

## Fußbodenheizung

### Wenn der Boden flexibel und kostengünstig sein soll

#### Mit dem Einsatz einer Fußbodenheizung die Gebäudehülle optimieren

Repräsentatives Bauen und Wirtschaftlichkeit müssen nicht im Widerspruch zueinander stehen. Der Neubau eines international tätigen Handelsunternehmens in Hückelhoven beweist dies eindrucksvoll. Die Konstruktion hängt in einem äußeren Tragwerk, die Innenräume sind stützenfrei. Die Entscheidung für eine Industriefußbodenheizung trug wesentlich zur Reduzierung der Baukosten bei.



Das Hochregallager hat eine beheizte Bodenplatte aus Stahlbeton mit fugenlos aufgebrachtem Estrich erhalten Fotos: Velta, Norderstedt

Zentrale Pylone halten über Drahtseile Dach und Wände, unterstützt von außenstehenden Fachwerkträgern. Wandelemente aus Stahl bilden die Fassade, nur unterbrochen von horizontalen Fensterbändern und großzügig dimensionierten Oberlichtern, um alle Gebäudeteile mit Tageslicht zu versorgen



Die Planungsgrundlagen für den 20 000 m<sup>2</sup> großen Neubau eines Produktions- und Logistikzentrums hatte der Bauherr, die Firma Wenko Wenselaar GmbH Co. KG „Prod-log“, in einem detaillierten Konzept festgeschrieben. Die darin aufgeführten Festlegungen basierten auf Erfahrungen und schrieben eine Luftheizung ebenso zwingend fest wie eine Tragkonstruktion aus Stahlbetonfertigteilen. Für uns Architekten jedoch war es wichtig, den Bauherrn vor Planungsbeginn davon zu überzeugen, daß dieses fest umschriebene Konzept keinen Raum für Innovationen läßt. Gemeinsam ist es dann gelungen, die Vorgaben in folgende Kernforderungen aufzulösen:

- ▷ optimale Funktionalität
- ▷ wirtschaftliche Konstruktion
- ▷ geringe Betriebskosten
- ▷ hohe Recyclingfähigkeit
- ▷ ansprechende Gestaltung.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Materialfluß (IML) der Fraunhofer-Gesellschaft haben der Bauherr und wir ein individuell angepaßtes Materialflußkonzept erarbeitet. Das Ergebnis ist die Gliederung des Gesamtprojektes in drei getrennte Baukörper:

- ▷ Hochregallager
- ▷ Kommissionierung und
- ▷ Produktion.

Mit dieser Aufteilung in Einzelgebäude verbanden sich wichtige Vorteile: In den Einzelgebäuden ist eine vollständige natürliche Be- und Entlüftung sowie weitgehend natürliche Belichtung möglich. Jedes Gebäude bildet einen Brandabschnitt. Für jedes Gebäude ist ein anderes Temperaturniveau erforderlich.

#### Durch Optimierung 22 000 m<sup>3</sup> Bauvolumen eingespart

Gebäudehülle und -volumen verursachen immer Investitions- und vor allem Betriebskosten. Es ist daher unser Ziel gewesen, die Gebäudehülle und das zu konditionierende Raumvolumen zu optimieren. Vier Faktoren waren maßgebend für den Erfolg:

- ▷ die Tragwerkskonstruktion
- ▷ die Industriefußbodenheizung
- ▷ das Palettensystem und
- ▷ das Lagergut.

Durch die Entscheidung, die Tragkonstruktion nach außen zu legen, konnte ein Bauvolumen von 10 000 m<sup>3</sup> eingespart werden.

Eines der sehr kontrovers diskutierten Einzelprojekte war das Heizungssystem. Unter dem Gesichtspunkt der Gebäudeoptimierung wurden alle gängigen Heizungssysteme untersucht, die Industriefußbodenheizung ging jedoch eindeutig als Optimallösung daraus hervor. Durch die Verlagerung der Tragwerkskonstruktion nach außen und durch Aufstellung der Palettenregale bis direkt an die Innenseite der Fassade und der Dachhaut blieb kein Raum für die Installation von Heizgeräten. Die Realisierung aller anderen Heizsysteme als einer Industriefußbodenheizung hätte ein zusätzliches Raumvolumen von ca. 5 000 m<sup>3</sup> erfordert.

Eine Höhenreduzierung von 35 cm und damit eine Volumensparnis von 3 000 m<sup>3</sup> erbrachte die Optimierung der für dieses Projekt vorgesehenen Regalkonstruktion, die gemeinsam mit dem Hersteller und dem Verband der Sachversicherer e.V. (VdS) durchgeführt wurde.

Eine weitere Volumenreduzierung von 4 000 m<sup>3</sup> wurde durch Verringerung der Regalfachhöhe um jeweils 6,5 cm erreicht. Dies war das Ergebnis einer Analyse, die das Institut für Materialfluß, der Bauherr mit seinen Kunden und Lieferanten gemeinsam durchgeführt haben.

Insgesamt konnten also 22 000 m<sup>3</sup> Bauvolumen eingespart werden – Bauvolumen, das nicht zu bauen, zu beleuchten und zu beheizen war.

### Überdimensionierte Randfugen für eine fugenlose Bodenplatte

Größte Sorgfalt bei der Ausführung wurde auf die exakte Nivellierung der Bewehrung gelegt. Wenn die Bewehrung auch nur an einigen Stellen weniger als 8 cm unter der Oberfläche angeordnet wird, kann es zu Fehlsteuerungen der elektronischen Bauteile der Regalbediengeräte und somit zu gefährlichen Unfällen kommen. Die gesamte Bodenplatte wurde anschließend, ebenfalls fugenlos, mit einem 20 mm starken Magnesitstrich beschichtet. An sämtlichen aufgehenden Bauteilen wurden Randfugen mit einer Breite von 6 cm angeordnet. Die Fugen wurden bewußt überdimensioniert, um Bautoleranzen und Herstellungungenauigkeiten aufzufangen.

Die Industriefußbodenheizung hat die Ausführung der Konstruktion weder kostenmäßig, bautechnisch noch terminlich belastet. Die durch den Einsatz der Industriefußbodenheizung bei der „Gebäudehüllenoptimierung“ gewonnenen Vorteile blieben in vollem Umfang erhalten.

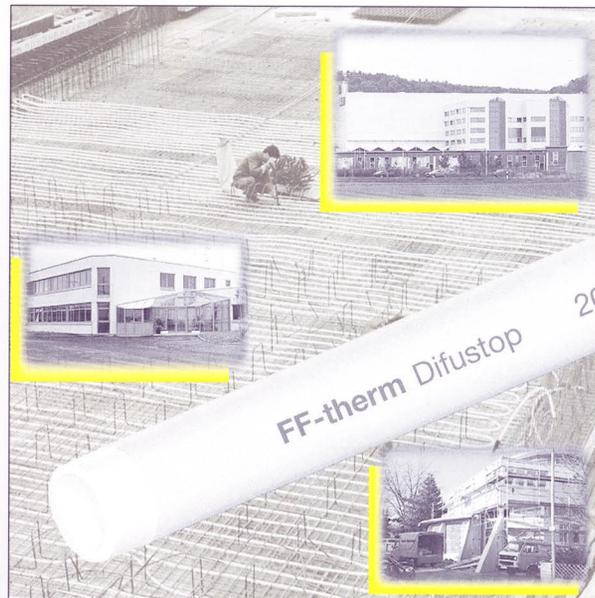
Das Palettenregallager hat ein Volumen von 135 000 m<sup>3</sup>. Die erforderliche Betriebstemperatur ist in Abstimmung mit dem staatlichen Amt für Arbeitsschutz auf 14 °C festgelegt. Diese Mindesttemperatur wird u. a. für die fachgerechte Aufbewahrung des Lagergutes benötigt. In diesem Lager arbeiten ständig zehn Mitarbeiter. Die Regale bieten Platz für 24 000 Europaletten mit bis zu 5 Mio. Einzelbinden. Durch die mit Ware gefüllten Regale entstehen nahezu geschlossene Wandflächen vom Fußboden bis unter das Dach. Eine Luftzirkulation ist im wesentlichen abhängig von dem Grad der Regalbefüllung. Die Beheizung kann also nur sinnvoll von oben oder unten erfolgen.

### Fußbodenheizung unterstützte die Optimierung des Gebäudevolumens

Eine Beheizung von oben schied aus vielerlei Gründen aus. Jedwede Strahlungssysteme würden eine gleichmäßige Beheizung des Lagergutes bis zur untersten Ebene nicht realisieren. Entsprechende Untersuchungen, die wir in diesem Zusammenhang durchgeführt haben, bestätigten dies. Desweiteren würden alle Vorteile, die wir durch die Gebäudevolumenoptimierung erzielt haben, durch die benötigten Mindestabstände, die Heizeinrichtungen selbst und das Rohrsystem verlorengehen.

Anders bei der Industriefußbodenheizung: Hier kommt die Wärme von unten. Die Paletten in der untersten Regalebene sind nicht dicht. Insofern findet zusätzlich zu der völlig freien Wärmeabgabe in den Regalgängen auch die gewünschte senkrechte Zirkulation durch die „Regalwände“ statt. Alle Vorteile, die wir durch die Gebäudevolumenoptimierung erreicht haben, bleiben bei dem Einsatz der Industriefußbodenheizung voll erhalten.

# Von Grund auf wirtschaftlich...



...mit Industrie-  
flächenheizung!

Auf Basis der seit vielen Jahren im Fußboden-Heizungsbereich bewährten FF-therm-Difustop-Rohre bietet FRÄNKISCHE eine ideale Bodenheizung für den Industriebereich mit vielen Vorteilen:

- geringer Energieverbrauch
- wartungsfrei
- gleichmäßiges, über den Hallenboden verteiltes Temperaturprofil
- einfache und schnelle Montage
- bewährte, sauerstoffdichte Rohrkonzeption
- langjährige Systemgarantie

Fordern Sie unverbindlich weitere Unterlagen an.

Fränkische Rohrwerke  
97486 Königsberg/Bayern  
Telefon (09525) 88-0  
Telefax (09525) 88-153

## FRÄNKISCHE

Firma \_\_\_\_\_  
Ansprechpartner/Abteilung \_\_\_\_\_  
Straße \_\_\_\_\_  
PLZ, Ort \_\_\_\_\_  
Telefon/Telefax \_\_\_\_\_

### COUPON

Bitte senden Sie uns kostenfreies Informationsmaterial über

- Industrie-/Fußbodenheizung, Schwingbodenheizung  
 Heizkörper-Verrohrungssysteme  
 Sanitärrohrsysteme

Fränkische Rohrwerke ■ Postfach 438 ■ 97484 Königsberg/Bayern

**Der Autor:**  
Dipl.-Ing. Architekt Michael Jühr,  
Wuppertal

Sämtliche eingesetzten Regalbediengeräte haben hochempfindliche elektronische Steuerungen. Die gesamten Fahrinformationen und Lagerstrategien erfolgen über eine dem Warenwirtschaftssystem unterlagerte Steuerung für den Datenfunk. Die Staplerfahrer arbeiten während der gesamten Betriebszeit mit Scannern. Verstaubungen in dem Palettenlager führen zu einem Ausfall der Elektronik und zu Betriebsunterbrechungen mit nicht überschaubarem Schaden. Lesefehler können bei den Scanvorgängen passieren, mit der Folge, daß der gesamte Warenfluß durcheinander gerät. Bedingt durch die Kommissionierungsart befinden sich außerdem viele angebrochene Gebinde in den Regalen. In diesen Gebinden liegt die zum Teil empfindliche Ware offen und ungeschützt. Verstaubungen würden zusätzlichen Arbeitsaufwand für die Reinigung vor der endgültigen Verpackung bedeuten.

### Fußbodenheizung verhindert Staubverwirbelungen und ermöglicht flexible Nutzung

Um den Staubanfall so gering wie möglich zu halten, wurde nur eine einzige Verbindung von dem Palettenlager zu den übrigen Baukörpern konzipiert. Speziell auf den Bodenbelag abgestimmte Räder an den Staplern sorgen für minimalen Abrieb an Rad und Boden. Der Boden selbst ist mit einer abriebvermindernden Beschichtung versehen.

Ganz kann das Eindringen von Stäuben und Verschmutzungen nicht verhindert werden. Praktisch kein Einfluß besteht auf den Zustand der Gebinde bei der Einlieferung. Bei dem Raumvolumen von 135 000 m<sup>3</sup> ist eine möglichst langsame und geringe Luftzirkulation entscheidend für die Verhinderung von Staubverwirbelung.

Dieses Kriterium wird durch die Art des eingesetzten Heizungssystems massiv beeinflusst. Das Lager ist nunmehr zehn Monate, einschließlich einer vollen Winterperiode, in Betrieb.

Die dabei mit der Industriefußbodenheizung gemachten Erfahrungen bestätigen die Planungsziele. Eine Staubverwirbelung durch das Heizungssystem findet praktisch nicht statt. Die in dem Palettenlager eingesetzte Industriefußbodenheizung erfüllt in allen Bereichen die von dem Planungsteam angestrebte Optimierung.

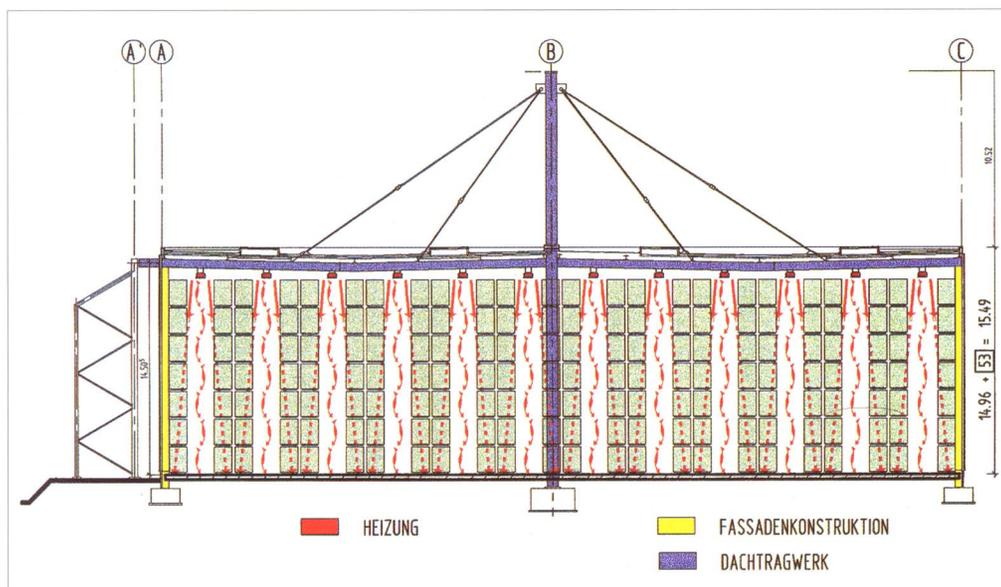
In Produktions- und Kommissionierhallen arbeiten ca. 120 Personen in zwei Schichten, in der Regel an fünf Tagen von 6.00 bis 22.00 Uhr, samstags von 6.00 bis 14.00 Uhr. Das Temperaturniveau in den Produktionshallen ist mit 18 °C, in den Kommissionierhallen mit 12 °C festgeschrieben. Die Besonderheit ist hier, daß alle Arbeits- und Lagerbereiche nur temporär sind. Wo heute Produktion erfolgt, kann in zwei Wochen ein Blocklager sein. Einzige Konstante sind die Fahrgassen der Schubmaststapler. Eine physiologisch angenehme Temperatur für die zumeist weiblichen Arbeitnehmerinnen mußte also an jeder Stelle der 11 000 m<sup>2</sup> zur Verfügung gestellt werden.

Es galt somit, für diese Bereiche ein Heizungssystem auszuwählen, daß die Kriterien

- ▷ keine systembedingte Zugluft
- ▷ so wenig wie möglich Geräuscherzeugung
- ▷ hoher Behaglichkeitsgrad
- ▷ keine Fußkälte der Beton-/Estrichkonstruktion

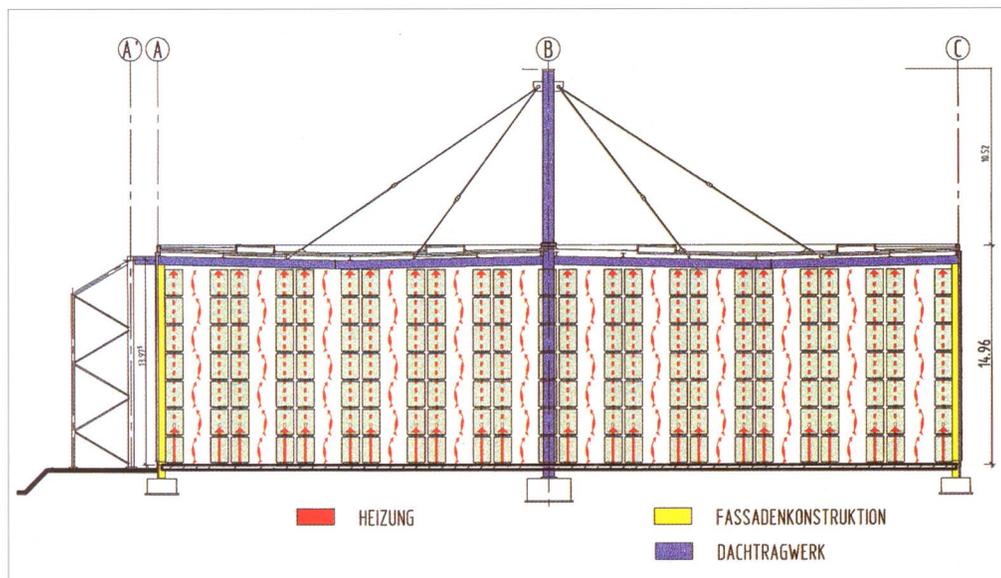
optimal erfüllt. Gleichzeitig mußten die durch die Gebäudevolumen- und Gleichartigkeitsoptimierungen gewonnenen Vorteile erhalten bleiben.

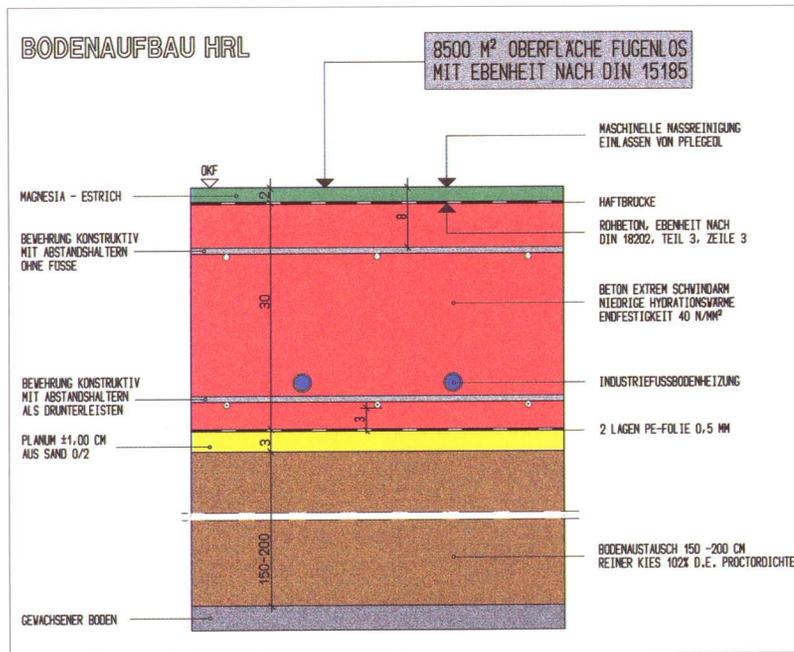
Die Entscheidung fiel nach Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der gängigen Heizungssysteme zugunsten der Industriefußbodenheizung.



Schnitt mit Strahlungsheizung; eine Beheizung von oben hätte durch die benötigten Mindestabstände alle Vorteile der Gebäudevolumenoptimierung zunichte gemacht

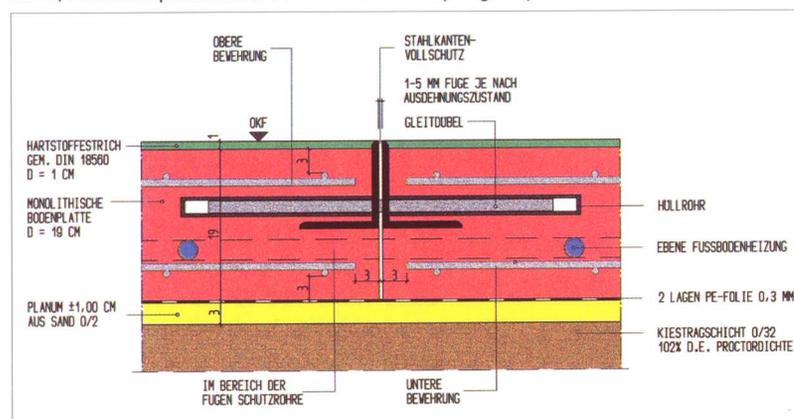
Schnitt mit Fußbodenheizung; alle Vorteile blieben erhalten, und das Lagergut wird gleichmäßig beheizt



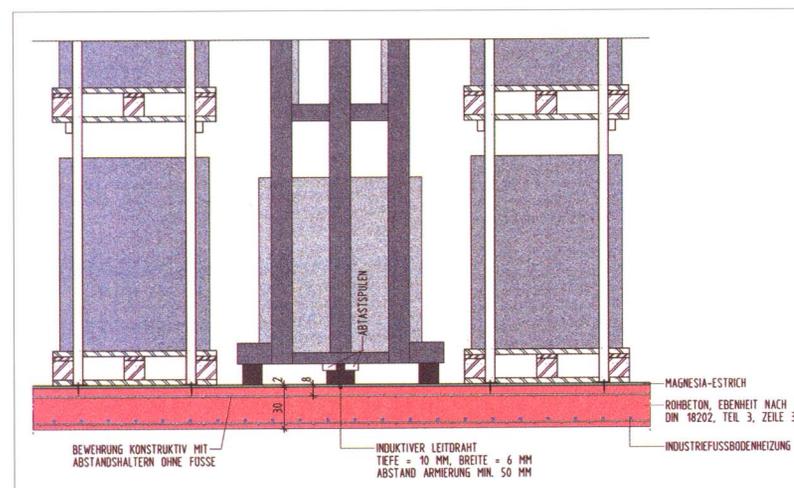


Fußbodenaufbau; größte Sorgfalt wurde bei der Ausführung auf die exakte Nivellierung der Bewehrung gelegt, denn wenn die Überdeckung nur an wenigen Stellen weniger als 8 cm beträgt, kann es zu Fehlsteuerungen der elektronischen Bauteile der Regalbediengeräte kommen

Der Einsatz von zweiteiligen Stahlkantenvollschutzprofilen an den Preßfugen ist zwar zunächst teurer, verhindert jedoch Ausbrüche und damit kostspielige Reparaturarbeiten



Induktive Zwangsführung; die Bodenplatte wurde fugenlos mit einem 20 mm starken Magnesit-estrich beschichtet



Dies obwohl die Investitionskosten um 4,5 % höher als bei dem System Dunkelstrahlungsheizung lagen. Doch Optimierung heißt auch Gesamtbetrachtung. Die entstehenden, einmaligen Investitionsmehrkosten der Industriefußbodenheizung werden durch die gestärkte Leistungsfähigkeit und Produktivität der Beschäftigten während der Lebensdauer des Systems mehr als aufgewogen.

### Stahlkantenvollschutzprofile für schadensfreie Preßfugen

In diesen Hallen werden an die Ebenheit lediglich die Anforderungen nach DIN 18 202, Teil 1, Zeile 4 gestellt. Des Weiteren waren Fugenausbildungen möglich. Hier ist ein konventioneller Stahlbetonboden mit einer Verschleißschicht aus Hartstoffestrich eingebaut worden. Die Feldgröße beträgt jeweils 14 x 14 m.

Problematisch ist bei diesen Konstruktionen die Ausbildung der Feldfugen. Die Kanten der Preßfugen sind in der Regel ungeschützt. Das führt in der Praxis dazu, daß durch Flurförderzeuge Ausbrüche an den Kanten entstehen. Diese vergrößern sich im Laufe der Zeit mit dem Ergebnis, daß ständig – untaugliche – Reparaturen mit Epoxidharz erfolgen. Betriebseinschränkungen und Kosten sind die Folgen.

Aus diesem Grund rüsten wir grundsätzlich alle Preßfugen mit einem aufwendigen, zweiteiligen Stahlkantenvollschutzprofil aus. Hierdurch werden ständige Instandsetzungsarbeiten und somit Kosten ein für allemal verhindert. Die Investitionskosten für solche Profile liegen bei ca. 60,- DM pro Meter gegenüber 0,00 DM bei der üblichen Abschaltung der Tagesfeldfuge. Für unser Projekt bedeutete dies Mehrkosten von ca. 100.000,- DM. Optimierung heißt auch hier wieder Gesamtbetrachtung. Die entstehenden, einmaligen Investitionsmehrkosten werden durch den Wegfall der Reparaturkosten und der Kosten der Betriebseinschränkung während der gesamten Systemlebensdauer mehr als aufgewogen.

Bei diesem Projekt betrug der Anteil der Kosten für die Industriefußbodenheizung, ohne Zentrale, insgesamt 427.000,- DM oder 1,86 % an den Gesamtbaukosten. Die Gesamtkosten der Heizungsanlagentechnik beliefen sich auf 861.000,- DM. Hieran hatte die Industriefußbodenheizung mit 427.000,- DM einen Anteil von 49 %.

### Intensive Betreuung des Bauherrn während der ersten Nutzungsphase

Die Entscheidung für den Einbau der Industriefußbodenheizung hat in allen Punkten die planerischen Vorgaben erfüllt. Für die Herstellung der Nutzerzufriedenheit ist eine intensive Begleitung des Bauherrn durch die Planer, Produkthersteller und ausführenden Firmen während der ersten Heizperiode erforderlich. Woher soll der Bauherr wissen, wie er mit der komplexen Anlage umgehen muß? Bestimmt nicht durch die obligate einmalige Einweisung. Während der ersten Wochen der Heizperiode haben wir daher zweimal wöchentlich gemeinsam mit dem Bauherrn und der ausführenden Firma Temperaturmessungen im Objekt durchgeführt. Nach insgesamt neun Einzelterminen lag das Temperaturniveau da, wo der Bauherr und seine Mitarbeiter das größtmögliche Wohlbefinden verspüren. □