

Schlussbericht **April 2002**

Elektrische Heizbänder

Anwendungen, Energieverbrauch und Sparmöglichkeiten

ausgearbeitet durch

Jürg Nipkow
ARENA
Schaffhauserstrasse 34
8006 Zürich

Und der Mitarbeit von
Stephan Lingenhel
e viva
4053 Basel

Die Unterstützung dieses Projekts möchten wir folgenden Stellen herzlich danken:

- Bundesamt für Energie (Begleitung Herr R. Brüniger)
- ewz Elektrizitätswerk der Stadt Zürich, Stromsparfonds (Herr J. Ruosch)
- AUE Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (Herr R. Jegge)
- SSIV Schweiz. Spenglermeister- und Installateur-Verband (Herren J. Tester, R. Bollier)
- VSEI Verband Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen (Herr E. Schwaninger)

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	iii
Résumé	iv
Abstract (deutsch)	iv
Abstract (English)	v
1. Ausgangslage, Vorgehen	1
1.1 Bedeutung	1
1.2 Projektpartner	1
1.3 Projektziele	1
1.4 Vorgehen	2
2. Technik der Heizbänder	2
2.1 Funktionsprinzip	2
2.2 Planung der richtigen Haltetemperatur	3
2.3 Steuerung	5
2.4 Heizband-Ausführungsformen	6
3. Anwendungsarten	7
3.1 Übersicht/Gewichtung	7
3.2 Warmwasser-Begleitheizung	7
Thema Legionellen	7
3.3 Frostschutz...	8
...für Leitungen	8
...für Dachrinnen etc.	9
...für Freiflächen	9
3.4 Industrie	10
3.5 Raumheizung, Kleinanwendungen	10
4. Markt und Akteure	10
4.1 Anbieter, Planer	10
4.2 Installateure	11
4.3 Know-how	12
4.4 Städte Basel und Zürich	12
Ergebnisse Stadt Basel	12
Ergebnisse Stadt Zürich	13

4.5 Warmwasser-Warmhaltung: Heizbänder vs. Zirkulation	13
Beurteilungsgrundlagen	13
Angaben aus Interviews	14
Eigene Erfahrungen zur Ausführung von Installationen	14
5. Einspar-Möglichkeiten und -Potenziale	16
5.1 Grundsätze für die Energieeinsparung	16
I. Heizband-Einsatz vermeiden bzw. Alternativen einsetzen	16
II. System optimieren für minimale Verlustleistung	16
III. Optimale Steuerung einsetzen	16
Beispiel Lebenszyklusbetrachtung Warmwassersystem	17
5.2 Was ist zu tun bei bestehenden Anlagen?	17
5.3 Hochrechnung des Einspar-Potenzials	18
Warmwasser	18
Frostschutz	19
Industrie	19
6. Umsetzungsmöglichkeiten	20
6.1 Massnahmen-Übersicht und Zielpublika	20
6.2 Vorschläge für Umsetzung bzw. Folgeprojekte	21
Fachartikel	21
Merkblatt	22
Vorschriften	22
Normen, Empfehlungen / Regeln der Baukunst	22
Pilotprojekt Objekt-Dokumentation und -Messungen	22
6.3 Umsetzungshinweise Basel und Zürich	23
7. Quellenverzeichnis	24
8. Anhang	25
8.1 Elektroheizung	25
8.2 Detail-Daten Modellrechnungen "klein" und "mittel"	26

Zusammenfassung

Elektrische Heizbänder sind wichtige Stromverbraucher: in der Schweiz wird ein jährlicher Verbrauch von ca. 300 GWh vermutet. Dies ist die Verbrauchs-Größenordnung aller Fernsehgeräte. Die bedeutendsten Anwendungen mit je ca. 1/3 des Verbrauchs sind Rohrbegleitheizungen von Warmwasser-Verteilleitungen, Frostschutz für Leitungen und Dachrinnen sowie industrielle Rohrbegleitheizungen.

Seit ca. 15 Jahren werden vor allem selbstregelnde Heizbänder eingesetzt, deren Kunststoff-Kern einen elektrischen Widerstand mit negativem Temperaturkoeffizienten aufweist. So kann durch die Wahl des Heizband-Typs eine Halte-Temperatur in Abhängigkeit von Wärmedämmung (bei Rohrleitungen) und Umgebungstemperatur erreicht werden. Um jedoch anwendungsgerecht den Energieverbrauch zu minimieren, ist i.d.R. eine zusätzliche Steuerung (zeitlich, temperaturabhängig, evtl. Leistungsregelung) erforderlich. Diese Steuerungen fehlen oft bei bestehenden Anlagen und werden aus Kostengründen auch bei neuen nicht immer eingesetzt, obwohl eine Lebensdauer-Wirtschaftlichkeitsrechnung klar dafür spricht. Weitere Einspar-Potenziale sind durch integrale Systembetrachtung (Frostschutz baulich gewährleisten) mit optimaler Wärmedämmung von Leitungen zu realisieren. Ob Warmwasserverteilsysteme besser mit Heizbändern oder Zirkulationssystemen warmzuhalten sind, konnte auch in diesem Projekt nicht klar beantwortet werden, aber die aktuellen Grundlagen dazu wurden dokumentiert. Für die Summe aller Heizband-Anwendungen kann grob abgeschätzt werden, dass mit Sparmassnahmen – auch an bestehenden Anlagen – der Elektrizitätsverbrauch trotz der Zunahme der Anlagenanzahl etwa konstant gehalten werden könnte.

In den Städten Basel (Amt für Umwelt und Energie Basel Stadt AUE) und Zürich (städtisches Elektrizitätswerk ewz) wurde durch Interviews mit den entsprechenden Fachleuten versucht, Angaben zu Planung und Einsatz von Heizbändern in den städtischen Bauten zu erhalten. Allerdings waren keine quantitativen Fakten erhältlich. In den zuständigen Ämtern werden Heizbänder vorsichtig beurteilt, und es gibt in den Kantonen Basel und Zürich gesetzliche Beschränkungen des Einsatzes von Heizungen im Freien (Frostschutz).

Die Untersuchung von Markt und Akteuren umfasste neben der Analyse von Anbieter-Dokumentationen Interviews mit Planern und Installateuren in Basel, Zürich, Chur und in Davos und St. Moritz (Höhenlage, Frostschutz).

Die technischen und Markt-Untersuchungen zeigten, dass die Umsetzung von Massnahmen zum rationelleren Einsatz der Heizbänder auf verschiedenen Ebenen ansetzen muss:

- Architekten, Sanitär-/ Elektro-/ Haustechnikplaner, planende Installateure sollen durch Fachartikel in Fach- bzw. Verbandszeitschriften für eine Systemoptimierung gewonnen werden. Ziel ist, den Heizband-Einsatz zu vermeiden bzw. den Elektrizitätsverbrauch durch richtige Planung zu minimieren.
- Sanitär- und Elektroinstallateure sollen zusätzlich in der Aus- und Weiterbildung auf die Thematik sensibilisiert werden. Dafür soll ein Merkblatt geschaffen werden.
- Bauherrschaften und Betreiber von Gebäuden/Anlagen (Hauswarte, Verwalter) sollen durch Fachartikel in ihren spezifischen Medien informiert werden.

Die Umsetzung, insbesondere die Publikation von Fachartikeln und die Verbreitung eines Merkblattes, kann sich auf die Mitwirkung der Branchenverbände SSIV (Schweiz. Spenglermeister- und Installateur-Verband) und VSEI (Verband Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen) stützen.

Résumé

Les rubans chauffants sont d'importants consommateurs d'électricité. En Suisse, on estime que la consommation annuelle se monte à près de 300 GWh, ce qui équivaut à celle de l'ensemble des téléviseurs. Les rubans chauffants sont principalement utilisés dans les secteurs suivants, représentant chacun 1/3 de la consommation: rubans chauffants pour la distribution de l'eau chaude sanitaire, protection contre le gel pour les conduites et les gouttières ainsi que rubans chauffants industriels.

Depuis près de 15 ans, on utilise essentiellement des rubans chauffants auto-régulants dont le noyau en matière synthétique présente une résistance électrique avec des coefficients de température négatifs. Selon le type de ruban choisi, il est possible d'obtenir une température de maintien en fonction de l'isolation thermique (pour les tuyauteries) et de la température ambiante. Or, pour réduire à un minimum la consommation d'énergie par une utilisation rationnelle, il est généralement nécessaire de disposer d'un système de commande supplémentaire (horaire, dépendant de la température et éventuellement régulation de la puissance). Ces commandes font souvent défaut sur les installations existantes et ne sont, pour des raisons de coûts, pas toujours intégrées dans les nouvelles, bien qu'un calcul de rentabilité incluant la durée de vie parle souvent en leur faveur. D'autres potentiels d'économie résident dans une conception intégrale du système (garantir une protection contre le gel au niveau de la construction déjà) avec une isolation thermique optimale des conduites. Ce projet n'a pas permis de répondre clairement à la question de savoir si les systèmes de distribution d'eau chaude peuvent être maintenus plus aisément au chaud par des rubans chauffants ou plutôt par des systèmes de circulation. Les données actuelles relatives à cette question ont toutefois été consignées. Une première estimation de la somme de toutes les applications de rubans chauffants révèle qu'avec des mesures d'économie - même sur des installations existantes - la consommation d'électricité pourrait être maintenue à un niveau constant malgré l'augmentation du nombre des installations.

Dans les villes de Bâle (Office de l'environnement et de l'énergie de Bâle-Ville) et de Zurich (Services industriels ewz), il a été tenté - en interviewant les spécialistes du domaine - d'obtenir des données relatives à la planification et à l'utilisation de rubans chauffants dans les bâtiments publics. Toutefois, il ne fut pas possible d'obtenir des informations chiffrées. Les services compétents évaluent les rubans chauffants avec prudence et les cantons de Bâle et de Zurich disposent de règlements limitant l'utilisation de rubans chauffants à l'extérieur (protection contre le gel).

En plus d'une analyse de la documentation fournie par les fabricants, l'études du marché et des acteurs impliqués comprenait des interviews avec des concepteurs et des installateurs à Bâle, Zurich, Coire, Davos et St-Moritz (altitude, protection contre le gel).

- Les études de marché et techniques ont montré qu'il y a lieu de mettre en œuvre les mesures visant une utilisation plus rationnelle des rubans chauffants à différents niveaux:
- Les architectes, les concepteurs électriciens et sanitaires, les concepteurs des installations techniques, les installateurs doivent être informés par le biais d'articles spécialisés dans les revues professionnelles et publiées par les différentes associations, et incités à optimiser les systèmes. Le but est d'éviter l'utilisation des rubans chauffants et/ou de réduire à un minimum la consommation électrique par une conception correcte des installations.
- Les installateurs électriciens et sanitaires doivent être davantage sensibilisés à cette thématique dans le cadre de la formation professionnelle et du perfectionnement.

Les maîtres d'ouvrage et les exploitants de bâtiments/installations (concierges, gérants) doivent être informés par des articles spécialisés dans leurs médias spécifiques.

La mise en œuvre, en particulier la publication d'articles spécialisés et la diffusion d'une fiche technique, bénéficie du soutien des associations de la branche ASMFA (Association Suisse des Maîtres Ferblantiers et Appareilleurs) et USIE (Union Suisse des Installateurs-Electriciens).

Abstract (deutsch)

Elektrische Heizbänder beanspruchen rund 0.6% des Elektrizitätsverbrauchs der Schweiz, etwa soviel wie alle Fernsehgeräte. Die bedeutendsten Anwendungen mit je ca. 1/3 des Verbrauchs sind Rohrbegleitheizungen von Warmwasser-Verteilleitungen, Frostschutz für Leitungen und Dachrinnen, industrielle Rohrbegleitheizungen. Seit ca. 15 Jahren werden vor allem selbstregelnde Heizbänder eingesetzt, welche je nach Typ eine definierte Halte-Temperatur gewährleisten. Um jedoch anwendungsgerecht den Energieverbrauch zu minimieren, ist meist eine zusätzliche Steuerung (zeitlich, temperaturabhängig, evtl. Leistungsregelung) erforderlich. Ob Warmwasser-verteilsysteme besser mit Heizbändern oder Zirkulationssystemen warmzuhalten sind, ist auch nach den Projektergebnissen von verschiedenen Randbedingungen abhängig.

Die technischen und Markt-Untersuchungen zeigten, dass die Umsetzung von Massnahmen zum rationelleren Einsatz der Heizbänder auf verschiedenen Ebenen ansetzen muss:

- Architekten, Sanitär-/ Elektro-/ Haustechnikplaner, planende Installateure sollen durch Fachartikel in Fach- bzw. Verbandszeitschriften für eine Systemoptimierung gewonnen werden. Ziel ist, den Heizband-Einsatz zu vermeiden bzw. den Elektrizitätsverbrauch durch richtige Planung zu minimieren.
- Sanitär- und Elektroinstallateure sollen zusätzlich in der Aus- und Weiterbildung auf die Thematik sensibilisiert werden. Dafür soll ein Merkblatt geschaffen werden.
- Bauherrschaften und Betreiber von Gebäuden/Anlagen (Hauswarte, Verwalter) sollen durch Fachartikel in ihren spezifischen Medien informiert werden.

Abstract (English)

Heating cables require about 0.6% of Swiss electricity consumption, approximately as much as all TV-sets. Most important applications are domestic hot water distribution tubing, frost protection (tubing, gutters) and industrial tubing, each requiring about 1/3. For over 10 years, self-regulating technology is standard for heating cables and offers pre-defined maintenance temperatures. To minimize electricity consumption, in most applications additional control devices (timer, temperature-/power control) are necessary. The study could not give a general answer to whether domestic hot water distribution systems should be heated by heating cables or circulation systems. The best solution depends on the specific building circumstances.

Conclusions of the technical and market analysis say that measures in different fields can transfer the saving potentials into practice:

- Architects and designers of sanitary and electrical installations should be informed by articles in specialized magazines: the goal is either to avoid the use of heating cables or to minimize their electricity consumption.
- Training of plumbers and electricians should treat the efficient use of heating cables. An instruction leaflet is to be created.
- Building owners and operators should be informed by their specialized magazines about problems with heating cables.

1. Ausgangslage, Vorgehen

1.1 Bedeutung

Elektrische Heizbänder sind überraschend gewichtige Stromverbraucher, wie aus den Arbeiten für das Projekt "Machbarkeit Datenerhebung Elektrizität" (2000, [1]) hervorgegangen ist: Es wird ein installierter Bestand von über 10'000 Kilometer mit einem jährlichen Stromverbrauch von ca. 300 GWh vermutet. Dies ist die Verbrauchs-Größenordnung aller Fernsehgeräte der Schweiz und entspricht ca. 0.6% des Landes-Elektrizitätsverbrauchs.

Von besonderer Bedeutung ist, dass ein beträchtlicher Anteil dieser Heizbänder unzweckmäßig oder gar nicht gesteuert ist oder dass gar nicht (mehr) bekannt ist dass sie installiert sind. Ausserdem wird ein wesentlicher Anteil installiert, um bauliche Fehler oder architektonische "Eskapaden" Schnee-/Frost-tauglich zu machen. Somit bestehen offensichtlich grosse und wirtschaftlich zu realisierende Strom-Einsparpotenziale.

Neben Frostschutz- und Aussenheizungen (für welche z.T. kantonale Verbote bestehen) sind Heizbänder auch bei Rohrbegleitheizungen von Warmwasser-Verteilleitungen und anderen Leitungen sowie in der Industrie zu finden. Im Forschungsprojekt wurden in erster Linie Warmwasser-Rohrbegleitheizungen sowie Frostschutz-Heizbänder untersucht. Die sehr dispersen Anwendungen in der Industrie sowie Elektro-Raumheizungen (mit in Böden eingelegten Heizbändern) wurden ausgeklammert.

1.2 Projektpartner

Die Arbeiten stützten sich auf die Mitwirkung der Branchenverbände, welche am meisten mit elektrischen Heizbändern zu tun haben:

- SSIV (Schweiz. Spenglermeister- und Installateur-Verband), Herr Jürg Tester.
- VSEI (Verband Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen), Herr Erich Schwaninger.

Weitere Projektpartner waren das städtische Elektrizitätswerk Zürich (ewz) und das Amt für Umwelt und Energie Basel Stadt (AUE). In beiden Städten sind die zuständigen Ämter interessiert an Fakten zu Heizband-Installationen in ihrem Versorgungsgebiet und an konkreten Hinweisen zur Vermeidung unnötigen Elektrizitätsverbrauchs durch derartige Installationen.

1.3 Projektziele

- Marktangebot und Volumen nach Kategorien und Anwendungen abschätzen durch Informationsbeschaffung von Herstellern, Anbietern, Planern etc. *Leider konnten sehr wenig quantitative neue Daten gefunden werden.*
- Bestimmung und Analyse der typischen Vorgehensweisen beim Einsatz von Heizbändern: Wer gibt den Anstoss, wer plant, bestellt, installiert, dokumentiert. *Diese Analyse des Aktor-Netzes ergab wenig Konkretes bezüglich Frostschutz, hingegen konnten aus Interviews weiterführende Hinweise zum Bereich Warmwasser erhalten werden (Kapitel 4).*
- Auslegeordnung und Analyse der verwendeten Steuerungen, im Zusammenhang mit den jeweiligen Heizband-Typen (i.d.R. selbstregelnd bezüglich Temperatur). Betriebsdauer und -verhalten können damit analysiert werden. *Die Technik inkl. Steuerungen konnte gut dokumentiert werden (Kapitel 2 und 3).*
- Übersicht über Ansätze zu Energieeinsparungen nach Vorgehens-Ebene (baulich / anlage-technisch, Produktwahl, Steuerung, bestehende Anlagen, ...). *Die Grundsätze zu Einsparmaßnahmen sind im Kapitel 5 zusammengestellt.*

- Vorschläge für die Umsetzung:
Konkrete Hinweise, wie Elektro- und Sanitär-Planer und -Installateure, aber auch Architekten Elektrizitätsverschwendungen durch Heizbänder vermeiden können. *Basierend auf den Grundsätzen zu Massnahmen konnten auch Umsetzungs-Pfade angegeben werden (Kapitel 6).*

1.4 Vorgehen

1. Informationsphase: anbietende Firmen, Struktur des Handels, massgebende Planer ermitteln. Kontaktpersonen informieren und befragen. *Die Ergebnisse der Marktuntersuchung sind unten nach dem Technikteil dokumentiert.*
2. Analysephase:
 - a) Technik: Charakteristika der verschiedenen Typen von Heizbändern, Methoden der Steuerung, Installationsarten, etc.
 - b) Einsatz: typische Nachfragesituationen (weshalb ein Heizband?), Vorgehensweisen beim Einsatz.
3. Synthesephase: Ansatzpunkte für Energieeinsparung, dafür erforderliche Voraussetzungen, massgebliche Akteure, Abschätzung des Sparpotenzials.
4. Umsetzungs-Vorbereitung: Massnahmenkatalog, Umsetzungsmethoden und -mittel, Realisierungs- und Verbreitungsmöglichkeiten.

2. Technik der Heizbänder

2.1 Funktionsprinzip

Bild 1 Aufbau eines selbstregelnden Heizbandes
(Quelle: Friap)

Elektrische Heizbänder enthalten einen Kern aus kohlenstoffhaltigem Kunststoff zwischen zwei stromzuführenden Litzen. Dieser Kunststoff stellt einen elektrischen Widerstand dar (Halbleiter), lässt beim Anlegen der Netzspannung einen Strom fließen und setzt damit eine Heizleistung frei.

Heute werden vorwiegend **selbstregelnde** Heizbänder eingesetzt, deren Heizleistung temperaturabhängig variiert und die nach so genannten Haltetemperaturen typisiert sind. Die Leistungsvariation wird durch das Widerstandsmaterial erreicht: die im Kunststoff-Polymer eingelagerten leitenden Kohlenstoffteile (Leitbrücken) verändern durch die temperaturabhängige Ausdehnung den elektrischen Widerstand. Die deklarierte Haltetemperatur stellt sich bei typischer bzw. empfohlener Isolierung ein. Aus der Temperatur-Leistungs-Charakteristik (Bild 2) kann die Abhängigkeit der resultierenden Temperatur vom Wärmewiderstand der Umgebung bzw. anders bewirkter Temperaturerhöhung (z.B. Warmwasserdurchfluss) abgeleitet werden. Es ist also keineswegs selbstverständlich, dass in der realen Anwendung die resultierende Temperatur der Typen-Haltetemperatur entspricht!



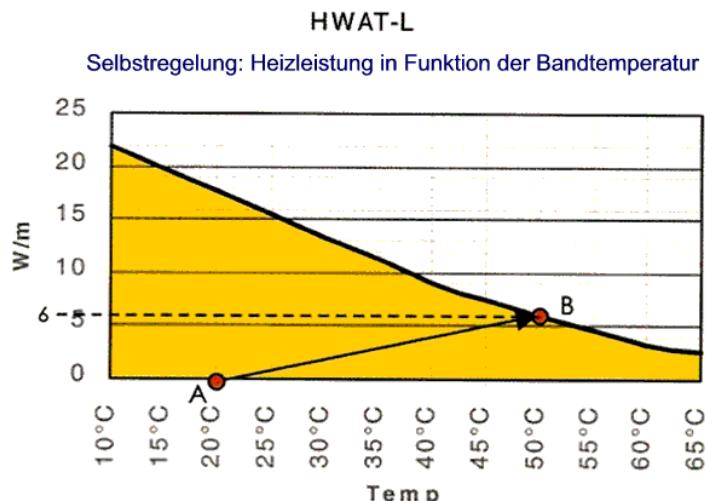
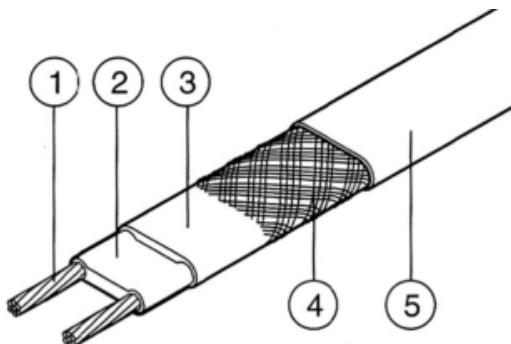


Bild 2 Temperatur-Leistungs-Charakteristik von Heizbändern für Warmwasser
(Quelle: Spectratec AG)

Der Halbleiterkern ist bei allen Typen für 230 V AC ausgelegt; Leistungssteller können die mittlere Heizleistung bzw. resultierende Temperatur durch Takten der Spannungsversorgung vermindern (Intervalle von mehreren Minuten, Relais- oder Impulspaketsteuerungen).

Je nach Anwendung weisen die Heizbänder Schutzschichten auf (wasserdicht, elektrisch, Metallgeflecht für Schutzklasse 1, mechanisch). Der Einsatz von Bändern der Schutzklasse 2 (ohne Metallgeflecht-Schutzleiter) ist für grössere Anlagen nicht unumstritten, weil unter ungünstigen Umständen (Verletzung, Feuchtezutritt) eine Überhitzung und sogar ein Lichtbogen nicht ausgeschlossen sind, d.h. ein Brandrisiko besteht. Bei Schutzklasse 1 verringert ein FI-Schutzschalter das Brandrisiko stark. Allerdings ist die Erstellung von Anschlüssen und Verbindungen für Heizbänder der Schutzklasse 1 anspruchsvoller, weil die äussere Schutzschicht abgeschält und das Metallgeflecht umgeschlagen werden muss (Bild 3).



1. Kupferleiter ($1,2 \text{ mm}^2$)
2. Selbstregelndes Heizelement
3. Isolation aus modifiziertem Polyolefin (FS-C-2X: Fluorpolymer)
4. Schutzgeflecht aus verzinnter Kupferlitze
5. Schutzmantel aus modifiziertem Polyolefin

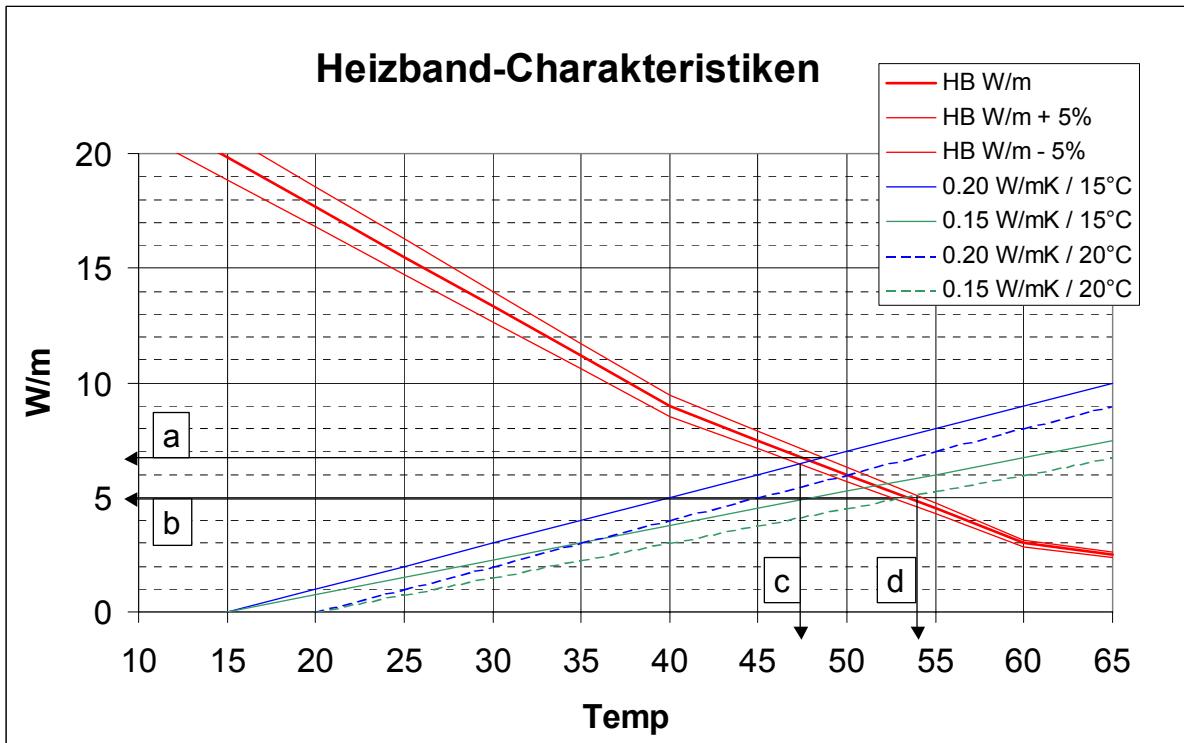


Bild 3 Heizband mit Metallgeflecht

2.2 Planung der richtigen Haltetemperatur

Die Bezeichnung "selbstregelnd" und die vereinfachende Sprache des Marketings lassen die Gewährleistung der gewünschten Haltetemperatur sehr einfach erscheinen (richtiger Band-Typ, Wärmedämmung nach geltenden Vorschriften). Soll die Haltetemperatur und damit auch der Elektrizitätsverbrauch genauer bestimmt werden, so muss sie aus der exakten Leistungscharakteristik des Bandes und der Wärmeverlustfunktion der Leitung ermittelt werden. Zur Zeit gibt nur ein Anbieter in den Planungsunterlagen quantitative Leistungscharakteristiken an (Bild 2).

Eine korrekte Ermittlung der resultierenden Haltetemperatur eines Leitungsteils kann gemäss Bild 4 grafisch geschehen, wenn die Leistungscharakteristik bekannt ist (!). Gezeigt ist als Beispiel ein Heizband für Warmwasser, Typ "kleine Leistung". Die möglichen Abweichungen bei variierenden Bestimmungsgrössen sind eingezeichnet. Wie diese Auswertung typischer Situationen zeigt, können sich beträchtliche Abweichungen von den "Normal-Planungswerten" ergeben.



- a Heizband Toleranz +5%, Umgebungstemperatur 15°C, mässige Isolierung 0.2 W/mK: 6.8 W/m
- b Heizband Toleranz -5%, Umgebungstemperatur 20°C, gute Isolierung 0.15 W/mK: 4.9 W/m (= - 28 %)
- c Heizband Toleranz -5%, Umgebungstemperatur 15°C, mässige Isolierung 0.2 W/mK: 47.7°C
- d Heizband Toleranz +5%, Umgebungstemperatur 20°C, gute Isolierung 0.15 W/mK: 58.8°C (= + 11°C)

Bild 4 Spielraum der Haltetemperatur eines Heizbandes

Aus energetischer Sicht noch viel gravierender sind die Verschwendungs möglichkeiten bei Frostschutzinstallationen. Dies sei wiederum mit einer Leistungscharakteristik erläutert (Bild 5), welche gleichzeitig offenbart, dass qualitativ kein Unterschied zwischen selbstregelnden Heizbändern für Warmwasser-Warmhaltung und Frostschutz besteht. Offensichtlich sind die Charakteristiken (Temperaturbereich) durch das Widerstandsmaterial gegeben, wobei sich das Niveau der spezifischen Leistung (W/m) variieren lässt. Eine proportionale Absenkung lässt sich übrigens auch durch Spannungsreduktion erreichen (vgl. unten Steuerung / Leistungssteller).

Aus Bild 5 wird klar, dass ein Frostschutz-Heizband keinesfalls ohne zusätzliche Steuerung installiert werden darf: im Extremfall (Umgebungstemperatur > 20°C) wird der Rohrinhalt bis über 55°C erwärmt, bei entsprechendem Elektrizitätsverbrauch. Eine "ideale" Leistungscharakteristik gemäss Bild 5 scheint nicht machbar bzw. ist nicht erhältlich. Daher ist unbedingt eine Abschaltung bei Umgebungstemperaturen (noch besser: Rohrtemperaturen) über 0°C erforderlich. Mit einem Spe

zial-Steuergerät (vgl. Kapitel 5.1, III Optimale Steuerung) ist sogar eine gute Annäherung der idealen Leistungscharakteristik möglich.

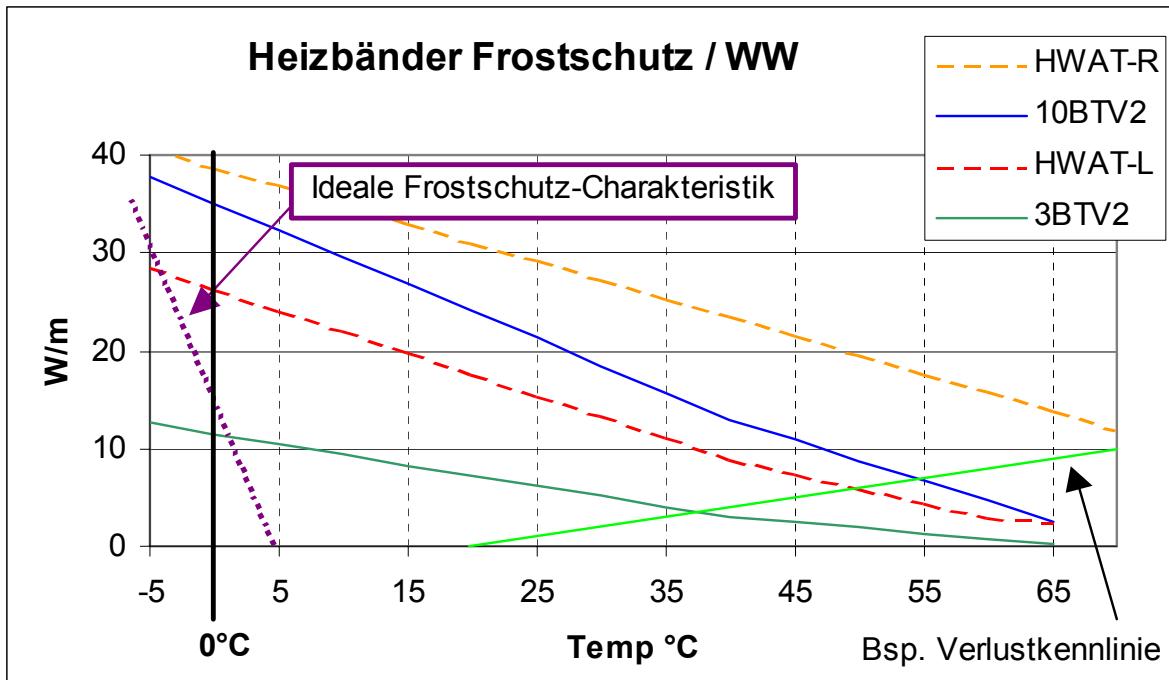


Bild 5 Charakteristik von Frostschutz-Heizbändern (10BT2, 3BT2)
Zum Vergleich: HWAT-R und -L sind Warmwasser-Heizbänder

2.3 Steuerung

Heizbandsysteme können in einfachsten Fällen – dank Selbstregelung – ohne weitere Steuerung eingesetzt werden. Soll jedoch der Elektrizitätsverbrauch und/oder die resultierende Temperatur optimiert werden, so kann dies mit folgenden Steuerungselementen erreicht werden:

- Schaltuhr bzw. zeitliche Steuerung (programmierte Nichtbetriebszeiten)
- Thermostate bzw. Temperaturfühler (vor allem bei Frostschutz-Anwendungen)
- Leistungssteller zur bedarfsgerechten Anpassung der Selbstregel-Charakteristik. Wegen der Wärmeträgheit der Rohrsysteme können die Leistungssteller mit Intervallen von mehreren Minuten arbeiten und somit Netzrückwirkungen weitgehend vermeiden (im Gegensatz zu Phasenan-/abschnittsteuerungen von Lampen). Das Ergebnis einer Leistungsreduktion (effektiv Reduktion der mittleren Speisespannung) ist eine annähernd proportionale Absenkung der Leistungscharakteristik (Bild 4, wie "– 5%", aber je nach Arbeitspunkt stärkere Absenkung).
- Mikroprozessor-gesteuerte "intelligente Regler" kombinieren die vorstehenden Möglichkeiten mit zusätzlichen Informationen, welche aus Rohr-Anlageführlern oder direkt aus dem vom Heizband bezogenen Strom (temperaturabhängig, wobei auch Wärme aus fliessendem Wasser berücksichtigt wird) gewonnen werden. Damit können ausgeklügelte Optimierungen und u.U. Einsparungen bis über 50% realisiert werden.

2.4 Heizband-Ausführungsformen

Neben der seit ca. 15 Jahren gängigen Selbstregelung sind z.Zt. vor allem folgende Unterschiede der Bauarten in Diskussion und Kosten- und Qualitäts-wirksam:

- Konfektionierung der Anschlüsse und Verbindungen (z.T. werkzeuglose Montage), vgl. Bild 6. Z.T. werden die Verbindungen auf Sockel montiert. Dazu folgende Anmerkungen:
 - Montage von Verbindungsarmaturen direkt auf 45...65°C warme Rohre ist einerseits für Isolierung bzw. Wärmeverlust ungünstig, andererseits könnte die Stabilität der Kunststoffteile langfristig kritisch sein (geklemmt Litzen-Verbindungen, 230 V).
 - Montage auf Sockel oder Bügel vermeidet obige Probleme weitgehend. Wegen der Wärmeableitung sollten die Bügel aus Kunststoff, jedenfalls nicht aus Aluminium sein.
- Schutzmäntel (elektrische Abschirmung/Schutzleiter, mechanisch, Feuchteschutz, chemisch z.B. ölfeste Ausführung für Öltanks und -leitungen)



① Heizband gerade abschneiden ② Heizband einführen ③ TWISTO zusammendrehen

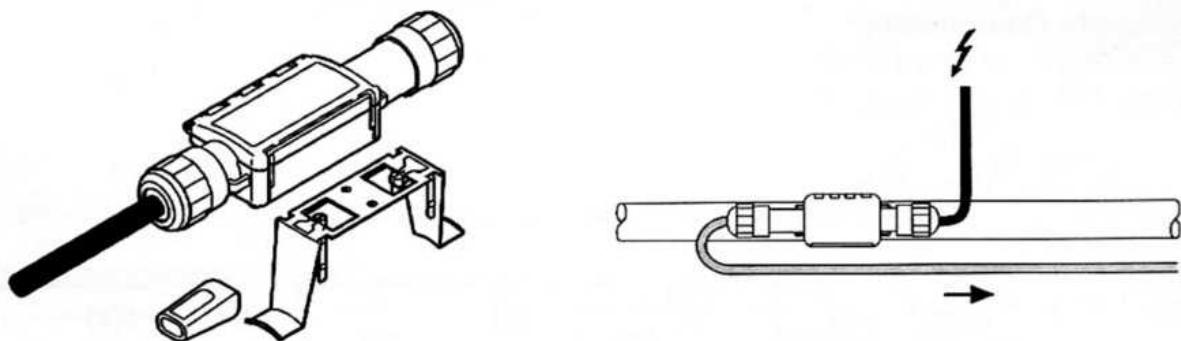
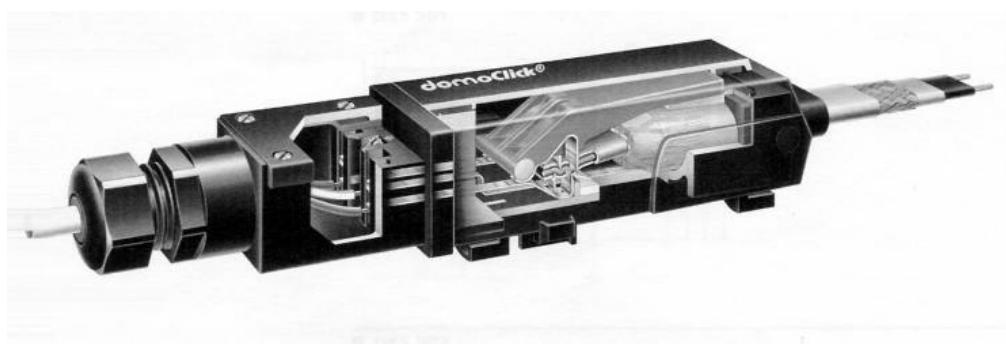


Bild 6 Verbindungsarmaturen und Montagehinweise von Heizbändern (Katalogbilder)

3. Anwendungsarten

3.1 Übersicht/Gewichtung

Die Bestandes- und Verbrauchs-Schätzungen von Tabelle 1 wurden im Rahmen der Machbarkeitsstudie Datenerhebung Elektrizität [1] erstellt und umfasst die 3 Hauptanwendungskategorien. In der Kategorie Frostschutz sind die Anwendungen "Leitungen", "Dachrinnen" und "Freiflächen" zu unterscheiden, wobei u.U. die gleichen Heizband-Typen Verwendung finden. Gerade deshalb ist leider eine quantitative Unterteilung nicht möglich. In der Tabelle nicht enthalten sind die Anwendung "Raumheizung" sowie Kleinanwendungen wie Handtuchhalter etc.

Kategorie/ Unterkategorie	Datenquelle(n)	Bestand 1000 m	Jährlicher Zu- gang* 1000 m	Stromverbrauch GWh/a
Warmwasser	Spectratec	2'800	200	70 ** (\rightarrow 100)
Frostschutz etc.	Spectratec	5'800	200	100
Industrie	Spectratec	2000	70	100
Heizbänder Total		> 10'000	470	270 (\rightarrow 300)

* Verkauf, also nicht korrigiert mit Ersatz/Ausserbetriebnahme

** In der Studie [1] dürfte der Elektrizitätsverbrauch "Warmwasser" – nach den Ergebnissen des Forschungsprojekts – unterschätzt sein, indem eine zu tiefe jährliche Vollaststundenzahl angenommen wurde. Der Wert von 100 GWh/a scheint realistischer. Hingegen dürfte bei neuen, energetisch guten Installationen der spezifische Wert von 25 kWh/m²a etwa zutreffen.

Tab. 1 Abschätzung des Elektrizitätsverbrauchs von Heizbändern für 1999 [1]

3.2 Warmwasser-Begleitheizung

Diese Anwendung weist eine dynamische Entwicklung auf, u.a. weil neuere Untersuchungen nachgewiesen haben, dass der Energieverbrauch eher kleiner ist als mit Zirkulationsleitungen [2]. Die Vorteile liegen auf der Hand: keine (Zirkulations-) Rückleitung zu installieren, kein hydraulischer Abgleich, keine Temperaturprobleme, Warmhaltung bis zum letzten Dezimeter. Die Erstellungskosten liegen ähnlich bis etwas tiefer als mit Zirkulationsleitungen. Als Nachteil ist aus energetisch-ökologischer Sicht zu nennen, dass als Warmhalte-Energie nur Elektrizität möglich ist und dies später nicht mit verhältnismässigem Aufwand zu ändern ist. Vor allem stört dies bei Anlagen, welche erneuerbare Energiequellen oder Abwärme nutzen. Zur Systemwahl vgl. auch Kapitel 4.5 "Warmwasser-Warmhaltung..."

Die Auslegungsproblematik ist in Kapitel 2.2 erläutert.

Thema Legionellen

Seit einigen Jahren wird im Zusammenhang mit Warmwassersystemen immer wieder die Problematik der Legionellen bzw. der Massnahme gegen deren Vermehrung diskutiert. Auch bei der Bestimmung eines Warmwasserverteilsystems kann die Legionellenfrage eine Rolle spielen; allerdings stellt sich die primäre Frage immer gleich: welche Temperatur und mit welchem zeitlichen Regime ist notwendig? Die Grundlagen hierzu finden sich im SVGW-Merkblatt [3], welches auf der ausführlicheren BAG-Broschüre [4] basiert.

SVGW-Empfehlungen:

Für Gebäude der Risikogruppe "gering" (normaler Wohnungsbau, Schulen ohne Duschen, Verwaltungs-/Geschäftsgebäude) werden die folgenden Massnahmen angegeben:

- Temperaturhaltung an Verteil- und Steigleitungen mindestens 50°C (wobei in der Massnahmenbeschreibung erwähnt wird, Zirkulationspumpen und Heizbänder "sollen im Dauerbetrieb laufen").
- Empfehlung, das Speicher-Nutzvolumen 1x täglich während mindestens 1 Stunde auf 60°C zu erwärmen.
- Kaltwasser-Temperatur max. 20°C

Für Gebäude der Risikogruppe "mittel" (Spitäler, Alters-/Pflegeheime, Hotels, ..., Wohnüberbautungen mit zentraler Wassererwärmung) wird verschärfend die tägliche Speicher-Erwärmung auf 60°C als "Muss" erklärt.

Das SVGW-Merkblatt geht nicht auf die Energieeffizienz ein, welche ja für tiefere Temperaturen spricht. In der BAG-Broschüre wird das Anliegen thematisiert (4.1a) und in den Empfehlungen (Anhang 4) gesagt, dass für Anlagen geringen Risikos "die Temperaturvorschriften weniger streng sein können".

Ergänzend sei die Meinung eines Schweizer Legionellen-Experten zusammenfassend wiedergegeben: Temperaturen unter 60° könnten nicht als "legionellsicher" gelten, da zunehmend resistente Stämme beobachtet werden. Somit sei auch eine kurze tägliche Erwärmung auf 60°C wenig wirksam.

Was ist daraus für Heizband-Anlagen abzuleiten?

- Besonders gute und stabile Wärmedämmung der Leitungen erfüllt gleich zwei Forderungen: geringe Erwärmung von Kaltwasserleitungen sowie Haltetemperaturen über 50°C (auch mit Typ 45° oder L bei besserer Wärmedämmung, vgl. Kapitel 2, Technik).
- Dank fehlender Rückleitungen wird der Speicher weniger abgekühlt, d.h. eine konstante Temperatur von z.B. 60°C ist leichter zu halten. Außerdem können keine Legionellen aus dem Verteilsystem in den Speicher zurückgespült werden.

3.3 Frostschutz...

...für Leitungen

Die Installation erfolgt wie bei Warmwasserleitungen (früher wurde auch ohne Leitungsisolierung installiert!). Meist geht es um Leitungsteile in ungeheizten Räumen (Garage, Bau-Lücken, Estrich etc.), wobei sowohl Trinkwasser- wie Löschwasser- und auch Abwasserleitungen geschützt werden müssen.

Die tatsächlich erforderliche Einschaltzeit wäre oft sehr klein. Vor allem ältere bzw. einfache Steuerungen führen jedoch oft zu grosser Verschwendungen. Beispiele:

Thermostaten mit grosser Schaltdifferenz und ungenauen Schalttemperaturen: angesichts der Gefahrenstunden mit Frosttemperaturen (Bild 7: Summenhäufigkeitslinie der Außentemperaturen) macht es sehr viel aus, ob der Thermostat bei +1/+2°C oder +2/+5°C schaltet.

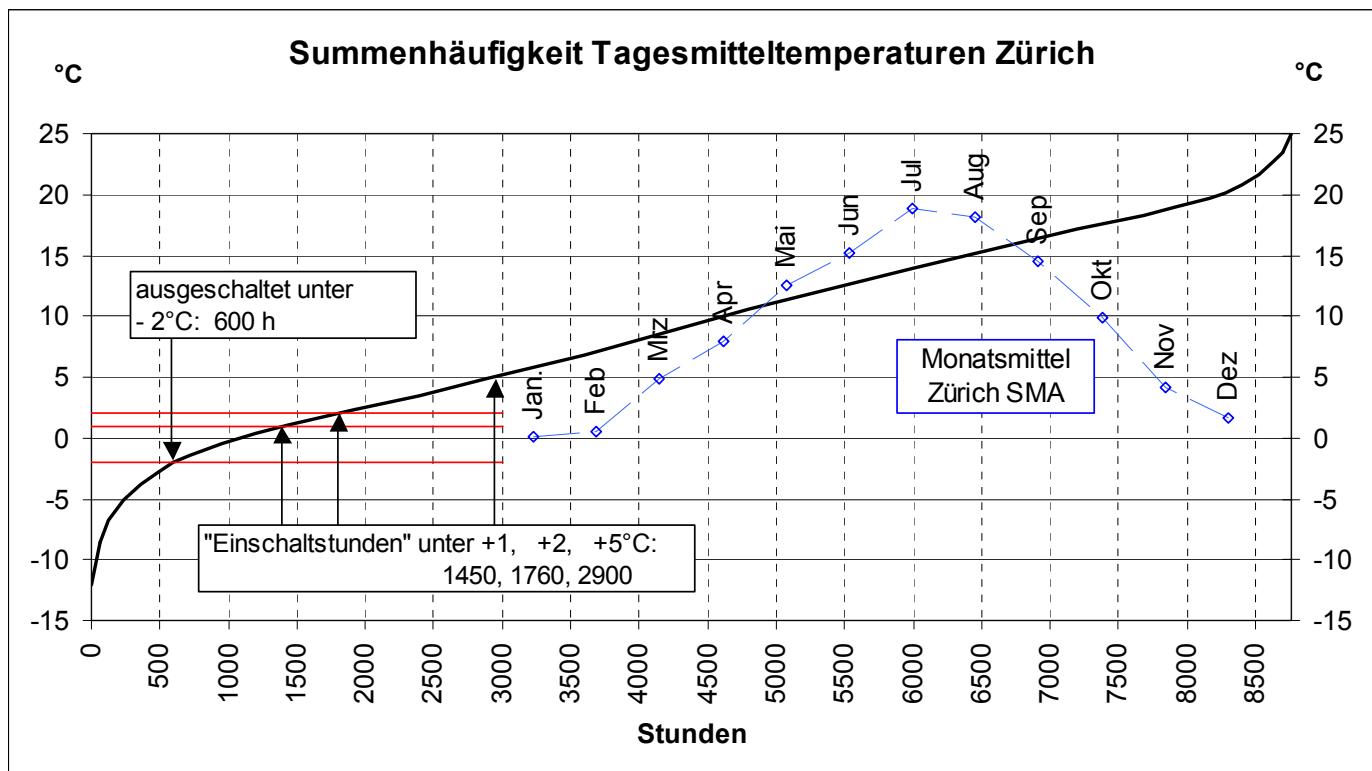


Bild 7 Summenhäufigkeitslinie der Tagesmitteltemperaturen und Einschaltstunden

Ausserdem wird ein zwar selbstregelndes, aber nicht weiter gesteuertes Heizband mit viel zu grosser Leistung heizen, wenn die Umgebungstemperatur nahe bei der Einschalttemperatur liegt. (vgl. Bild 5). Mit einer temperaturabhängigen Leistungssteuerung sind Energiesparungen bis weit über 50% möglich.

...für Dachrinnen etc.

Grundsätzlich sollten Dächer und Spenglerarbeiten so gestaltet werden, dass keine Schäden oder Gefährdung durch Frost entstehen. Bei besonderen Dachformen (z.B. V-förmig) und/oder extremen Klimazonen und Sicherheitsansprüchen können Lösungen mit Rinnenheizungen nötig sein.

Bei dieser Anwendung gilt noch mehr als bei Rohr-Frostschutz, dass mit guter Steuerung die Einschaltzeit minimiert werden kann: Heizleistung ist nur erforderlich, wenn bei Frosttemperaturen Wasser (flüssig) auftritt, etwa durch Sonneneinstrahlung oder Schmelze wegen Abwärme. Somit sollten nebst genauen Thermostaten bzw. Temperaturfühlern auch gute Feuchtefühler – eigentlich Wasser-Fühler – eingesetzt werden, welche nicht schon bei Feuchte, sondern erst bei fliessendem Wasser ansprechen (Funktionsprinzip: beheizter Fühler, z.B. ein Stück Heizband, dessen Abkühlung durch Null-Grad-Wasser erkannt wird). Allerdings ist die Fühlerplatzierung kritisch, da die Funktion nicht erbracht wird, wenn der Fühler trocken bleibt. Eine einfachere Möglichkeit bietet ein zweiter Thermostat bzw. Schaltpunkt, der bei z.B. -3 bis -2°C das Heizband wieder ausschaltet, da dann kein flüssiges Wasser mehr auftritt (vgl. Bild 7, ausgeschaltet unter -2°C: 600 h). In kalten Klimata resultieren selbstverständlich mehr "Ausschaltstunden".

...für Freiflächen

Der Hauptzweck dieser Anwendungen ist die Vermeidung von Eisbildung auf Flächen, wo dies nicht mechanisch oder mit Salz erfolgen kann. Ein Einsatz der Heizung zur Schneeräumung be

deutet extreme Energieverschwendungen (ausser mit nicht anders verwendbarer Abwärme). In manchen Kantonen ist elektrische Freiflächenheizung verboten.

3.4 Industrie

Im Industriebereich gibt es zahlreiche Anwendungen von Heizbändern, z.B. Schweröl flüssig halten, Rohrstrecken in chemischen Prozessen. Die Anforderungen werden prozess-spezifisch festgelegt. Vertrieb und Installation laufen i.d.R. nicht über die Haustechnikbranche. Wegen der hohen Priorität der Zuverlässigkeit und der meist sehr kurzen geforderten Rückzahlfristen von Sparmassnahmen wird hier nicht näher auf Massnahmen eingegangen. Mit den Grundprinzipien der optimalen Wärmedämmung und der bedarfsabhängigen Steuerung kann auch hier ein optimaler Energieeinsatz erreicht werden.

3.5 Raumheizung, Kleinanwendungen

Elektrische Heizbänder und -Matten für Fußbodenheizung werden nur noch selten eingesetzt. Bei fester Installation ist in vielen Kantonen eine Bewilligung erforderlich oder sie sind gar verboten (BS: Raumheizung). Deshalb wird hier nicht näher darauf eingegangen. Allerdings könnte diese Anwendung bei Passivhäusern für die Mankodeckung während weniger Stunden pro Jahr attraktiv sein. Die Entwicklung ist zu beobachten, in der Werbung bzw. sogar redaktionellen Artikeln von Fachmedien (Anhang 8.1) wird (wieder) unbeschwerte für Elektro-Widerstandsheizung eingetreten.

Unter Kleinanwendungen zählen wir z.B. Fußmatten für kalten Arbeitsplätze, Rahmenheizungen, Tiefkühlkabinen, Handtuchhalter, Schuhtrockner. Wegen untergeordneter Bedeutung wird hier nicht darauf eingegangen.

4. Markt und Akteure

4.1 Anbieter, Planer

Heizbänder werden von zwei Gruppen von Unternehmen angeboten, welche sich an entsprechende Besteller-Gruppen wenden:

- System- und Komponentenanbieter der Sanitär-/Heizungsbranche (z.B. Tobler, Domotec, Friap)
Besteller sind hier ausführende Installationsbetriebe (Sanitär, Spengler)
- Industrieverbrauch-Anbieter (meist auf spezifische Bereiche, z.B. Verfahrenstechnik, spezialisierte Firmen). Diese Firmen führen die Installationen z.T. auch selber aus oder die Ausführung erfolgt durch industrie-eigene Monteure.

Die Heizband-Anbieter beziehen Material und Dokumentationen von den Herstellern. Diese sind, für die 3 in der Schweiz hauptsächlich angebotenen Heizbänder:

- Heizbänder Raychem/Tyco: Tyco Flow Control, USA / Offenbach am Main D
- Heizbänder Bartec/Friap: Bacab, Ste Croix VD (Bartec Lizenz, D):
- Heizbänder Domotec: unklar, lt. Insider-Auskunft verschiedene, wechselnde

Daneben gibt es noch Firmen, welche als Industrievertretungen Tätigkeiten im Bereich von Marketing, Kundenpflege, Dokumentation bis zu Engineering, Systementwicklung und Forschung wahrnehmen (z.B. Spectratec, Baar ZG, als Vertreter von Raychem/Tyco-Produkten).

Schliesslich sind bei grösseren Anlagen i.d.R. Planungsbüros bzw. Ingenieurbüros an der Systemwahl und -Auslegung beteiligt und haben dafür die nötigen Informationen und das Know-how.

4.2 Installateure

In den hier vor allem betrachteten Haustechnik-Anwendungsbereichen Warmwasser und Frostschutz (Leitungen / Dachrinnen) ergeben sich folgende Situationen beim Einsatz von Heizbändern:

Warmwasser und Frostschutz von Leitungen

Bei grösseren Anlagen wird die Auslegung von einem Planer bearbeitet, so dass für die Installation klare Vorgaben vorliegen sollten. Kleinanlagen werden meist ohne externe Planung erstellt (selber planende Installateure); mit den Anbieterunterlagen ist dies gut möglich. Die Arbeiten werden i.d.R. wie folgt ausgeführt:

- Montieren der Heizbänder nach erfolgter Leitungsinstallation durch den Sanitärmonteur (Frostschutz auch durch Elektriker, wenn keine Isolierung erfolgt)
- Elektroanschluss mit vormontiertem Anschlussteil an Steckdose durch Sanitär. Wenn keine solchen vorhanden bzw. in grösseren Anlagen mit Steuergeräten muss der Elektriker den Netzanschluss erstellen (Kostenfaktor!).
- Isolieren der Leitungen durch Isoleur

Durch die Aufteilung der Montagearbeiten auf mehrere Monteure und sogar Firmen ergibt sich eine höhere Wahrscheinlichkeit für Unzulänglichkeiten und Fehler, wenn keine Zwischenkontrolle z.B. durch den Planer erfolgt. Ist die Anlage einmal isoliert, sind manche Fehler nicht mehr erkennbar.

Frostschutz (Dachrinnen)

Aus Befragungen von Elektroplanern und -Installateuren in Chur, Davos und St. Moritz lässt sich zusammenfassen:

Den Anstoss zur Installation gibt meist der Architekt, gelegentlich auch die Bauherrschaft oder der Elektroplaner. Ein Elektroplaner gibt an, manchmal "Sanierungen" mit Heizbändern wegen Schäden oder Stauungen vorzunehmen. Mehrere Befragte erwähnen, dass früher häufiger Heizbänder verlangt bzw. installiert wurden.

Als Kriterien für den Einsatz von Dachrinnenheizungen werden angegeben:

- wo oft Schnee/Eis auftaut und gefriert und Abfluss evtl. behindert
- und/oder Gefährdung durch herabfallende Eisstücke besteht.

Installation und ggf. Planung erfolgen durch Elektriker/Elektroplaner.

Steuerungen mit energiesparenden Funktionen sind meist bekannt bzw. werden eingesetzt. Allerdings sollten solche auch aktiv angeboten werden! Sonst wird halt die einfachste Lösung realisiert. Der Begriff "selbstregelnd" hat z.T. einen grossen Stellenwert: erst auf Nachfrage wurde auf die Notwendigkeit einer temperaturabhängigen Schaltung eingegangen!

4.3 Know-how

Das Know-how über Heizbandsysteme ist, gemäss den obenstehenden Ausführungen zu Anbietern, Planern, Installateuren etwa wie folgt verteilt. Je nach Stufe gilt das Know-how für das eigene System oder für alle angebotenen. Umsetzungsmassnahmen im Aus- und Weiterbildungsbereich müssen sich an die entsprechenden Fachleute wenden.

Know-how zu...	ist zu finden bei...
- Systementwicklung, Grundlagen	Hersteller
- Fundierte und umfassende Kenntnisse	Vertretungen, grosse Anbieter
- Systemauslegung und Integration in Haustechnik	Planungsbüros, grosse Anbieter
- Ausführung	Installationsfirmen, Planungsbüros

Tab. 2 Know-how zu finden bei...

4.4 Städte Basel und Zürich

Die Recherche in den zuständigen Abteilungen (Haustechnik, Betreuung eigener Liegenschaften) der Städte Basel und Zürich ergab wenig weiterführende Informationen. Zusammenfassend lässt sich für beide Städte festhalten (Details siehe unten):

Heizbänder sind als Technik bekannt, werden aber nicht aktiv gefördert oder verhindert, ausser wo Vorschriften bestehen (z.B. werden Aussenheizungen in den Kantonen ZH und BS nur mit strengem Bedarfsnachweis bewilligt). In beiden Städte ist nicht bekannt, wie viele Heizbänder bzw. -Installationen in eigenen Bauten bestehen oder jährlich installiert werden. Tendenziell ist eher Zurückhaltung gegenüber der Heizband-Technik zu registrieren.

Ergebnisse Stadt Basel

In Basel konnten von folgenden befragten Personen Hinweise erhalten werden:

- Karl Völlmin, Hochbau- und Planungsamt HPA, Leiter Abt. Haustechnik
- Christian Mathis, Energiefachstelle, AUE
- Herr Trachsel, IWB Wassernetz, Betrieb und Unterhalt (keine Heizbänder)
- Herr Gysin, IWB Elektro-Installationskontrolle (u.a. Hinweis auf schlecht anpassbare Regelcharakteristik der Heizbänder bzw. Steuergeräte)

Heizungen im Freien sind in der Verordnung zum Energiegesetz **Basel-Stadt** (772.110, § 15) wie folgt geregelt:

- Installation und wesentliche Änderungen bewilligungspflichtig (AUE)
- Bewilligung wird erteilt wenn wegen Sicherheit/Schutz erforderlich und bauliche oder betriebliche Massnahmen nicht möglich bzw. unverhältnismässig, und mit temperaturabhängige Regelung ausgerüstet
- Ausnahmen: Weichenheizung ÖV, Heizung mit nicht anders nutzbarer Abwärme

Ortsfesten **Elektroraumheizungen** sind gemäss § 14 der Verordnung für Räume, in denen gewöhnlich zum dauernden Aufenthalt von Menschen geeignete Temperaturen herrschen müssen, verboten (Ausnahme als Ergänzungsheizungen bis zu 2 kW, d.h. "Heizöfeli").

Zu anderen Anwendungen gibt es keine Vorschriften.

Zum Vorhandensein oder Einsatzpraxis von Heizbänder konnten keine Informationen gefunden werden.

Ergebnisse Stadt Zürich

In Zürich konnten spezifische Hinweise erhalten werden von:

- Walter Rimensberger, Amt für Hochbauten AHB
- Heinz Villa, AWEL, Energiefachstelle Kanton Zürich

Im Energiegesetz des Kantons Zürich findet sich eine allgemeine Einschränkung von **Heizungen im Freien** (730.1, § 12):

....
Freiluftbäder und Heizungen im Freien sind mit erneuerbaren Energien oder nicht anders nutzbarer Abwärme zu betreiben.

Abweichungen sind möglich für Aussensitzplätze sowie bei Heizungen im Freien, wenn Gefahren nicht anders abwendbar sind.

Der letzte Passus (wenn Gefahren...) dürfte wohl auch für Frostschutzheizungen anwendbar sein.

In der Besonderen Bauverordnung I (BBV I), welche zahlreiche Bestimmungen des Energiegesetzes regelt, fand sich auch ein Bestimmung, dass **Zirkulationspumpen** (und analog Heizbänder) von Brauchwasserversorgungen abschaltbar sein müssen (§ 26, Abs. 3). Dieser ist per 1. März 2002 ersatzlos gestrichen worden, weil in dieser Form wenig sinnvoll.

Zum Vorhandensein oder Einsatzpraxis von Heizbänder konnten keine Informationen gefunden werden. Herr Rimensberger vermutet, dass aufgrund der bisher gepflegten "Effizienz-Philosophie" bei der Gebäudeausrüstung kaum Heizbänder in städtischen Gebäuden installiert wurden.

Seit 1997 ist Haustechnik nur noch eine Gruppe im Amt für Hochbauten, Bereich B, Leiter ist W. Rimensberger. Diese Gruppe (bzw. das Amt) macht keine Planung, im Gegenteil tritt sie zurück wenn der Planer bestimmt ist. In der Vorphase kann sie jedoch Hinweise, evtl. Vorgaben zur Haustechnik machen; **Richtlinien** dazu sind in Arbeit. Aufgrund der vorliegenden Arbeit könnten darin konkrete Vorgaben für Heizband-Installationen gemacht werden (vgl. Kapitel 5).

4.5 Warmwasser-Warmhaltung: Heizbänder vs. Zirkulation

Beurteilungsgrundlagen

Betrachtet man den Material- sowie den Montageaufwand, so müssten Heizbänder günstigere Erstellungskosten aufweisen als Zirkulationssysteme, insbesondere Heizbänder mit einfach montierbaren Verbindungssystemen. Damit wäre in erster Näherung auch die Graue Energie bzw. der ökologische Aufwand günstiger. Bei Energie verbrauchenden Systemen überwiegt jedoch i.d.R. der Betriebsenergie-Aufwand gegenüber der Grauen Energie stark.

Die Wärmeverluste der Warmwasserverteilung sind mit Heizbändern – bei gleichem Wärmedämm-Standard – kleiner als mit Zirkulationssystemen, weil die massgebende Oberfläche dank wegfallender Rückleitung kleiner ist. Allerdings ist damit die energetische Beurteilung noch nicht

möglich, weil Heizbänder Elektrizität benötigen, also hochwertige und teure (Hochtarif!) Energie. Zirkulationssysteme können dagegen mit kostengünstigeren, u.U. sogar erneuerbaren Energieträgern versorgt werden.

Im konkreten Fall hängt nun der Elektrizitätsverbrauch der Heizbänder nicht nur von der Anlagenkonfiguration ab (Rohrnetz, Wärmedämmung), sondern auch vom Zapfverhalten der Benutzenden (vgl. [2]) und von der Auslegung und Steuerung der Heizbänder. Zwei Beispiele als Extremfälle, jeweils mit nicht-elektrischer Wassererwärmung:

- Sehr seltene Zapfungen (EFH, 1 Person), Heizband durchgehend eingeschaltet, hohe Haltetemperatur (z.B. effektiv 60°C)
⇒ fast die gesamten Wärmeverluste des Verteilsystems werden elektrisch gedeckt.
- Mehrfamilienhaus, Zapfungen über den ganzen Tag verteilt, Heizband zu Hauptnutzungszeiten ausgeschaltet, Haltetemperatur tiefer als Speichertemperatur
⇒ der Grossteil der Wärmeverluste wird aus dem Speicher gedeckt.

Im Fall b) dürften auch aus ökologischer Sicht die Vorteile des Heizbands überwiegen, da nur ein sehr kleiner Teil des gesamten Warmwasser-Energieverbrauchs elektrisch gedeckt wird. Der Fall a) hingegen hat neben dem schlechten Systemwirkungsgrad auch noch einen hohen Anteil teurer Elektroenergie.

Im breiten Spektrum der Warmwassersysteme und Nutzungsverhalten lässt sich daher keine allgemeingültige Aussage zum optimalen System machen (vgl. auch [2]). Eine Berechnung von Einzelfällen ist meist zu aufwändig. Wirtschaftlichkeitsberechnungen von Anbietern favorisieren natürlicherweise deren Systeme.

Angaben aus Interviews

Durch Interviews mit Haustechnik-Planern und Architekten wurde versucht, ihre Argumente für oder gegen Heizbänder in Warmwassersystemen zu erfahren und Angaben zu ihrem Vorgehen bei der Systemwahl (Heizband versus Zirkulation) zu erhalten.

Sanitär-Planer geben meist eine zurückhaltende Beurteilung ab. Kaum jemand bringt eine generelle Vorliebe für Heizbänder zum Ausdruck, jedoch werden z.T. günstigere Erstellungskosten angegeben. Das Argument der Energieträger-Flexibilität wird gelegentlich genannt (vorteilhaftere Energieträger mit Zirkulation). Wenn Elektrizität Haupt-Energieträger für Warmwasser ist, wird das Heizband bevorzugt (eigentlich sollten doch keine zentralen Warmwasserversorgungen mehr mit Elektrizität erstellt werden!). Ein deutliches Argument für Heizbänder können jedoch Platzverhältnisse, v.a. in bestehenden Bauten sein (zu eng für Zirkulation).

Einsatz von Heizbändern **Schutzklasse 2** (ohne Metallgeflecht, schutzisoliert): keine klaren Aussagen dafür oder dagegen, aber: Qualität steht an vorderster Stelle und wird Produkten der Schutzklasse 1 renommierter Hersteller zugeschrieben. Hingegen wird die kürzere Montagezeit von Bändern der Schutzklasse 2 vom Anbieter stark betont.

Eigene Erfahrungen zur Ausführung von Installationen

Begehungungen in Beratungsfällen sowie Hinweise von Planern zeigten folgende praktische Ausführungsmängel, zurückzuführen wohl auf mangelnde Instruktion bzw. Information:

- Nicht wärmegedämmte Partien bei Armaturen (Bild 8). Diese Heizband-Teile laufen mit maximaler Leistung, wobei ohne Dämmung das Leitungsstück trotzdem auskühlen kann.
- Leitungsteile ohne Heizband (z.B. unterer Speicherabgang): führt zu kalten Ppropfen, also Komfortnachteilen (und evtl. dadurch zu Wasser-Mehrverbrauch).

- Leitungen mit harter bzw. spröder Wärmedämmung (PIR) in Schächten "verlieren" u.U. schlecht befestigte Rohrschalen, weil durch Ausdehnungsbewegungen das Material brechen kann. Dies wird u.U. nicht bemerkt und ist schlecht reparierbar. Die Folgen sind aber schwer wiegend: erhöhter Wärmeverlust, Erwärmung von Kaltwasserleitungen (Legionellen!).

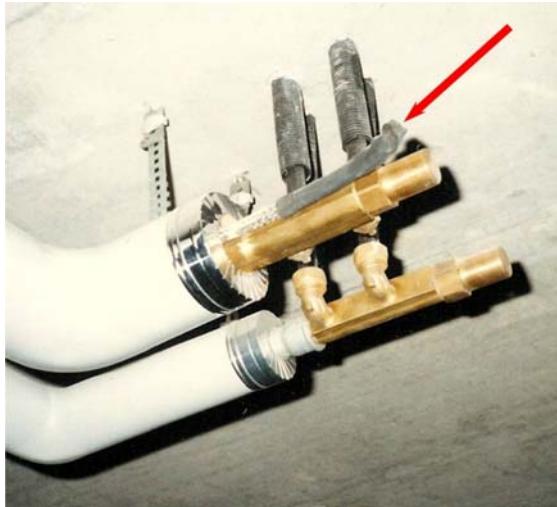


Bild 8 Heizband-Ausführungsdetails Abschluss, Wasserzähler

Ein gemeinsames Problem von Heizbänder und Rohr-an-Rohr Zirkulationssystemen ist die schwierige lückenlose Wärmedämmung wegen der nicht-runden Geometrie. Rohr-Wärmedämm-Schalen mit sehr guten Wärmeleitwerten sind spröde (PIR) und damit anfällig auf Lücken, Bruch, Hinterlüftung. Weichschaum-Schläuche und Schalen dagegen weisen schlechtere Dämmwerte oder aber viel grössere (unerwünschte) Dicke auf. Eine interessante Entwicklung einer zweischichtigen Rohrdämmung bzw. einer weichen Innenschicht konnte wegen Verschwindens der beteiligten Herstellerfirma nicht fertiggestellt werden [5].

5. Einspar-Möglichkeiten und -Potenziale

5.1 Grundsätze für die Energieeinsparung

I. Heizband-Einsatz vermeiden bzw. Alternativen einsetzen

Warmwasser:

- Notwendigkeit der Warmhaltung vermeiden durch kurze Distanzen (Ausstosszeiten bis 8 Sekunden sind noch komfortabel)
- Zirkulation einsetzen bei erneuerbaren Energieträgern / Abwärmennutzung

Frostschutz Leitungen:

- Leitungen in frostgeschützten Bereichen verlegen
- Frostrisiko durch bauliche Massnahmen und Wärmedämmung eliminieren

Frostschutz Dachrinnen:

- Fachgerechtes Konzept der Wärmedämmung von Dächern (Dampfsperre, Hinterlüftung) vermeidet Wasserdampfaustritt und somit Eisbildung (Architekt, Bauphysiker)
- Dächer und Rinnen so konzipieren bzw. anordnen dass Tauwasser bei Frosttemperaturen (Sonneneinstrahlung) immer ablaufen kann (Architekt, Spengler)

II. System optimieren für minimale Verlustleistung

- System für minimale warmzuhaltende Leitungslängen konfigurieren (z.B. nur UG-Verteilung warm, Steigzonen mit Einzelleitungen). Dies ist auch gut gegen Legionellen. (Haustechnik-Planer)
- Optimale Wärmedämmung (besser als kantonale Vorschriften), entsprechender Heizband-Typ (Haltetemperatur richtig bestimmen). Lückenlose, gut anliegende Ausführung, v.a. auch in Schächten. (Haustechnik-Planer, Installateur)

III. Optimale Steuerung einsetzen

- Einschaltzeiten nach dem Bedarf optimieren: (Schaltuhr, Thermostaten / Temperaturfühler, falls angeboten "intelligente" Steuerung mit Mikroprozessor einsetzen).
- Selbstregelung allein ist noch keine optimale Lösung:
 - ⇒ bei grösseren Warmwassersystemen Feineinstellung mit Leistungssteller
 - ⇒ bei Frostschutz Leistungssteller zur Anpassung an Umgebungstemperatur (vgl. Bild 5), falls angeboten "intelligente" Steuerung einsetzen.

Beispiel Lebenszyklusbetrachtung Warmwassersystem

In Tabelle 3 werden ein kleines und ein mittelgrosses System kurz beschrieben und die Investitionskosten sowie die Lebensdauer-Betriebskosten berechnet. Es wurde ein Elektrizitätspreis von 0.2 Fr/kWh eingesetzt. Detailangaben im Anhang 8.2.

Klein-System WW:	Mittleres System WW:
Abschätzung Leitungslänge / Wohnung	
2 Steigleitungen, 3 Geschosse ⇒ 3 oder 6 (Klein-) Wohnungen	12 Steigleitungen, 4 Geschosse ⇒ 24 oder 48 (Klein-) Wohnungen
30 m Band 45°C 1 Anschluss, 3 T Schaltuhr Inbetriebnahme	200 m Band 60°C 2 Anschlüsse, 10 T 2 Steller mit Uhr bzw. 2 "Eco"-Steuerungen Inbetriebnahme 2 Kreise
Kosten ohne Montage: ca. 1'400 Fr.	Kosten ohne Montage: ca. 7'000 Fr.
Variante: "Eco"-Steuerung ca. + 400 Fr.	
Für die Montage und ggf. Elektroinstallation müssen nochmals in der Größenordnung von 50% der obigen Kosten dazu gerechnet werden. Somit ca. Gesamtkosten:	
2'100 Fr. (mit "Eco"-Steuerung 2'500 Fr.)	10'500 Fr.
Elektrizitätsverbrauch und -kosten	
900 kWh/a, 180 Fr./a in 20 Jahren: 3'600 Fr. ⇒ = 1.7 mal die Materialkosten inkl. Inbetr.	4'800 kWh/a, 960 Fr./a in 20 Jahren: 19'200 Fr. ⇒ = 1.8 mal die Materialkosten inkl. Inbetr.

Tab. 3 Investitionskosten und Lebensdauer-Betriebskosten

Die Beispiele in Tabelle 3 zeigen klar, dass die Lebensdauer-Betriebskosten soviel höher als die Investitionskosten liegen, dass es sich auf jeden Fall lohnt, die energiesparende Steuerung einzusetzen!

5.2 Was ist zu tun bei bestehenden Anlagen?

Heizband-Anlagen für **Warmwasser**-Warmhaltung könnten u.U. durch bessere Steuerung sparsamer betrieben werden. Für die Betreiber grösserer Anlagen (wo es lohnend sein könnte) dürfte dies wenig attraktiv sein, da die Stromkosten auf die Mieter überwälzt werden. Eine bessere Wärmedämmung wird aus demselben Grund kaum ausgeführt; zudem weisen Heizband-Verteilsysteme keine sehr schlechte Wärmedämmung auf, weil sonst die Haltetemperatur zu tief läge. Die Chance einer energetischen Verbesserung wird daher erst bei **Erneuerung der Anlage oder von Teilen davon (Reparatur)** kommen. Informierte Planer und Installateure werden sie hoffentlich dannzumal auch nutzen!

Interessanter ist die Situation bei **Frostsenschutz**-Anlagen, einerseits wegen der grösseren Einsparmöglichkeiten, andererseits weil solche Anlagen oft ohne Wissen ihrer Betreiber existieren und

Elektrizität verbrauchen. Daher könnte eine Informationskampagne auch bei Betreibern sinnvoll sein.

Wie können Betreiber herausfinden, ob eine Frostschutz-Heizbandanlage vorhanden ist?

Bei Heizbändern von **Leitungen** sollte der Elektroanschluss sichtbar sein, da diese Leitungen i.d.R. verfolgt werden können.

Bei Frostschutz-Heizbändern von **Dachrinnen** ist jedoch u.U. auch der Anschluss nicht ohne Weiteres einsehbar.

Zur Abklärung (ob vorhanden, ob/wie funktionierend) kann in beiden Fällen im Elektro-Tableau nach entsprechenden Anschlüssen gesucht werden. Dachrinnen-Heizbänder sind u.U. an einem eigenen, "versteckten" Klein-Tableau angeschlossen, dessen Anspeisung aber eigentlich auch am Haupttableau angeschrieben sein sollte (meist sind ja keine Schemata an Ort).

Die Überprüfung der Funktion einer bestehenden Frostschutz-Heizbandanlage – z.B. mit einer Stromzange – kann u.U. nur bei Frosttemperaturen geschehen, da sie sonst ausgeschaltet ist. Immerhin: falls auch sonst eine Elektrizitätsverbrauch festzustellen ist, sind Massnahmen dringend.

Als Sanierungsmassnahmen kommen in Frage:

- Risikosituation überprüfen: vielleicht ergibt eine Neu-Beurteilung, dass die Anlage ausser Betrieb genommen werden kann. Allenfalls können auch einfache bauliche oder Wärmedämm-Massnahmen die Ausserbetriebnahme erlauben.
- Steuerung überprüfen:
 - Temperatur-Steuerung (Thermostaten) vorhanden?
 - Bei grösseren Anlagen: Temperaturabhängige Leistungssteuerung nachrüsten?
 - Bei Dachrinnen: Feuchtefühler vorhanden, richtige Platzierung und Funktion?

5.3 Hochrechnung des Einspar-Potenzials

Angesichts der rudimentären Datenlage ist eine Hochrechnung nur als grobe Abschätzung möglich. Der resultierende Elektrizitätsverbrauch "Heizbänder Warmwasser" könnte etwa konstant bleiben, jener von Frostschutz-Anlagen sogar zurückgehen. Für den Bereich Industrie ist die Abschätzung der Einsparungen mit noch grösserer Unsicherheit als für Warmwasser und Frostschutz behaftet.

Warmwasser

Zur Zeit werden in Neubauten und Totalsanierungen (neues Warmwassersystem) zunehmend eher Heizband- als Zirkulationssysteme zur Warmhaltung eingesetzt. Daraus resultiert eine Zunahme des Elektrizitätsverbrauchs der Heizbänder. Eine Quantifizierung ist nicht möglich, da hierzu die installierten Meter bekannt sein müssten (und Ersatzinstallationen sowie Abbrüche berücksichtigt). Daher sind nur grobe Schätzungen möglich:

Gemäss Tabelle 1 (korrigierter Wert 100 GWh/a) beträgt der Elektrizitätsverbrauch pro Meter Warmwasser-Heizband des existierenden Bestandes rund 36 kWh/a. Neue Installationen sollten dank besserer / lückenloser Wärmedämmung und Steuerung tiefer liegen, allerdings dürften höhere Temperaturen (wegen Selbstregelung, vgl. Bild 4, sowie Legionellen-Vorkehrten) dies teilweise kompensieren. Trotzdem rechnen wir für neue Installationen mit 25 kWh/m*a.

Aus der Zunahme (Schätzung des Verkaufs) von ca. 200'000 m pro Jahr resultiert somit ein Elektrizitätsverbrauchs-Zuwachs von etwa 5 GWh/a.

Durch eine kombinierte Strategie der Spar- bzw. Vermeidungsmassnahmen dürfte sich dieser Zuwachs auf etwa die Hälfte vermindern lassen, also 2.5 GWh/a. Dazu kommt nochmals eine Reduktion ähnlicher Größenordnung durch Abbruch, Ersatz oder Sanierung von bestehenden Anlagen. Somit könnte der Elektrizitätsverbrauch von Heizbändern "Warmwasser" etwa konstant bleiben.

Frostschutz

Gemäss übereinstimmender Aussagen der befragten Personen werden weniger Frostschutz-Heizbänder "als früher" installiert. Dies korrespondiert mit der Bestandes- und Zunahme-Schätzung gemäss Tabelle 1, im Vergleich mit Warmwasser-Heizbändern. Im Mittel bestimmen höhere Leistungen pro Meter, aber wesentlich kürzere Einschaltzeiten den Verbrauch, dieser liegt daher (gemäss Tab. 1) bei ca. 17 kWh pro Meter und Jahr. Neue Installationen sollten dank besserer Steuerungen und Materialien tiefer liegen, z.B. bei 12 kWh/(m*a).

Aus der Zunahme (Schätzung des Verkaufs) von ca. 200'000 m pro Jahr resultiert somit ein Elektrizitätsverbrauchs-Zuwachs von etwa 2.4 GWh/a.

Durch eine kombinierte Strategie der Spar- bzw. Vermeidungsmassnahmen dürfte sich dieser Zuwachs auf etwa die Hälfte vermindern lassen, also 1.2 GWh/a.

Im Frostschutz-Bereich ist eine beträchtliche Reduktion des Elektrizitätsverbrauchs bestehender Anlagen durch Massnahmen (Informationskampagnen...) möglich. Das rein technische Potenzial ist sehr gross (Größenordnung 25...50% des geschätzten Verbrauchs, also 25...50 GWh/a), wobei kaum Aussagen zu Realisierbarkeit und Zeitraum möglich sind.

Somit könnte der resultierende Elektrizitätsverbrauch "Heizbänder Frostschutz" sogar deutlich zurückgehen.

Industrie

Die technischen Möglichkeiten wurde in dieser Arbeit nicht explizit behandelt, es geht aber um die selben Prinzipien wie bei Warmwasser bzw. Frostschutz. Somit kann als Größenordnung für das Potenzial eine **Reduktion durch Massnahmen von 1...3 GWh/a** angenommen werden (je nach Konjunkturentwicklung ist dies eine Reduktion des Wachstums oder des Verbrauchs!).

6. Umsetzungsmöglichkeiten

6.1 Massnahmen-Übersicht und Zielpublika

Aus dem Kapitel 5 "Einspar-Möglichkeiten" lassen sich die wichtigsten technischen und Planungs-Massnahmen zusammenstellen und entsprechende Zielpublika angeben:

Massnahmengruppe	Zielpublikum	Vorgehen
1. Systembetrachtung (integrale Planung!) mit dem Ziel, den Heizband-Einsatz zu vermeiden oder zu minimieren. Dies ist in den Bereichen Warmwasser und Frostschutz sinnvoll (vgl. 5.1 Grundsätze I und II)	Architekten und Planer Sekundär auch Bauherrschaften	Fachartikel Aus- und Weiterbildung
2. System energiesparend auslegen, geeignete Materialien und Dimensionen vorgeben / wählen. Energiesparende Steuerungen einsetzen (vgl. 5.1, III).	Sanitär-/ Elektro-/ Haustechnikplaner, planende Installateure Sekundär auch Bauherrschaften (vgl. 5.1 Beispiel)	Aus- und Weiterbildung Information von Anbieterseite Fachartikel
3. Sorgfältige und kompetente Ausführung und Einstellung	Sanitär- / Elektroinstallateure, Isolatoren Begleitend auch Planer	Aus- und Weiterbildung Information von Anbieterseite
4. Bestehende Anlagen finden und überprüfen (5.2)	Elektroinstallateure, Betreiber, Bauherrschaften	Aus- und Weiterbildung Fachartikel

Tab. 4 Massnahmenübersicht und Zielpublika

Eine Übersicht über die Vorgehensmöglichkeiten, nach Zielpublika geordnet, ist in Tabelle 5 zusammengestellt:

Zielpublikum	Vorgehensvorschlag
1. Architekten, Sanitär-/ Elektro-/ Haustechnikplaner, (planende) Installateure	Fachartikel in Fach- bzw. Verbandszeitschriften (SSIV, VSEI, sia/Tec 21, Gebäudetechnik...), ggf. mit Hinweis auf das Merkblatt Je nach Medium auf Branche abgestimmt (Schwerpunkte Warmwasser / Frostschutz / Elektro)
2. Erstausbildung (Sanitär, Elektro...)	Indirekt via Lehrpersonen vgl. 1. Lehrmittel (vgl. Anmerkung), Merkblatt
3. Weiterbildung (Meister, sonstige)	Indirekt via Lehrpersonen vgl. 1. Mit dem Sanitär-Ausbildungszentrum Lostorf des SSIV könnte eine Informations- und Weiterbildungskampagne (evtl. mit Ausstellung) eingeleitet werden (Rudolf Bolliger) Analog mit VSEI / ZH (Elektriker-Ausbildungszentrum ELAZ bzw. Elektro-Bildungs-Zentrum EBZ, Effretikon ZH, evtl. auch in anderen Kantonen) Für die fachübergreifende Haustechnik-Weiterbildung soll das Pentaprojekt (Daniel Sommer, Volketswil) angegangen werden.
4. Betreiber von Gebäuden/Anlagen (Hauswarte, Verwalter)	Fachartikel, evtl. Artikel in Hauseigentümer-Zeitschriften Evtl. Hauswartkurse, Betriebsoptimierung
5. Bauherrschaften	Artikel in Hauseigentümer-Zeitschriften u.ä.
6. Isoleure (eher marginal involviert)	Fachartikel in Fachzeitschriften
Lehrmittel: Erfahrungsgemäss ist es schwierig bzw. langwierig, "Eingang" in Lehrmittel zu finden, da dies fast nur im Zeitpunkt der Erneuerung bzw. Erstellung eines Lehrmittels möglich ist. So ist ein gewisser "Selbstläufereffekt" durch Fachartikel zu erhoffen; andererseits sollen die mit der Ausbildung befassten Personen der Fachverbände gezielt zur Übernahme oder Weitergabe der neuen Erkenntnisse aufgefordert werden.	
Merkblatt : Ein leicht verständliches Merkblatt "Elektrische Heizbänder" könnte eine rasche und breite Wirkung erzielen und auf unterschiedlichen Wegen verbreitet werden.	

Tab. 5 Zielpublika und Vorgehensvorschläge

6.2 Vorschläge für Umsetzung bzw. Folgeprojekte

Fachartikel

Im Nachgang zum Forschungsprojekt werden Fachartikel durch die Projektpartner-Verbände SSIV und VSEI erstellt und in einschlägigen Fachzeitschriften publiziert.

Angepasste Versionen für breiter orientierte Fachzeitschriften (Tec 21, Hauseigentümer, ...) können folgen. Realisierung evtl. durch die gleichen Autoren.

Merkblatt

Mit einem leicht verständlichen Merkblatt könnte eine rasche und breite Wirkung erzielt werden. Das Merkblatt sollte in erster Linie für Sanitärfachleute erstellt werden, für die Anwendungen Warmwasser und Frostschutz bei Leitungen. Eine angepasste Version für Elektrofachleute ist denkbar.

Der Inhalt eines derartigen Merkblatts kann aus den Ergebnissen des Forschungsprojekts mit kleinem Aufwand zusammengestellt werden. Er ist mit den zuständigen Fachpersonen der betroffenen Fachverbände (SSIV, VSEI, ...) in einer Vernehmlassung zu bereinigen, damit diese als Partner oder Mit-Herausgeber figurieren können. Das Merkblatt muss attraktiv gestaltet werden, z.B. Faltblatt C5/6, ähnlich Umwälzpumpen-Leitfaden [6], um Beachtung zu finden.

Entscheidend für die Wirkung ist zudem die Art der Verteilung:

- Versand durch Fachverbände
- Download bzw. Bestellmöglichkeit bei Homepages Fachverbände und EnergieSchweiz
- Ideal wäre die Integration in Planungsunterlagen der Heizband-Anbieter (wenig ausichtsreich wenn "Vermeidungsmöglichkeiten" stark betont werden!).

Vorschriften

Baurechtliche Vorschriften sind am ehesten für die Anwendungsbereiche Freiflächen / Heizungen im Freien (vgl. auch Kapitel 4.4 "Städte Basel und Zürich") sowie Raumheizung (hier als Technik-Thema ausgeklammert) denkbar. Soweit solche politisch durchgesetzt werden können, ist sicher eine – energiesparende – Wirkung vorhanden. Allerdings ist mit einer Dunkelziffer trotzdem realisierter Anlagen zu rechnen, da eine Kontrolle kaum möglich ist (Heizbänder nach Installation nicht mehr sichtbar, unverfängliche Tableau-Beschriftung).

Normen, Empfehlungen / Regeln der Baukunst

In den Empfehlungen und Normen des Schweizerischen Architekten und Ingenieurvereins (sia) sind z.Zt. keine Aussagen zu elektrischen Heizbändern zu finden.

Die sia-Empfehlung 380/4 "Elektrische Energie im Hochbau" wird z.Zt. überarbeitet und soll neu als Norm herausgegeben werden. Darin wird u.a. das Thema Hilfsenergie für Raumheizung und Warmwasser behandelt und voraussichtlich können Hinweise oder sogar Anforderungen zum energiesparenden Einsatz von Heizbändern gemacht werden. Das Thema wird im Auftrag der sia-Kommission von J. Nipkow bearbeitet.

Im Forschungsprogramm "Warmwasser" des BFE ist ein Projekt "Methode zur Berechnung des Jahresenergieverbrauchs von Warmwasseranlagen" ausgeschrieben, welches Grundlagen für eine Berechnung analog zur Wärmebedarfsberechnung gemäss sia 380/1 liefern soll. In diesem Projekt müssen auch Warmwasserverteilanlagen mit Heizbändern behandelt werden. Wie weit die Methode dann in sia 380/1 integriert werden soll, ist noch offen. Eine Koordination mit den oben erwähnten Arbeiten zu sia 380/4 ist jedenfalls notwendig.

Die Publikationen des Impulsprogramms RAVEL (Rationelle Verwendung von Elektrizität, 1989 - 1996) bzw. deren Empfehlungen sind zum teilweise Stand der Technik geworden und werden z.T. beinahe als Regeln der Baukunst anerkannt. Elektrische Heizbänder werden allerdings nur recht kurz in [7] behandelt; durch den vorliegenden Bericht wird den dortigen Aussagen nicht widersprochen, sondern sie werden ergänzt und differenziert.

Pilotprojekt Objekt-Dokumentation und -Messungen

Um bessere Datengrundlagen zum Elektrizitätsverbrauch von Heizband-Anlagen zu erhalten, könnten im Rahmen eines Pilotprojekts von EnergieSchweiz neue Anlagen mit Heizbändern

(Warmwasser und Frostschutz) von der Planung an sorgfältig dokumentiert und nach Inbetriebnahme der Elektrizitätsverbrauch gemessen werden. Um an solche Anlagen heranzukommen, würde sich eine Projekt-Partnerschaft z.B. mit den Städten Basel und Zürich sowie mit Heizband-Anbietern eignen. Das Projekt müsste auf eine mehrjährige Laufzeit angelegt werden, da die Verbrauchswerte in Neubauten sich erst nach längerer Betriebszeit auf "durchschnittliche" Werte einpendeln.

6.3 Umsetzungshinweise Basel und Zürich

In beiden Städten lassen sich weder aus den Befragungen noch aus den gesetzlichen Grundlagen besondere, auf die jeweilige Situation zugeschnittene Massnahmen angeben. In Zürich sollten jedenfalls die Ergebnisse von Kapitel 5.1/5.2 bzw. ein ggf. zu schaffendes Merkblatt in die entstehenden Haustechnik-Richtlinien einfließen.

Somit können für betroffenen Ämter und Fachleute beider Städte die folgenden generellen Umsetzungshinweise gelten:

- Ein zu schaffendes Merkblatt zum energiesparenden Einsatz elektrischer Heizbänder könnte unterstützt werden.
- Das Merkblatt soll in den betroffenen behördlichen und externen Stellen (Planung für städtische Bauten) verbreitet und ggf. zur Richtlinie erklärt werden (oder in Haustechnik-Richtlinien integriert). Denkbar sind natürlich auch restriktivere städtische Richtlinien zu Heizbändern.
- In der internen Weiterbildung sollen das Merkblatt und evtl. weitere aktuelle Hinweise zum sparsamen Einsatz von Heizbändern verwendet werden.
- Der Einsatz von Heizbänder in (ausgewählten) städtischen Bauten könnte detailliert dokumentiert und messtechnisch begleitet werden (vgl. Kapitel 6.2, Pilotprojekt).

7. Quellenverzeichnis

- [1] Machbarkeitsstudie Datenerhebung im Programm "Elektrizität", Verbrauchergruppen Beleuchtung, Haustechnik, Mobilität, gewerbliche Anwendungen, diverse Spezialanwendungen. J. Nipkow et al, BFE Bern, Dez. 2000
- [2] Simulation Warmwassersysteme, Alpha Real AG Zürich et al, Forschungsprogramm Warmwasser BFE, Mai 1999
- [3] Merkblatt SVGW: Legionellen in Trinkwasserinstallationen – Was muss beachtet werden? SVGW, Zürich, Juli 2001
- [4] Legionellen und Legionellose, Broschüre Nr. 311.355d des Bundesamts für Gesundheit, Bern August 1999
- [5] Projekt-Eingabe "Klassierung von Wärmedämmssystemen an Rohrleitungen anhand von gemessenen, effektiven Wärmeverlusten", 24. 5. 2000, zur Ausschreibung Forschungs-, Pilot- und Demonstrationsprogramm Rationelle Energienutzung in Gebäuden 2000 - 2003
- [6] Umwälzpumpen - Leitfaden für Dimensionierung und Auswahl, Bundesamt für Energie 1997/2001, Bezug EDMZ Bern Nr. 805.164d, <http://www.energie-schweiz.ch/imperia/md/content/gebudeanlagen/vollzugshilfen/11.pdf>
- [7] Elektrische Wassererwärmung, Impulsprogramm RAVEL, 2. Auflage 1995, Bezug: BBL (Fax 031 325 50 58), Best. Nr. 724.349.1d. auch auf Impuls-CD (sia)

Verkaufs- und Planungsunterlagen der Heizband-Anbieter:

- Domotec AG (4663 Aarburg)
- Friap /Bartec (über Fa. BUMA, Josef Burri AG, 6102 Malters)
- Raychem/Tyco (über Spectratec AG, 6342 Baar)

8. Anhang

8.1 Elektroheizung

Inserat in einer Schweizer Haustechnik-Fachzeitschrift



In dieser Überbauung wurden u.a. in der Küche, im Bad und in den Wohnräumen T2-Bodenbeheizungen eingesetzt.

Ein Markenzeichen für Behaglichkeit

US-HERSTELLER TYCO LANCIERT IN EUROPA EINE NEUE FUSSBODENBEHEIZUNG,
DIE FLEXIBEL IST, ZUVERLÄSSIG ARBEITET UND SCHNELL VERLEGT WERDEN KANN

8.2 Detail-Daten Modellrechnungen "klein" und "mittel"

Materialpreise von Heizbändern und Zubehör (Fr., o. MWSt)					
Anlage "Klein"	[m, St.]	Produkt A	Produkt B	Produkt C	
Band	30	780	585	570	
Anschl./T-Stück	3	562	379.5	360.5	
Schaltuhr	(1)	0	0	148	
Inbetriebnahme	2 Kr.	150	360	350	
Mehrpreis Regler		318	424	251	
Total "Klein"		1492	1324.5	1428.5	
Total mit Regler		1810	1748.5	1679.5	
Abschätzung Elt-Verbrauch klein:					
	W/m	h/a	kWh/a	Fr./kWh	Fr./a
Fr. in 20 Jahren:	6	5000	900	0.2	180.00
3'600.00					
Anlage "Mittel"	[m, St.]	Produkt A	Produkt B	Produkt C	
Band	200	5800	4800	4700	
Anschl./T-Stück	10	1780	1195	1133	
Steuergerät	2	636	848	798	
Inbetriebnahme	2 Kr.	200	410	400	
Total "Mittel"		8416	7253	7031	
Abschätzung Elt-Verbrauch mittel:					
	W/m	h/a	kWh/a	Fr./kWh	Fr./a
Fr. in 20 Jahren:	8	3000	4800	0.2	960.00
19'200.00					

8.3 Fachartikel zum Thema (Zusammenfassung aus Bericht)

Elektrische Heizbänder richtig einsetzen

Schwerpunkt Elektrobranche und Architekten

von Jürg Nipkow

Elektrische Heizbänder verbrauchen in der Schweiz etwa soviel Strom wie alle Fernsehgeräte. Die bedeutendsten Anwendungen mit je ca. 1/3 des Verbrauchs sind Frostschutz für Leitungen und Dachrinnen, Warmwasser-Verteilleitungen sowie industrielle Rohrbegleitheizungen. Obwohl vor allem selbstregelnde Heizbänder eingesetzt werden, sind mit zusätzlichen bedarfsgerechten Steuerungen grosse Einsparungen realisierbar. Noch mehr sparen Konstruktionen und Installationen, die ohne Heizbänder auskommen.

Technik

Elektrische Heizbänder enthalten einen Kern aus kohlenstoffhaltigem Kunststoff zwischen zwei stromzuführenden Litzen (Bild 1). Dieser Kunststoff stellt einen elektrischen Heizwiderstand dar. Heute werden vorwiegend **selbstregelnde** Heizbänder eingesetzt, deren Heizleistung temperaturabhängig variiert und die nach so genannten Haltetemperaturen typisiert sind. Die Leistungsvariation wird durch unterschiedliche Widerstandsmaterialien erreicht. Aus der Temperatur-Leistungs-Charakteristik (Bild 3) ist die Abhängigkeit der resultierenden Temperatur vom Wärmeverlust [W/m] ersichtlich. Da sich ein Gleichgewicht einstellt, ist die elektrische Leistungsaufnahme gleich dem Wärmeverlust.

Bild 1 Aufbau eines selbstregelnden Heizbandes
(Quelle: Friap)



Je nach Anwendung weisen die Heizbänder **Schutzschichten** auf (wasserdicht, elektrisch, Metallgeflecht für Schutzklasse 1, mechanisch). Der Einsatz von Bändern der Schutzklasse 1 wird für grosse Anlagen zur Minimierung des Brandrisikos empfohlen (bei Beschädigung zuverlässige Abschaltung mit FI-Schutzschalter). Allerdings ist die Erstellung von Anschlüssen und Verbindungen für Heizbänder der Schutzklasse 1 anspruchsvoller, weil die äussere Schutzschicht abgeschält und das Metallgeflecht umgeschlagen werden muss (Bild 2).

Bild 2 Heizband Schutzklasse 1 mit Metallgeflecht



Zusätzliche Steuerung notwendig

Mit der Wahl des Band-Typs und einer Wärmedämmung nach geltenden Vorschriften wird zwar die angestrebte bzw. für den Heizband-Typ charakteristische Haltetemperatur mit etwa $\pm 5^\circ\text{C}$ Toleranz erreicht. Soll aber die Haltetemperatur für **Warmwasserleitungen** und damit auch der Elektrizitätsverbrauch genauer bestimmt werden, so muss sie aus der exakten Leistungscharakteristik des Bandes und der Wärmeverlustfunktion der Leitung ermittelt werden.

den. Zur Zeit gibt nur ein Anbieter in den Planungsunterlagen quantitative Leistungscharakteristiken an (vgl. Bild 3). Nach Bedarf kann die Haltetemperatur mit einem Leistungssteller durch Spannungs-Reduktion abgesenkt werden. In Bild 3 würde damit die Leistungscharakteristik nach unten verschoben. Dies ist vor allem für Heizbänder von Warmwasser-Verteilungen in grösseren Bauten (höhere Heizband-Haltetemperatur) sinnvoll und erlaubt eine Nachtabsenkung (statt -Abschaltung mit Komfortnachteil). Das Einspar-Potenzial beträgt mit Mikroprozessor-Steuerungen bis 50%.

Aus Bild 3 wird klar, dass **Frostsenschutz-Heizbänder** keinesfalls ohne zusätzliche Steuerung installiert werden dürfen: Schon bei 0°C Umgebungstemperatur und dünner Wärmedämmung (Verlustkennlinie) wird der Rohrinhalt bis über 25°C erwärmt, bei entsprechendem Elektrizitätsverbrauch. Eine "ideale" Leistungscharakteristik gemäss Bild 3 scheint nicht machbar bzw. ist nicht erhältlich. Daher ist bei Frostschutz-Anwendungen unbedingt eine Abschaltung bei Umgebungstemperaturen (noch besser: Rohrtemperaturen) über 0°C erforderlich. Mit Spezial-Steuergeräten mit integriertem Leistungssteller ist sogar eine gute Annäherung der idealen Leistungscharakteristik möglich.

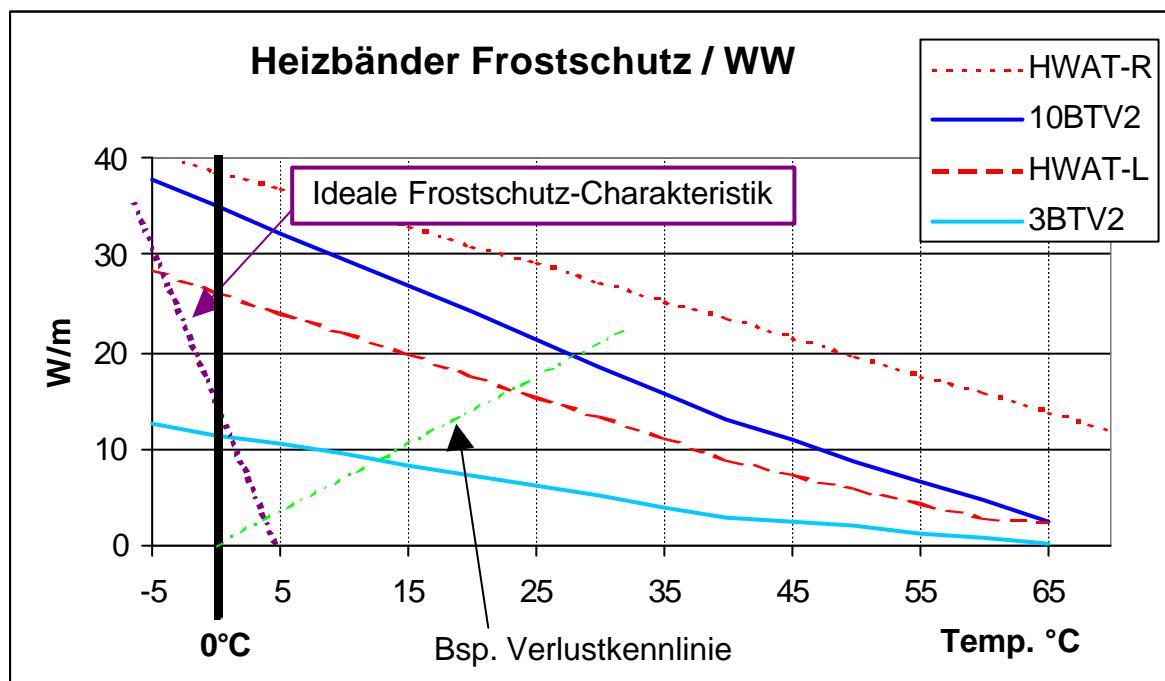


Bild 3 Charakteristik von Frostschutz- (10BTV2, 3BTV2) und Warmwasser- Heizbändern (HWAT-R, HWAT-L). Daten Spectratec AG, Baar.

Frostschutz energiesparend

Leitungen in ungeheizten Räumen (Garage, Bau-Lücken, Estrich etc.) müssen in manchen Fällen mit Frostschutz-Heizbändern geschützt werden. Zuerst ist aber stets zu prüfen, ob die Frostschutzsicherheit nicht einfacher und energiesparender mit richtiger Wärmedämmung von Raum und Leitungen erreicht werden kann. Ist tatsächlich ein Frostschutz-Heizband nötig (oder bestehend), so ist die tatsächlich erforderliche Einschaltzeit oft sehr klein, nämlich wenige Stunden bei längeren extremen Kälteperioden. Vor allem ältere bzw. einfache Steuerungen führen jedoch oft zu grosser Verschwendungen: Ein zwar selbstregelndes, aber nur thermostatisch gesteuertes Heizband wird fast immer mit viel zu grosser Leistung heizen, weil es auf z.B. -30°C ausgelegt ist. Bei 0°C kann die Leitung – je nach Bandtyp und Isolierung – unnötig bis über 20°C erwärmt werden (Bild 3)! Mit einer temperaturabhängigen Leistungssteuerung sind Stromeinsparungen bis über 50% möglich. Wichtig ist zudem, dass die

Thermostat-Steuerung zweckmässig ausgeführt wird: kleine Schaltdifferenz (<3 K), genaue Temperatureinstellung, optimale Fühlerplatzierung (möglichst an der Leitung).

Dächer und Spenglerarbeiten sollten grundsätzlich so gestaltet werden, dass keine Schäden oder Gefährdung durch Frost entstehen. Bei besonderen Dachformen (z.B. V-förmig) und/oder extremen Klimazonen und Sicherheitsansprüchen können Lösungen mit Rinnenheizungen nötig sein. In diesen Fällen gilt noch mehr als bei Rohr-Frostschatz, dass mit guter Steuerung die Einschaltdauer minimiert werden kann: Heizleistung ist nur erforderlich, wenn bei Frosttemperaturen Wasser (flüssig) auftritt, etwa durch Sonneneinstrahlung oder Schmelze wegen Abwärme. Somit sollten nebst genauen Thermostaten bzw. Temperaturfühlern auch gute Feuchtefühler – eigentlich Wasser-Fühler – eingesetzt werden, welche nicht schon bei Feuchte, sondern erst bei fließendem Wasser ansprechen. Allerdings ist die Fühlerplatzierung kritisch, da die Funktion nicht erbracht wird, wenn der Fühler trocken bleibt. Eine einfachere Möglichkeit bietet ein zweiter Thermostat bzw. Schaltpunkt, der bei z.B. -3 bis -2°C das Heizband wieder ausschaltet, da dann kein flüssiges Wasser mehr auftritt

Bei Freiflächen-Heizungen ist der Hauptzweck die Vermeidung von Eisbildung auf Flächen, wo dies nicht mechanisch oder mit Salz erfolgen kann. Ein Einsatz der Heizung zur Schneeräumung bedeutet extreme Energieverschwendungen (ausser mit nicht anders verwendbarer Abwärme). In manchen Kantonen sind elektrische Freiflächenheizungen verboten.

Warmwasserverteilung: Heizband oder Zirkulation?

Die Vorteile von Heizbändern gegenüber Zirkulationssystemen sind für den Sanitäroffiziateur offensichtlich: keine (Zirkulations-) Rückleitung zu installieren, kein hydraulischer Abgleich, keine Temperaturprobleme, Warmhaltung bis zum letzten Dezimeter. Die Erstellungskosten liegen ähnlich bis etwas tiefer als mit Zirkulationsleitungen. Neuere Untersuchungen haben zudem nachgewiesen, dass der Energieverbrauch eher kleiner ist als mit Zirkulationsleitungen. Allerdings ist diese Energie zwangsläufig Elektrizität und damit rund dreimal teurer als Brennstoff-Wärme. Besonders stört dies bei Anlagen, welche erneuerbare Energiequellen oder Abwärme nutzen (solar, Holz, Wärmepumpe). Und einmal installiert, kann die Strom-Abhängigkeit nicht mehr mit verhältnismässigem Aufwand geändert werden. Daraus ergibt sich folgende Empfehlung:

- Warmwassersysteme mit Sonnenkollektoren, Holzfeuerungen und Wärmepumpen sollten nicht mit Heizbändern zur Warmhaltung ausgeführt werden, damit die beträchtlichen Verteilverluste (30 bis 60%) ebenfalls mit erneuerbarer Energie gedeckt werden.

Was ist zu tun bei bestehenden Anlagen?

Heizband-Anlagen für **Warmwasser**-Warmhaltung können oft durch bessere Steuerung sowie bessere Wärmedämmung sparsamer betrieben werden. Weil die Betreiber grösserer Anlagen die Stromkosten auf die Mieter überwälzen, wird die Chance einer energetischen Verbesserung erst bei Erneuerung der Anlage oder von Teilen davon (Reparatur) kommen. Informierte Installateure und Planer werden sie dannzumal auch nutzen!.

Interessanter ist die Situation bei **Frostschatz**-Anlagen, einerseits wegen der grösseren Einsparmöglichkeiten, andererseits weil solche Anlagen oft ohne Wissen ihrer Betreiber existieren und Elektrizität verbrauchen. Wie kann man herausfinden, ob eine Frostschatz-Heizbandanlage vorhanden ist? Bei Heizbändern von **Leitungen** sollte der Elektroanschluss sichtbar sein, da diese Leitungen i.d.R. verfolgt werden können. Bei Frostschatz-Heizbändern von **Dachrinnen** ist jedoch auch der Anschluss nicht immer ohne Weiteres einsehbar, weshalb am besten in Elektro-Tableaus danach gesucht wird. Die Überprüfung der

Funktion einer bestehenden Frostschutz-Heizbandanlage – z.B. mit einer Stromzange – kann u.U. nur bei Frosttemperaturen geschehen, da sie sonst ausgeschaltet ist. Immerhin: falls auch sonst eine Elektrizitätsverbrauch festzustellen ist, sind Massnahmen dringend. Als Sanierungsmassnahmen kommen Verbesserungen der Steuerung in Frage, wenn nicht sogar dank einfachen baulichen oder Wärmedämm-Massnahmen das Heizband ganz ausgeschaltet werden kann. Vielleicht ergibt schon eine Neu-Beurteilung der Risikosituation, dass das Heizband ausser Betrieb genommen werden kann.

Die beste Steuerung lohnt sich!

Im Forschungsprojekt [1] wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Warmwasser-Heizbandsysteme erstellt. Es zeigt sich, dass die Stromkosten über eine Betriebsdauer von 20 Jahren das 1,5- bis 2-fache der Erstellungskosten ausmachen. Da eine optimale Steuerung (z.B. mit Mikroprozessor) Mehrkosten von nur etwa 10% ausmacht, die erreichbare Einsparung gegenüber der billigsten Steuerung beträgt aber 30 bis 50%, ist die Rechnung schnell gemacht: die beste Steuerung zahlt sich in wenigen Jahren aus! Bei Frostschutz-Anlagen sind die Stromkosten vergleichsweise geringer, dafür aber das Einsparpotenzial der besten Steuerung bis 70%.

Heizbänder energiesparend einsetzen

Frostschutz Dachrinnen etc.:

- Fachgerechtes Konzept der Wärmedämmung von Dächern (Dampfsperre, Hinterlüftung) vermeidet Wasserdampfaustritt und somit Eisbildung (Architekt, Bauphysiker)
- Dächer und Rinnen so konzipieren bzw. anordnen dass Tauwasser bei Frosttemperaturen (Sonneneinstrahlung) immer ablaufen kann (Architekt, Spengler)

Frostschutz Leitungen:

- Leitungen in frostgeschützten Bereichen verlegen (Sanitär-Planer)
- Frostrisiko durch bauliche Massnahmen und Wärmedämmung eliminieren (Architekt)
- Beste Steuerung einsetzen und richtig einstellen.

Warmwasser:

- Notwendigkeit der Warmhaltung vermeiden durch kurze Distanzen. Zirkulation statt Heizband einsetzen bei erneuerbaren Energieträgern.
- System für minimale warmzuhaltende Leitungslängen konfigurieren, optimale Wärmedämmung (besser als kantonale Vorschriften), richtiger Heizband-Typ, beste Steuerung einsetzen und richtig einstellen.

Quellen

- [1] Elektrische Heizbänder - Anwendungen, Energieverbrauch und Sparmöglichkeiten. Jürg Nipkow, ARENA, Zürich; Schlussbericht BFE-Forschungsprojekt Nr. 42465, April 2002.

Adresse des Autors: Jürg Nipkow, dipl. El. Ing. ETH/SIA, ARENA, Zürich
Tel./Fax 01 362 91 83, E-Mail Juergnipkow@swissonline.ch

Elektrische Heizbänder richtig einsetzen

Schwerpunkt Sanitärbranche

von Jürg Nipkow

Elektrische Heizbänder verbrauchen in der Schweiz etwa soviel Strom wie alle Fernsehgeräte. Die bedeutendsten Anwendungen mit je ca. 1/3 des Verbrauchs sind Warmwasser-Verteilleitungen, Frostschutz für Leitungen und Dachrinnen sowie industrielle Rohrbegleitheizungen. Obwohl vor allem selbstregelnde Heizbänder eingesetzt werden, sind mit zusätzlichen bedarfsgerechten Steuerungen grosse Einsparungen realisierbar. Noch mehr sparen Installationen und Konstruktionen, die ohne Heizbänder auskommen.

Technik

Elektrische Heizbänder enthalten einen Kern aus kohlenstoffhaltigem Kunststoff zwischen zwei stromzuführenden Litzen (Bild 1). Dieser Kunststoff stellt einen elektrischen Heizwiderstand dar. Heute werden vorwiegend **selbstregelnde** Heizbänder eingesetzt, deren Heizleistung temperaturabhängig variiert und die nach so genannten Haltetemperaturen typisiert sind. Die Leistungsvariation wird durch unterschiedliche Widerstandsmaterialien erreicht. Die deklarierte Haltetemperatur stellt sich bei der empfohlenen Leitungs-Wärmedämmung ein (vgl. Bild 3).

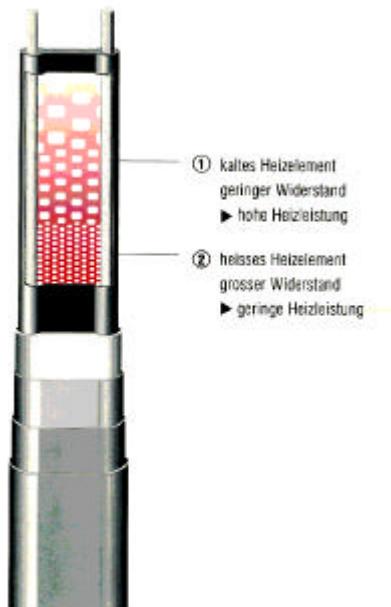
Bild 1 Aufbau eines selbstregelnden Heizbandes
(Quelle: Friap)

Je nach Anwendung weisen die Heizbänder Schutzschichten auf (wassererdicht, elektrisch, Metallgeflecht für Schutzklasse 1, mechanisch). Der Einsatz von Bändern der Schutzklasse 1 wird für grosse Anlagen zur Minimierung des Brandrisikos empfohlen (bei Beschädigung zuverlässige Abschaltung mit Fl-Schutzschalter). Allerdings ist die Erstellung von Anschlüssen und Verbindungen für Heizbänder der Schutzklasse 1 anspruchsvoller, weil die äussere Schutzschicht abgeschält und das Metallgeflecht umgeschlagen werden muss (Bild 2).

Bild 2 Heizband Schutzklasse 1 mit Metallgeflecht

Die Anschluss- und Verbindungsarmaturen werden teils direkt auf die Leitungen, teils auf Sockel montiert. Dazu folgende Anmerkungen:

- Montage direkt auf 45...65°C warme Rohre ist für Isolierung bzw. Wärmeverlust ungünstig, zudem könnte die Stabilität der Kunststoffteile langfristig kritisch sein (geklemmt Litzen-Verbindungen für Netzspannung).
- Montage auf Sockel oder Bügel vermeidet obige Probleme weitgehend. Wegen der Wärmeableitung sollten die Bügel aus Kunststoff oder Eisen, jedenfalls nicht aus Aluminium sein.



Warmwasserverteilung: Heizband oder Zirkulation?

Die Vorteile von Heizbändern gegenüber Zirkulationssystemen sind für den Installateur offensichtlich: keine (Zirkulations-) Rückleitung zu installieren, kein hydraulischer Abgleich, keine Temperaturprobleme, Warmhaltung bis zum letzten Dezimeter. Die Erstellungskosten liegen ähnlich bis etwas tiefer als mit Zirkulationsleitungen. Neuere Untersuchungen haben zudem nachgewiesen, dass der Energieverbrauch eher kleiner ist als mit Zirkulationsleitungen [2]. Allerdings ist diese Energie zwangsläufig Elektrizität und damit rund dreimal teurer als Brennstoff-Wärme. Besonders stört dies bei Anlagen, welche erneuerbare Energiequellen oder Abwärme nutzen (solar, Holz, Wärmepumpe). Und einmal installiert, kann die Strom-Abhängigkeit nicht mehr mit verhältnismässigem Aufwand geändert werden. Daraus ergibt sich folgende Empfehlung:

Warmwassersysteme mit Sonnenkollektoren, Holzfeuerungen und Wärmepumpen sollten nicht mit Heizbändern zur Warmhaltung ausgeführt werden, damit die beträchtlichen Verteilverluste (30 bis 60%) ebenfalls mit erneuerbarer Energie gedeckt werden.

Legionellen und Heizbänder

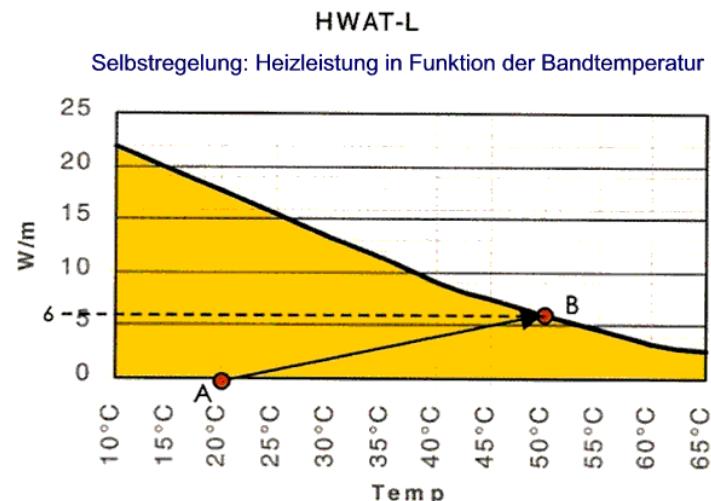
Nach neuen Untersuchungen können Legionellen sich auch bei konstanten Temperaturen über 50°C vermehren. Periodische grössere Temperaturschwankungen hingegen ertragen sie schlecht. Deshalb sollten Warmwasserverteilsysteme nicht nur zum Energiesparen, sondern auch wegen der Legionellen mit Nachabsenkung (mindestens 15°C tiefer) oder Abschaltung ausgerüstet werden, wie das in manchen Kantonen Vorschrift ist. Dies lässt sich sowohl mit Heizbändern (Schaltuhr oder Mikroprozessor-Steuerung) wie auch mit Zirkulationssystemen realisieren. Heizbandsysteme sorgen jedoch besser für eine konstante Speichertemperatur von z.B. 60°C als Legionellen-Gegenmassnahme, weil es keine Abkühlung durch die Zirkulationsrückleitung gibt.

Für alle Warmwasserverteilsysteme gilt, dass eine besonders gute und stabile Wärmedämmung der Leitungen gleich zwei Forderungen der Legionellenbekämpfung erfüllt: geringe Abkühlung des Warmwassers in den Leitungen sowie geringe Erwärmung von Kaltwasserleitungen. Grundlagen zur Legionellenproblematik finden sich in [3] und [4].

Haltetemperatur für Warmwasserleitungen

Aus der Temperatur-Leistungs-Charakteristik (Bild 3) kann die Abhängigkeit der resultierenden Temperatur von der Wärmedämmung bzw. anders bewirkter Temperaturerhöhung (z.B. Warmwasserdurchfluss) abgeleitet werden. Mit der Wahl des Band-Typs und einer Wärmedämmung nach geltenden Vorschriften wird zwar die angestrebte bzw. für den Band-Typ charakteristische Haltetemperatur mit etwa $\pm 5^{\circ}\text{C}$ Toleranz erreicht. Soll aber die Haltetemperatur und damit auch der Elektrizitätsverbrauch genauer bestimmt werden, so muss sie aus der exakten Leistungscharakteristik des Bandes und der Wärmeverlustfunktion der Leitung ermittelt werden. Es ist also keineswegs selbstverständlich, dass die in der Praxis resultierende Temperatur der Typen-Haltetemperatur entspricht! Zur Zeit gibt nur ein Anbieter in den Planungsunterlagen quantitative Leistungscharakteristiken an.

Bild 3 Temperatur-Leistungs-Charakteristik eines Heizbandes für Warmwasser. A: Beispiel der Wärmeverlustfunktion der Leitung. Im Schnittpunkt resultiert die Haltetemperatur. (Quelle: Spectratec AG)



Nach Bedarf kann die Haltetemperatur mit einem Leistungssteller durch Spannungs-Reduktion abgesenkt werden. In Bild 3 würde damit die Leistungs-Charakteristik nach unten verschoben. Dies ist vor allem in grösseren Bauten (höhere Heizband-Haltetemperatur) sinnvoll und erlaubt eine Nachabsenkung statt -Abschaltung. Das Einspar-Potenzial beträgt mit Mikroprozessor-Steuerungen bis 50%.

Frostschutz bei Leitungen

Frostschutz-Heizbänder sind u.U. für Leitungsteile in ungeheizten Räumen (Garage, Bau-Lücken, Estrich etc.) nötig. Allerdings ist stets zu prüfen, ob die Frostsicherheit nicht einfacher und energiesparender mit richtiger Wärmedämmung von Raum und Leitungen erreicht werden kann.

Ist ein Frostschutz-Heizband nötig (oder bestehend), so ist die tatsächlich erforderliche Einschaltdauer oft sehr klein, nämlich wenige Stunden bei längeren Kälteperioden. Vor allem ältere bzw. einfache Steuerungen führen jedoch oft zu grosser Verschwendungen:

Ein zwar selbstregelndes, aber nur thermostatisch gesteuertes Heizband wird fast immer mit viel zu grosser Leistung heizen, weil es auf z.B. -30°C ausgelegt ist. Bei 0°C kann die Leitung unnötig bis über 20°C erwärmt werden! Mit einer temperaturabhängigen Leistungssteuerung sind Stromeinsparungen bis über 50% möglich. Wichtig ist zudem, dass die Thermostat-Steuerung zweckmäßig ausgeführt wird: kleine Schaltdifferenz (<3 K), genaue Temperaturinstellung, optimale Fühlerplatzierung (möglichst an der Leitung).

Tipps zur Ausführung

Heizband-Anlagen verschwenden oft Energie wegen praktischer Ausführungsmängel, welche durch gute Instruktion bzw. Information leicht vermeidbar wären:

- Nicht wärmegedämmte Partien bei Armaturen (Bild 4). Diese Heizband-Teile laufen mit maximaler Leistung, wobei ohne Dämmung das Leitungsstück trotzdem auskühlen wird.
- Leitungsteile ohne Heizband (z.B. unterer Speicherabgang): führen zu kalten Ppropfen, also Komfortnachteilen (und evtl. dadurch zu Wasser-Mehrverbrauch).
- Bei Leitungen mit harter bzw. spröder Wärmedämmung (PIR) in Schächten können schlecht befestigte Rohrschalen durch Ausdehnungsbewegungen brechen und abfallen.

len. Dies wird u.U. nicht bemerkt und ist schlecht reparierbar. Die Folgen sind aber schwer wiegend: erhöhter Wärmeverlust, Erwärmung von Kaltwasserleitungen (Legionellen!).

Bild 4 Heizband-Ausführungs-detail Wasserzähler: nicht isoliert!



Was ist zu tun bei bestehenden Anlagen?

Heizband-Anlagen für **Warmwasser**-Warmhaltung können oft durch bessere Steuerung sowie bessere Wärmedämmung sparsamer betrieben werden. Weil die Betreiber grösserer Anlagen die Stromkosten auf die Mieter überwälzen, wird die Chance einer energetischen Verbesserung erst bei Erneuerung der Anlage oder von Teilen davon (Reparatur) kommen. Informierte Installateure und Planer werden sie dannzumal auch nutzen!.

Interessanter ist die Situation bei **Frostschutz**-Anlagen, einerseits wegen der grösseren Einsparmöglichkeiten, andererseits weil solche Anlagen oft ohne Wissen ihrer Betreiber existieren und Elektrizität verbrauchen. Wie kann man herausfinden, ob eine Frostschutz-Heizbandanlage vorhanden ist? Bei Heizbändern von **Leitungen** sollte der Elektroanschluss sichtbar sein, da diese Leitungen i.d.R. verfolgt werden können. Bei Frostschutz-Heizbändern von **Dachrinnen** ist jedoch auch der Anschluss nicht immer ohne Weiteres einsehbar, weshalb am besten in Elektro-Tableaus danach gesucht wird. Als Sanierungsmassnahmen kommen Verbesserungen der Steuerung in Frage, wenn nicht sogar dank einfachen baulichen oder Wärmedämm-Massnahmen das Heizband ganz ausgeschaltet werden kann.

Die beste Steuerung lohnt sich!

Im Forschungsprojekt [1] wurde eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für Warmwasser-Heizbandsysteme erstellt. Es zeigt sich, dass die Stromkosten über eine Betriebsdauer von 20 Jahren das 1,5- bis 2-fache der Erstellungskosten ausmachen. Da eine optimale Steuerung (z.B. mit Mikroprozessor) Mehrkosten von nur etwa 10% ausmacht, die erreichbare Einsparung gegenüber der billigsten Steuerung beträgt aber 30 bis 50%, ist die Rechnung schnell gemacht: die beste Steuerung zahlt sich in wenigen Jahren aus! Bei Frostschutz-Anlagen sind die Stromkosten vergleichsweise geringer, dafür aber das Einsparpotenzial der besten Steuerung bis 70%.

Heizbänder energiesparend einsetzen

Warmwasser:

- Notwendigkeit der Warmhaltung vermeiden durch kurze Distanzen (Ausstosszeiten bis 8 Sekunden sind noch komfortabel). Zirkulation statt Heizband einsetzen bei erneuerbaren Energieträgern.
- System für minimale warmzuhaltende Leitungslängen konfigurieren (z.B. nur UG-Verteilung warm, Steigzonen mit Einzelleitungen). Dies ist auch gut gegen Legionellen.
- Optimale Wärmedämmung (besser als kantonale Vorschriften), entsprechender Heizband-Typ (Haltetemperatur richtig bestimmen). Lückenlose, gut anliegende Ausführung, v.a. auch in Schächten.
- Beste Steuerung einsetzen und richtig einstellen.

Frostschutz Leitungen:

- Leitungen in frostgeschützten Bereichen verlegen
- Frostrisiko durch bauliche Massnahmen und Wärmedämmung eliminieren
- Beste Steuerung einsetzen und richtig einstellen.

Quellen

- [1] Elektrische Heizbänder - Anwendungen, Energieverbrauch und Sparmöglichkeiten. Jürg Nipkow, ARENA, Zürich; Schlussbericht BFE-Forschungsprojekt Nr. 42465, April 2002.
- [2] Simulation Warmwassersysteme, Alpha Real AG Zürich et al, Forschungsprogramm Warmwasser Bundesamt für Energie BFE, Mai 1999
- [3] Merkblatt SVGW: Legionellen in Trinkwasserinstallationen – Was muss beachtet werden? SVGW, Zürich, Juli 2001
- [4] Legionellen und Legionellose, Broschüre Nr. 311.355d des Bundesamts für Gesundheit, Bern August 1999

Adresse des Autors: Jürg Nipkow, dipl. Ing. ETH/SIA, ARENA, Zürich
Tel./Fax 01 362 91 83, E-Mail Juergnipkow@swissonline.ch