

Dr.-Ing. Dietrich Schlapmann

*Schnell kann sich eine Garageneinfahrt bei Schnee und Frost zu einer gefährlichen Rutschbahn entwickeln. Aber auch auf Plätzen oder Passagen bis hin zu Hubschrauberlandeplätzen und Sportrasenflächen kann eine Eisbildung zu äußerst negativen und manchmal kostenintensiven Begleiterscheinungen führen. Vermeiden läßt sich dies durch eine vollflächige Beheizung der Böden. Worauf der Praktiker bei der Auslegung und Systemauswahl von Freiflächenheizungen achten sollte, erläutert der folgende Beitrag.*

Auslegung und Auswahl von Freiflächenheizungen

## Garantiert schnee- und eisfrei



Beispiel für ein beheiztes Fußball- und Sportstadion (Bild: Polytherm)

**W**ährend Fußbodenheizungen im Wohnungsbau nach bekannten Rechenverfahren ausgelegt werden können (z. B. nach DIN 4725) gelten für Freiflächenheizungen völlig andere Kriterien der Auslegung. Zum einen ist das Temperaturniveau ein anderes. So sollen die Oberflächentemperaturen der zu beheizenden Fläche zwischen 0 und 3 °C gehalten werden. Des weiteren teilt sich die abgegebene Wärme anders auf und zwar in:

- Konvektion an die umgebende Luft. Dabei ist die konvektive Wärmeabgabe abhängig von der Oberflächentemperatur der Freifläche, der Außentemperatur und der Windgeschwindigkeit.
- Strahlung an die Umgebung. Bei der Berechnung der Strahlung ist die Abstrahlung gegen das Weltall sowie die Verminderung derselben durch die Atmosphäre und die Sonneneinstrahlung mit zu berücksichtigen.
- Einfluß der Schmelzwärme und Erwärmung von Schnee und Eis auf die Schmelz-

temperatur und weiter auf die Oberflächentemperatur der Freifläche. Bei andauerndem Schneefall geht in die Berechnung zusätzlich noch der stündliche Schneefall, z. B. in cm/h mit ein.

- Einfluß der Verdunstungswärme von Pfützen und Feuchtigkeit auf der Freifläche.
- Wärmeabgabe an den Untergrund. Hier geht der Bodenaufbau unterhalb der Rohrebene mit ein.

### Bedarfsgerechte Auslegungsdaten

Die genannten Teilwärmeströme lassen sich nach festen physikalischen Beziehungen, die allerdings recht kompliziert sind, berechnen. Die Rechengänge mit den entsprechenden Konstanten sind ausführlich in [1] beschrieben. Da hierdurch lediglich Momentanwerte für die je nach Lufttempe-

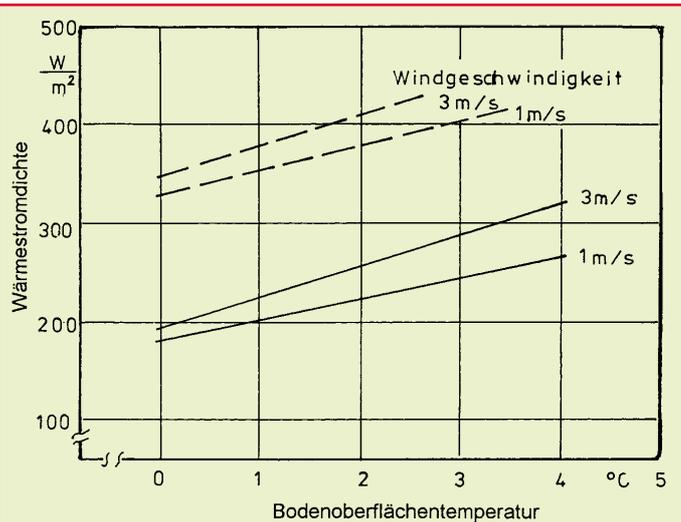
ratur, Bewölkungsgrad, Sonneneinstrahlung, Wärmeleistung, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Niederschlag und nicht zuletzt auch Konstruktion der Freiflächen berechnet werden können, wird auf die Wiedergabe der Gleichungen an dieser Stelle verzichtet.

### Grundlegende Erfahrungswerte

Weitaus nützlicher für eine bedarfsgerechte Auslegung sind durchschnittliche Wetterdaten und grundlegende Erfahrungswerte. Im Durchschnitt kann in einer Heizperiode an etwa 100 Tagen mit Frost gerechnet werden. Das heißt, daß während eines halben Jahres an jedem zweiten bis dritten Tag die Wahrscheinlichkeit der Eisbildung an freien Flächen besteht. Aber auch innerhalb kleinerer Grundstücksflächen können erhebliche Unterschiede bei der Glatteisbildung festgestellt werden. Vom Wetteramt

Bodentiefe	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April
2 cm	11,6	7,6	2,1	-0,6	-2,6	-3,0	+2,0	6,6
10 cm	12,2	8,0	2,7	0,0	-2,0	-2,5	+2,0	6,6
100 cm	13,4	10,4	7,6	4,2	+2,0	+1,5	+1,5	5,9

Bild 1 Erdbodentemperaturen vom Wetteramt Münster ermittelt (aus [2])



**Bild 2** Notwendige Wärmestromdichte der Freilächenheizung zur Schneeschmelze in Abhängigkeit der Schneefallintensität, Windgeschwindigkeit und Bodenoberflächentemperatur nach [1]

Legende:

- 3,0 cm/h Schneefall
- 1,5 cm/h Schneefall

Münster wurden die in Bild 1 aus [2] aufgeführten Erdbodentemperaturen ermittelt. Bei Schneefall kann man sich auf einen Auslegungsfall von höchstens  $-5\text{ °C}$  und  $1\text{ kg/m}^2\text{h}$  Schnee beschränken. Glatteis bildet sich, wenn Luft- und Bodentemperaturen im Bereich von 0 bis etwa  $-6\text{ °C}$  liegen. Die Heizleistung braucht daher nicht auf die tiefste Außentemperatur ausgelegt sein. Glatteis kann sich jedoch selbst dann noch bilden, wenn die oberen Bodenschichten nach längerem Frost deutlich unter  $0\text{ °C}$  liegen, während der Niederschlag bereits als Regen oder Tau fällt, und die Lufttemperaturen schon über den Gefrierpunkt angestiegen sind.

#### Wärmeübergangskoeffizienten

Zur Berechnung von Freilächenheizungen wird vielfach ein Wärmeübergangskoeffizient von  $\alpha = 12\text{ W/(m}^2\text{K)}$  zwischen Bodenoberfläche und Umgebung angesetzt. Unter

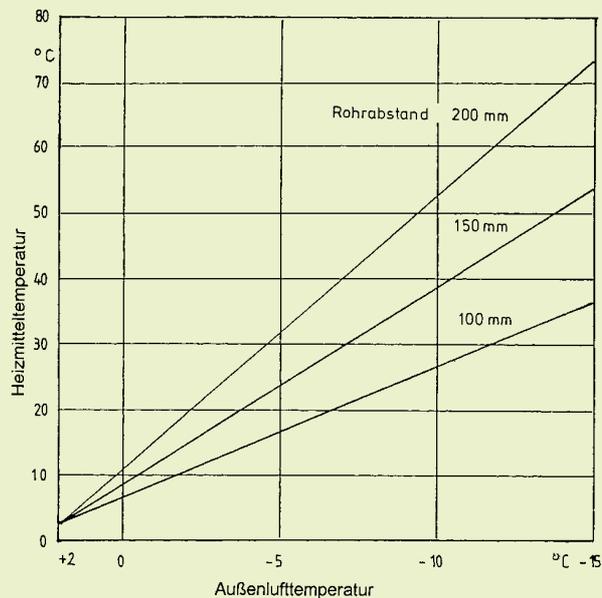
Berücksichtigung von kalten Luftströmungen oder einem oftmals klaren Himmel empfiehlt es sich jedoch, von einem mittleren Wärmeübergangskoeffizienten von  $25\text{ W/(m}^2\text{K)}$  – siehe auch DIN 4701 – auszugehen. Als Grundwassertemperatur sind im Mittel  $10\text{ °C}$  anzusetzen, wobei der Wärmeleitwiderstand nach unten ins Erdreich im Mittel  $10,75\text{ m}^2\text{K/W}$  (nach DIN 4701) beträgt.

#### Praxisgerechte Wärmeleistung

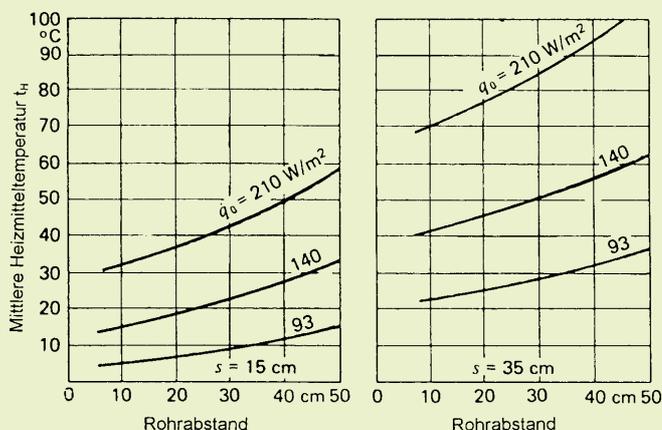
Praxiserfahrungen zeigen, daß für Rampen, Fahr- und Gehwege Auslegeleistungen von  $150$  bis  $300\text{ W/m}^2$ , für Gras- und Sand-sportplätze sowie Tribünenstandplätze  $50$  bis  $150\text{ W/m}^2$  ausreichen. Für Rasensteinparkplätze werden im allgemeinen  $120$  bis  $150\text{ W/m}^2$  je Klimazone benötigt. Um bei Schneefall ein sicheres Schmelzen des Schnees zu bewirken, ist mit den in Bild 2 dargestellten Wärmestromdichten in Ab-

hängigkeit der Intensität des Schneefalls, der Windgeschwindigkeit und der Oberflächen-temperatur des Bodens zu rechnen [1].

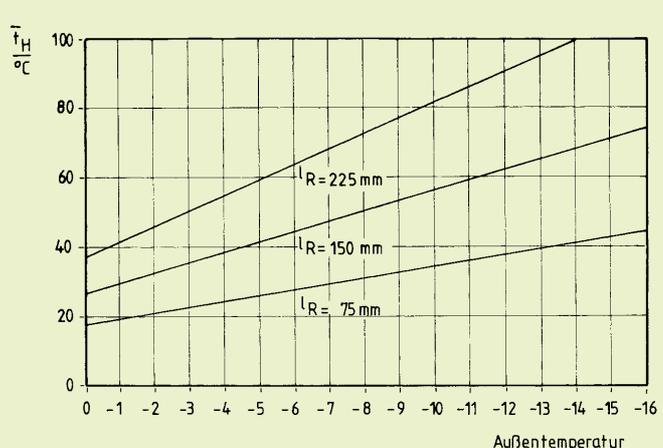
Um eine mittlere Bodenoberflächentemperatur von  $+2\text{ °C}$  aufrechtzuerhalten, damit bei einem plötzlichen Schneeeinbruch auch bei niedrigeren Außentemperaturen eine Glättebildung vermieden wird, sollte eine Freilächenheizung mit den in Bild 3 aufgetragenen mittleren Heizmitteltemperaturen bei etwa  $15\text{ cm}$  Rohrabstand betrieben werden. Den Rohrabstand und die mittlere notwendige Heizmitteltemperatur bei unterschiedlichen Verlegtiefen zeigt Bild 4. Um eine bereits vorhandene Eisschicht abzutauen, sollte die Freilächenheizung bei einer Beton- und Steinüberdeckung von ebenfalls etwa  $15\text{ cm}$  mit den in Bild 5 aufgezeigten Heizmitteltemperaturen betrieben werden. Hierbei beträgt die Auftauzeit ca.  $60$  Minuten. Eine Auftauzeit von  $30$  Minuten ist in Bild 6 dargestellt.



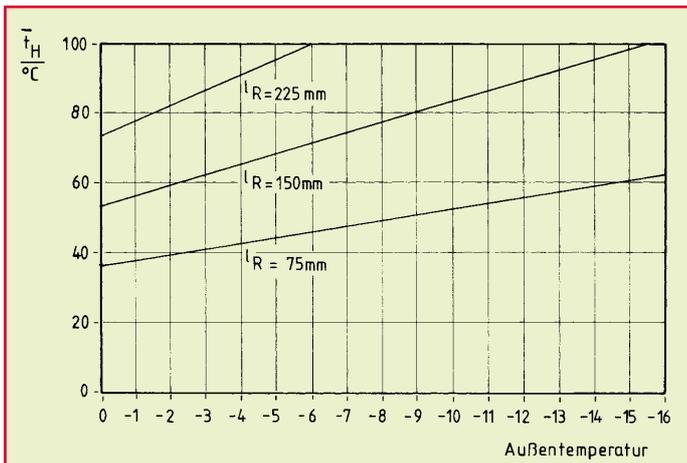
**Bild 3** Heizmitteltemperaturen zur Aufrechterhaltung einer mittleren Bodenoberflächentemperatur von  $+2\text{ °C}$



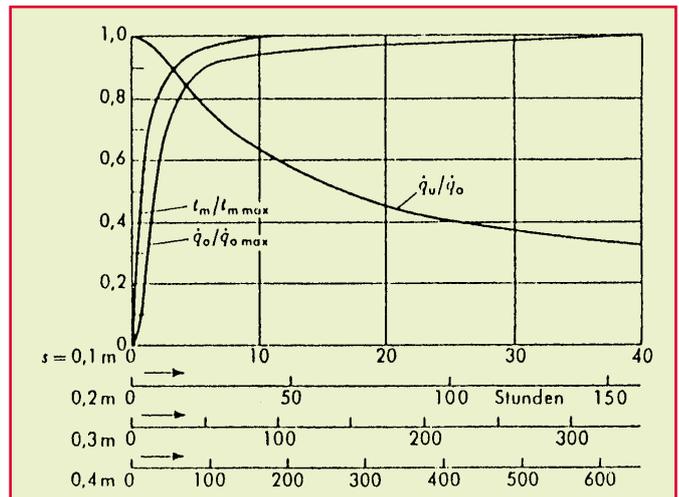
**Bild 4** Rohrabstand und mittlere Heizmitteltemperatur bei verschiedenen Verlegtiefen



**Bild 5** Heizmitteltemperaturen zur Enteisung einer 2 mm dicken Eisschicht innerhalb 60 Minuten



**Bild 6 Heizmitteltemperaturen zur Enteisung einer 2 mm dicken Eisschicht innerhalb von 30 Minuten**



**Bild 7 Zeitlicher Verlauf beim Aufheizen einer Freiflächenheizung**

## Systeme für Freiflächenheizungen

Die Heizrohre der Freiflächenheizungen sind überwiegend direkt in den Beton als sogenannte Naßsysteme verlegt. Bei Rasenheizungen liegen die Rohre im Erdreich unter der Grasnarbe. Die Überdeckung der Heizrohre mit Beton und Pflastersteinen für erstgenannte Systeme sollte – je nach Belastungsanforderungen – 15 bis 20 cm betragen. Das Erdreich bleibt in unseren Breiten ab 80 cm Tiefe im allgemeinen frostfrei. Eine Isolierung der Freiflächenheizung gegen das Erdreich ist somit nicht nötig, es sei denn, daß in bestimmten Fällen der Impulsheizung, also bei Anlagen, die auf besonderen Impuls durch den Außentemperaturfühler in Betrieb gehen, eine sehr schnelle Aufheizung des Bodens notwendig ist. Die Rohre selbst können bifilar (Vor- und Rücklauf parallel oder mäanderförmig) verlegt werden. Da die Freiflächenheizung vor allem als Schutz gegen Glatteis zu konzipieren ist, muß mit möglichst geringer Welligkeit der Temperaturdifferenzen im beheizten Oberflächenbereich gearbeitet werden. Das heißt, die Heizrohre sollten so nah wie möglich beieinander verlegt werden. Naturgemäß muß bei allen Warmwas-

ser-Freiflächenheizungen sicherheitshalber bei der Befüllung Frostschutzmittel beigelegt werden.

Die Anlagen können außentemperatur-, bodentemperatur- und feuchtigkeitsabhängig sowie zeitabhängig mit Nachtabsenkung und eventuell auch mit Nachtspeicherung geregelt werden. Eine elektronische Kombination der genannten Parameter ist möglich. Schalt- oder Regelvorgänge werden hauptsächlich durch automatisch arbeitende Eis- und Schneemelder ausgelöst. Der Fühler erkennt, sobald Schnee fällt oder ob sich hauchdünne Eisschichten auf der freien Fläche bilden.

Bei Beginn des Heizprozesses ist die nach oben abgegebene Wärme  $\dot{q}_o$  annähernd gleich der nach unten abfließenden Wärme  $\dot{q}_u$ . Infolge der allmählichen Aufheizung des Erdreichs wird mit der Zeit immer geringer, um im Beharrungsfall sich einem Grenzwert zu nähern. Bild 7 zeigt das Verhältnis  $\dot{q}_o/\dot{q}_{o\max}$  in Abhängigkeit von der Zeit sowie die Temperaturzunahme in der Heizebene bezogen auf den Beharrungszustand. Je nach Trägheit des Systems kann den gewünschte Impuls auch bereits oberhalb der 0 °C-Grenze ausgelöst und an das Regelgerät gemeldet werden.

Die Beheizung von freien Flächen wie Straßen, Brücken, Sportplätzen, Flugplätzen und Parkplätzen oder abschüssigen Auffahrten wird ausgeführt, um die Oberfläche eis-, schnee- und frostfrei zu halten. Die Beheizung erfolgt heutzutage meist durch eine in Beton oder unter einer Rasenfläche verlegten Warmwasser-Fußbodenheizung. Betrachtet man die enteiste Verkehrsfläche unter Berücksichtigung eines geringeren Unfallrisikos oder unter dem Aspekt entgangener Eintrittsgelder, wenn eine Sportrasenfläche durch Eis- und Schnee nicht mehr bespielbar ist, so können sich die Investitionskosten einer Freiflächenheizung in kürzester Zeit amortisieren. Für die Auslegung einer Freiflächenheizung gelten andere Gesichtspunkte als für eine installierte Fußbodenheizung im Wohnbau. So sind insbesondere veränderte Wärmeübergangswerte und die durchschnittlichen winterlichen Außentemperaturen mit Schneefall und Eisbildung zu beachten.

### Literatur

- [1] Piller, W. u. Pentenrieder, J.: Thermische Schnee- und Eisfreiheit von Flugbetriebsflächen – Fiktion oder Wirklichkeit? Fernwärme international – FWI 20 (1991), Nr. 10, S. 536/548
- [2] Läge, K.: Schnee- und eisfrei Freiflächenheizung als Umsatzchance, Sanitär- und Heizungstechnik (1989), Nr. 5, S. 380/384