde der äussere Sonnenschutz zu spät betätigt. Die grosse Masse des ungedämmten Fussbodens trug fast mehr zu einem ausgeglichenen Raumklima bei als die Klimaanlage. Über die Wochenenden und über die Weihnachtstage wurde die Heizung ganz abgestellt. An den Wochenenden sank die Raumlufttemperatur jeweils nur um 1 K, über die 14 Tage Weihnachtsferien nur um 4 K, weil das ungedämmte Erdreich einen bedeutenden Wärmespeicher ergibt.

Oberflächentemperaturen (-4 cm) unter dem Holzzementboden

Im ungestörten *Messquerschnitt A1* beträgt die Wochenschwankung 0,8 K, bereits ab Mitte Februar steigen die Tagestemperaturen wegen der Sonneninstrahlung unkontrolliert um 2 bis 3 K an (siehe Bild 5). Daraus resultiert eine steigende mittlere Sondentemperatur A1. Sie erreicht schon Mitte Februar 21 °C. Der Wärmeabfluss wird also bereits mehrheitlich durch die Sonneneinstrahlung gedeckt. Ab Mitte Mai übernimmt der ungedämmte Fussboden eine Kühlfunktion.

Bei den Messpunkten B1 und C1 im Randbereich zeigt sich etwa ein gleiches Verhalten. B1 ist im Mittel 2 K tiefer als A1 bis zum Beginn der Kühlperiode. C1 in der kritischen Gebäudeecke ist nur bis Ende Februar etwa 0,8 K tiefer als B1. Im März und April sind B1 und C1

immer etwa gleich warm um 19° C. Mit Beginn der Kühlperiode steigen die Temperaturen bei B1 und C1 auf die hohen Werte von A1 (22° C). Auch sie helfen mit bei der Kühlung der Halle. Die Ganglinien sind im Messbericht farbig dargestellt.

Erdreichtemperaturen -1,0 m und -2,0 m (Bilder 3 und 4)

Die Temperatur A2 (-1,0 m) ist äusserst konstant um 18° C während der Heizperiode (Bild 3). Auch die Temperatur A3 (-2,0 m) ist mit 16° C überraschend hoch (Bild 4). Aus diesen konstanten Temperaturen kann nun der Wärmeverlust im Zentrumsbereich gerechnet werden.

Bild 3 zeigt die Erdreichtemperaturen auf -1,0 m in den drei Messquerschnitten A, B und D (Messperiode 1991). Bild 3 zeigt aber auch, dass im Randbereich (B2) mit einem grösseren Wärmeverlust zu rechnen ist. Dieser lineare k-Wert des Randbereichs kann als Zuschlag zum k-Wert in der Fläche bestimmt werden (SIA D 078 Wärmebrückenkatalog). Bild 4 zeigt die Erdreichtemperaturen auf -2,0 m in den 3 Messquerschnitten A, B und D (Messperiode 1991).

Die Differenz von 2 K zwischen den Werten A und B bleibt gewahrt. Der Einfluss des Randes ist aber deutlicher sichtbar.

Überraschender war der Einfluss von Niederschlägen und Schwankungen des Grundwasserspiegels. Obwohl der gemessene Grundwasserspiegel nie bis in den Bereich der Messsonden aufgestiegen ist, kann nicht bestritten werden, dass intensive Niederschläge die Sondentemperaturen kurzfristig erheblich beeinflusst haben. Der «Grundwassersee» ist hier wenig mächtig (1 bis 2 m). Bei Niederschlägen steigt er leicht an. Aber die kapilare Steigfähigkeit des Wassers verändert sehr kurzfristig den λ -Wert des Untergrundes. Nach dem Regen am 132. Tag (12. Mai) braucht A3 fast 40 Tage zum Austrocknen. Allerdings musste zu dieser Zeit bereits klimatisiert werden. Die Schneeschmelze mit starkem Niederschlag am 355. Tag (21. Dez.) führte nicht zu einem nachhaltigen Absinken der Sondentemperatur. Das rasche Wiederansteigen der Temperatur blieb aus, weil zu diesem Zeitpunkt wegen der Weihnachtsferien die Heizung bereits ausgeschaltet war.

Bild 5 zeigt den Vergleich der drei Messwerte in Punkt A (Messperiode 1991). Der obere Messwert A1 schwingt im Wochenrhythmus mit der Hallentemperatur und zeigt auch klar den sommerlichen Anstieg (Kühlperiode) und den stark verzögerten Temperaturrückgang im Herbst. Auf -1,0 m (Messpunkt

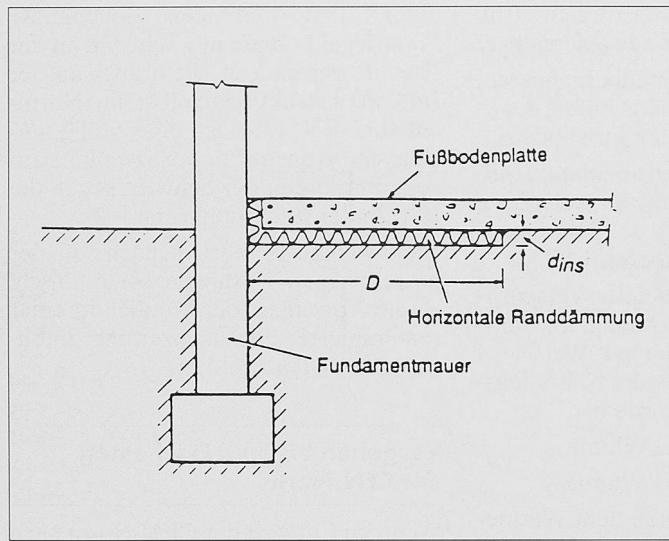


Bild 6. Fehlkonstruktion: Schematische Darstellung der horizontalen Randdämmung im CEN-Normentwurf. Diese Lösung ist unzulässig und kann zu schweren Bauschäden führen

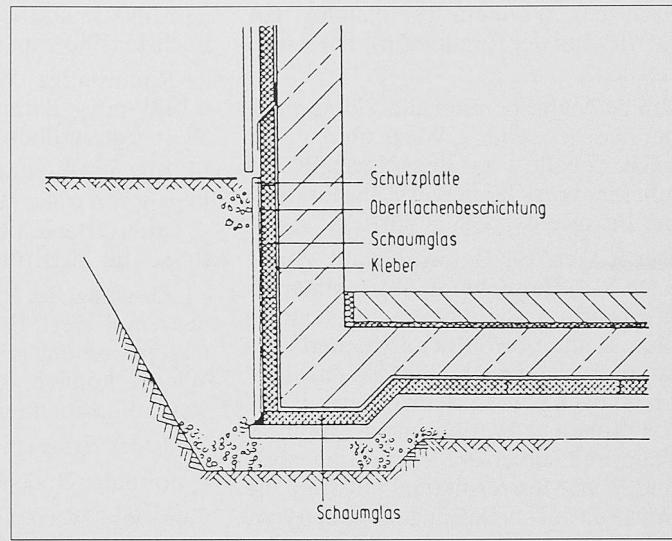


Bild 7. Fehlkonstruktion: Falscher Vorschlag in einer Fachzeitschrift. Diese Lösung zeigt eine Reihe von Fehlern, die zu Bauschäden führen werden. Bei geringer Tiefe der Einfüllung entstehen hier Frosthebungen, bei Fundationen unter die Frosttiefe ist die horizontale Dämmung nutzlos. Die angedeutete Kieseinfüllung dagegen ist als kritisch zu beurteilen. Hier wird die Fassadenscheibe die bekannten vertikalen Risse infolge Frosthebungen erleiden. Wegen der guten Dämmung gefriert das Erdreich auch unter dem Gebäude. Wenn zwischen den Schwindrissen, die normalerweise in Abständen von 7,0 m auftreten, sich noch zwei bis drei Zwischenrisse bilden, muss die hier aufgezeigte Fehlkonstruktion vermutet werden

A2) ist der Temperaturverlauf stark geglättet. Weder der grosse Regen am 132. Tag, noch die Schneeschmelze am 355. Tag beeinflussen die Temperaturganglinie nachhaltig. Ganz im Gegensatz dazu spielt auf -2,0 m (Messpunkt A3) das Grundwasser bereits eine erhebliche Rolle. Die Erwärmung nach dem Temperatureinbruch erfolgt in der ersten Phase, sichtbar durch die steil ansteigende Kurve, mindestens so stark von unten wie von oben. Es wurde also nicht der ganze Grundwassersee abgekühlt.

Aus Bild 5 kann man auch klar herauslesen, dass die nach SIA-Empfehlung 380/1 vorgeschriebene Wärmedämmung ständig von 20° C warmem Boden und Beton umgeben wäre. Sie könnte nur bis zur ersten Sommererwärmung überhaupt einen Nutzen bringen.

Berechnungsvorschläge der CEN-Norm EN 1190

In die Berechnungsformel nach CEN-Entwurf gehen im wesentlichen folgende Größen ein

- Innentemperatur und Dauer der Heizperiode
- Ausbildung der Bodenplatte
- Geologie und Feuchtigkeit des Untergrundes (Erdbodenkategorie)

- Verhältnis P zu A, d.h. äussere Abwicklung P zur Grundfläche A des Gebäudes
- Die Wärmeübergänge innen und aussen.

Vorgeschlagen wird die Berechnung in Monatsbilanzen, um der sinusförmigen Schwankung der Aussentemperatur gerecht zu werden. Es wird auch eine periodische Eindringtiefe gerechnet. Dabei kommt man zu folgenden Werten:

Ton und Silt	2,2 m
Sand und Kies	3,2 m
Fels homogen	4,2 m

Die Probleme des Grundwassers sind kaum erkannt und sehr nebensächlich behandelt. In dieser Hinsicht muss die Norm noch wesentlich überarbeitet werden.

Der Normentwurf trägt wenig zum Verständnis der Vorgänge bei und hilft dem Entwerfenden ebenso wenig wie dem Physiker. Alles lässt sich sehr genau rechnen, aber die entscheidenden Grundlagen wie Eigenschaften des Bodens, Randausbildung und mitwirkende Schicht für die Berechnung des wirk samen k-Wertes bleiben sehr unbestimmt Größen, obwohl sie sehr massgebend für den effektiven Wärmeabfluss sind.

Dieser Normentwurf mag gut sein für Spezialisten, die regelmäßig mit solchen Problemen konfrontiert sind. Für den gelegentlichen Benutzer der Norm, oder den Konstrukteur, der nur selten mit diesem Problem zu tun hat, ist die über 50 Seiten umfassende Norm zu schwere Kost und unverständlich.

Vorschläge zur vereinfachten Berechnung

Auch wenn diese CEN-Norm einmal erscheinen sollte, wird sie kaum als Grundlage und Rechenregel für den Alltag dienen. Für den gelegentlichen Gebrauch und die hinreichend genaue Berechnung des Wärmeabflusses ins Erdreich ist ein einfaches Instrument zu schaffen, das möglichst viele Teile der Norm übernimmt, dabei aber übersichtlich bleibt.

Die wesentlichste Vereinfachung entsteht, wenn man davon ausgeht, dass nach SIA-Norm 180 *Wärmeschutz im Hochbau* gar keine Wärmebrücken erlaubt sind. Dies führt zwingend zu einer Perimeterdämmung am äusseren Gebäuderand auf Fundamenttiefe, respektive mindestens Frosttiefe (1,0 m im Mittelland). Damit entfallen alle Probleme mit dem Formfaktor. Mit der Bestimmung des linearen k-Wertes

nach dem Wärmebrückenkatalog SIA D 078 kann der Randeinfluss berechnet werden.

Einige Mühe bereitet die Übernahme der massgebenden λ -Werte für das Erdreich. Tabelle 1 aus dem Normentwurf gibt sehr vorsichtige Werte an, die kaum der Praxis entsprechen dürften.

Der λ -Wert für Beton von 1,8 W/mK nach SIA-Empfehlung 381/1 Materialkennwerte passt überhaupt nicht in diese Reihe, obwohl er nach neuerer Erkenntnis sogar noch tiefer ist. Auch die Messungen bei Mettler würden mit diesen hohen λ -Werten nicht stimmen. Aufgrund diverser Literaturangaben und von Messresultaten müssten die Werte nach Tabelle 2 angenommen werden. Diese entsprechen auch besser der SIA-Empfehlung 381/1. Diese λ -Werte sind aber wesentlich tiefer als in der EN-Norm 1190.

Eine weitere wichtige Frage ist die mitwirkende Schichtstärke für die Dämmung. Bei den Messungen bei Mettler wurde festgestellt, dass die Erdreichtemperatur von 12°C (Gleichgewichtstemperatur) erst in 5,5 m Tiefe erreicht wird.

Vorgeschlagen wird «nur» eine mittlere mitwirkende Tiefe von 3,0 m. Dieser Wert könnte später bei Vorliegen von weiteren Messresultaten, insbesondere auch aus den Messungen über Erdreichtemperaturen bei Luft-Erdregistern noch vergrössert werden. Jede Vergrösserung ergibt bessere k -Werte.

Der Wärmeabfluss ins Erdreich erfolgt nur während eines Teils der Heizstunden. Während der Nachabsenkung und sobald die freie Wärme grösser ist als der Wärmeabfluss über Dach und Fassade, besteht kein Heizwärmeverbedarf. Die Heizgradtage sind also sehr reduziert. In Tabelle 3 sind für typische Nutzungen die Heizstunden abgeschätzt und der Heizwärmeverbedarf gerechnet. In absoluten Werten ist der Wärmeabfluss sehr klein.

Diese Werte für den gerechneten Heizwärmeverbedarf sind sehr tief. Der effektive Wärmeabfluss inkl. Anteile aus freier Wärme ist höchstens doppelt so gross. Übertemperaturen im Raum erwärmen nach Messungen das Erdreich ab Anfang März über die SOLL-Temperatur des Raumes. Die Abkühlung des Wärmekessens auf Raumtemperatur ist erst Ende Jahr erreicht, weil viel freie Wärme eingelagert ist.

Zusammenfassung des Vorschlags

Für die vorläufige Berechnung des Wärmeabflusses ins Erdreich unter dem Gebäude wird folgendes vorgeschlagen:

Werte Erdreich nach Tabelle 2, für die Betonplatte λ -Wert 1,8 W/m K

- Mitwirkende Schicht Erdreich 3,0 m, höchstens bis zum Grundwasserspiegel
- Raumseitige Wärmeübergangszahl 0,14 W/mK, – daraus Berechnung des k -Wertes des erdberührten Fussbodens.
- Anzahl Heizstunden annehmen (abhängig von freier Wärme im Gebäude), – daraus Berechnung des Wärmeabflusses für die Erdtemperatur 12°C.
- Zuschlag für Randeinfluss nach linearem k -Wert. Bei vorhandener Perimeterdämmung mit einem k -Wert < 0,4 W/m²K können folgende Näherungswerte angenommen werden:

- ideales Erdreich 15 kWh/ma
- normaler Boden 30 kWh/ma

Genauere Werte können dem Wärmebrücken-Katalog 2 (SIA D 078) für Neubauten entnommen werden.

Es gibt Sonderfälle, die nicht nach dieser vereinfachten Methode gerechnet werden können:

- Kühlhäuser sind Spezialfälle
- Gebäude mit Bodenheizung brauchen meistens eine Dämmung
- Objekte mit unterkellerten Räumen: Lüftung des Kellers beachten – Konstruktionen mit aufgestelztem, unterlüftetem Boden.

Diese Fälle sind im CEN-Norm-Entwurf 1190/Sept. 93 eingehend behandelt. Sie stellen schwierigere Sonderprobleme dar, die von Spezialisten zu behandeln sind.

Fehlinvestitionen und einige typische Schadenfälle

Zu viele horizontale Wärmedämmungen wurden schon eingebaut, die praktisch keine Wirkung zeigen. Schon ein Jahr nach Inbetriebnahme des Gebäudes wird die Temperatur beidseits der Dämmung 20°C betragen. Die Dämmung dann hat keine Wirkung mehr.

Zu oft wurde die Wirkung des Grundwassers unterschätzt. Die Baugrube ist meistens erheblich grösser als das darin entstehende Gebäude. Im Winter dringen kalte Oberflächenwässer, insbesondere Schmelzwasser über Sickerpackungen unter das Gebäude und kühlen das Erdreich erheblich aus. Es entstehen im Keller, in Turnhallen, in Fabrikationsräumen usw. vereinzelt nasse Flächen. Es handelt sich nicht um Undichtigkeiten, sondern um Kondensat. Lagergut wird durchnässt, in Turnhallen passieren Unfälle. Hier muss die Bauplanung und Bauausführung sorgfältiger werden.

Mit zunehmend besserer Bodendämmung wird das Erdreich im Randbereich des Gebäudes im Winter stark unterkühlt. Es kommt zu Frostbildungen

unter dem Gebäude. Sogenannte Frostriegel können nur Schäden an der Fassade verhindern, nicht aber an der Bodenkonstruktion. Selbst im Normentwurf EN 1190 ist eine völlig unzulässige Konstruktion skizzenhaft angedeutet, die in der Schweiz gegen die Regeln der Baukunde verstößt.

Nicht weniger gefährlich, nach den hier besprochenen Lösungen sogar falsch, ist ein Vorschlag, der kürzlich in einer renommierten Baufachzeitung publiziert wurde (vgl. Bild 7).

Vorgehen bis zum Erscheinen der CEN-Norm

Wenn im Entwurf der CEN-Norm nach der Vernehmlassung nur die offensichtlichen Fehler behoben werden und die Norm in ihrer derzeitigen, völlig benutzerunfreundlichen Form erscheint, bleibt dem SIA nichts anderes übrig, als für den Alltag der Baupraxis eine benutzerfreundliche Empfehlung mit vereinfachten Rechenregeln im Sinne dieses Vorschages zu unterbreiten.

Die EN-Norm wird dann zur grundlegenden europäischen Einheitsrechenregel, die nur wenige Spezialisten anwenden werden. Bei noch weniger Bauschaffenden wird mit dieser Norm das «Gespür» für die Probleme und deren Grössenordnungen entwickelt werden. Es zeigt sich einmal mehr, dass die Schweiz in den EN-Normkommisionen direkt vertreten sein sollte. Einen Normentwurf im nachhinein als untauglich verwerfen, ist fast unanständig, wenn man vorher das Recht zum Einsatz in die Normenkommission nicht wahrgenommen hat. Das übertragene Sprichwort «Peu d'argent, peu de Suisse» kommt uns langfristig wohl teurer als die aktive Mitarbeit in den europäischen Normenkommissionen.

Weil aber die heutigen Rechenregeln in der Empfehlung SIA 380/1 «Wärmeabfluss ins Erdreich» grundlegend falsch sind und laufend zu Fehlinvestitionen und Bauschäden führen, muss eine Verständigung für ein Rechenverfahren, das nicht im Gegensatz zur entstehenden CEN-Norm stehen darf, erarbeitet werden. Wenn eine SIA-Empfehlung Fehler aufweist, sollte sie rasch durch ein Ergänzungsblatt korrigiert werden. Grundlegende Untersuchungen hiezu wurden mit dem hier beschriebenen Messprojekt in einem Neubau der Firma Mettler Messinstrumente AG, Greifensee, gemacht. Dem BEW in Bern, dem ATAL in Zürich und insbesondere der Firma Mettler sei hier nochmals für die Unterstützung des Messprojektes gedankt.

Adresse des Verfassers: Bruno Wick, dipl. Ing. ETH, 8967 Widen.