Schäden am Zweischalenmauerwerk: konstruktive Probleme beim Einbau von Polyurethan-Hartschaumplatten in Flachdächer

Autor(en): **Dupuis, Paul-André / Weder, Christoph / Büchli, Roland**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 4

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-85622

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

ten zu lassen. Die Wärmepumpenheizung als sparsames und umweltfreundliches Heizsystem sollte vermehrt gefördert werden.

Auf dem Bereich der *Dienstleistungen* steht ein breites Feld von Möglichkeiten offen, wie die Einführung der Vorjahresverbrauchsangabe auf den Stromrechnungen, die Durchführung von Grobanalysen des Stromverbrauchs auf Wunsch des Bezügers, das Ausleihen von Messgeräten für Stromverbrauchsanalysen, die Durchführung von Aktionen zum Einregulieren der Wassertemperatur und zur Entkalkung von Boilern, Verkaufsaktionen für energiesparende Geräte usw.

Die Ausbildung des betriebseigenen Personals, vor allem der Kontaktpersonen mit den Konsumenten, sollte auf dem Gebiet des Stromsparens an die Hand genommen sowie die Mithilfe bei der Personalausbildung in Betrieben, Gemeinden usw. gefördert werden.

Diese Vorschläge enthalten beileibe keine grossen Würfe. Solche sind aber auf dem Gebiet des Stromsparens auch nicht zu erwarten. Hat man einmal die Theorie verlassen und sich der Praxis zugewandt, muss man bald einsehen, dass Erfolge nur durch viel Klein- und harte Knochenarbeit zu erreichen sind. Und nicht zu vergessen ist, dass für den Stromkonsum schlussendlich nicht das Elektrizitätswerk verantwortlich ist, sondern derjenige, der konsumiert. Es steht eigentlich nichts im Wege, dass jeder mit dem Stromsparen heute schon beginnen kann.

Literatur

[1] Vorschau auf die Elektrizitätsversorgung der Schweiz bis 2005 (Siebenter Zehn-Werke-Bericht), Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke, VSE, Zürich.
[2] Elektrizität sparen, Nationales Forschungsprogramm 44, «Energie»: Sozio-ökonomische Forschungen im Konsumbereich.
[3] Stromsparen – realistische Möglichkeiten, Infel, Informationsstelle für Elektrizitätsanwendung, Zürich.

Adresse des Verfassers: *R. Spalinger*, El.-Ing. HTL, Infel, Postfach, 8023 Zürich.

Schäden am Zweischalenmauerwerk

Konstruktive Probleme beim Einbau von Polyurethan-Hartschaumplatten in Flachdächer

Seit Jahren werden auf Flachdächern Polyurethan-Hartschaumplatten mit Erfolg eingebaut, ohne dass nennenswerte Schäden an der Dach- und Fassadenkonstruktion aufgetreten wären, aber auch nicht zu erwarten sind.
In den Jahren 1984 und 1985 wurde an drei verschiedenen Objekten eine ungewöhnliche Art von Schäden am Zweischalenmauerwerk im Zusammenhang mit Flachdachkonstruktionen festgestellt und untersucht. Die in diesen Dächern eingebauten Polyurethan-Hartschaumplatten haben durch Dehnung Schäden an der äusseren Schale des Zweischalenmauerwerkes verursacht.
Die Feststellungen an den Objekten werden mit Ergebnissen von Laboruntersuchungen verglichen und kommentiert. Zur Vermeidung von ähnlichen Schäden werden Hinweise gegeben. Bauschäden entstehen ja häufig nicht durch schlechte Materialien, sondern durch schlechte Applikation guter Materialien.
Bei all jenen Flachdächern, bei denen die oberste Geschossdecke mit dem Dachbord kraftschlüssig verbunden ist, können die infolge Dehnung auftretenden Kräfte in die Konstruktion abgeleitet werden.

VON PAUL-ANDRÉ DUPUIS, CHRISTOPH WEDER UND ROLAND BÜCHLI, DÜBENDORF

Schadenbild

Es wurden drei ähnliche Schadenfälle an Flachdächern aus verschiedenen Regionen der Schweiz untersucht. In allen Fällen zeigten diese eine im Dachrandbereich nach aussen verschobene bzw. geknickte äussere Backsteinschale (Bild 1).

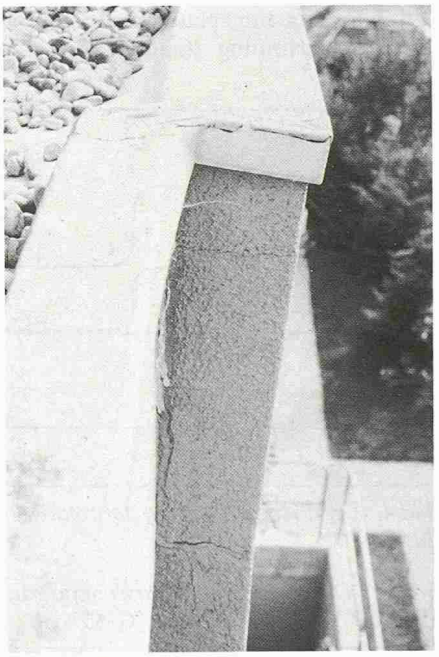
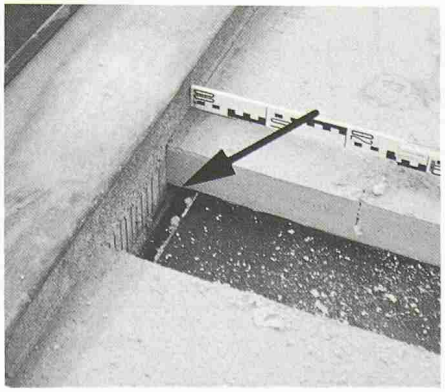


Bild 1. Die äussere Backsteinschale ist geknickt

Bild 2. Die PUR-Platten liegen satt an der äusseren Backsteinschale an. Der Pfeil deutet auf den Spalt, der durch die Verschiebung der äusseren Schale entstanden ist.



Feststellungen

Den Flachdächern wurde Probematerial entnommen. Gleichzeitig wurde der Zustand der eingebauten Materialien festgestellt. Dabei zeigte sich, dass in allen Fällen die Wärmedämmung aus Polyurethan-Hartschaumplatten (im weiteren PUR-Platten genannt) satt an der verschobenen äusseren Backsteinschale anliegt (Bilder 2 und 3).

Die drei untersuchten Flachdächer sind konstruktiv einander ähnlich. Detailangaben sind aus der Tabelle 1 ersichtlich.

Bei den Fällen 1 und 3 war die Unterseite der Abdichtung teilweise mit Kon-

	Fall 1	Fall 2	Fall 3
Schutzschicht	Rundkies	Rundkies	Rundkies
Abdichtung	Kunststoffdichtungsbahn (PVC)	Kunststoffdichtungsbahn (PVC)	Kunststoffdichtungsbahn (PVC)
Wärmedämmung	PUR-Platten, 50 mm, mit Kraftpapier kaschiert	PUR-Platten, 2×50 mm, mit Kraftpapier kaschiert und eingeschnitten	PUR-Platten, 60 mm, mit Kraftpapier kaschiert und gelocht
Dampfsperre	Polyäthylen-Folie mit Schaumrücken	Polyäthylen-Folie, auf Polypropylen-Filz verlegt	Bitumendichtungsbahn V 60, lose verlegt
Unterlage	Ortbeton	Ortbeton	Ortbeton

Tabelle 1. Flachdachaufbau

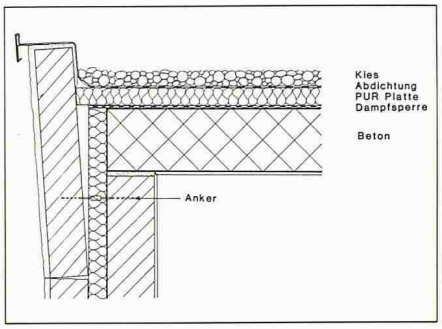


Bild 3. Schnitt durch einen schadhaften Dachrand

densat beschlagen. Beim Fall 2 wurde kein Kondensat festgestellt. In allen Fällen waren die PUR-Platten dicht gestossen. Ebenso waren bei Fall 2 die fabrikseitig angebrachten Platteneinschnitte zusammengedrückt.

Diese Feststellungen deuten darauf hin, dass sich die PUR-Platten ausgedehnt hatten und im eingebauten Zustand unter Druckspannung standen. Um die Zusammenhänge zu klären, wurden aus jedem der drei untersuchten Flachdächer ganze PUR-Platten entnommen und im Labor untersucht.

Laborversuche

Im Labor wurden an diesen Platten in Anlehnung an die Norm SIA 279 «Wärmedämmstoffe» (Ausgabe 1980) folgende Prüfungen durchgeführt:

- Bestimmung der Rohdichte,
- des Feuchtigkeitsgehaltes,
- der feuchtigkeitsbedingten Dimensionsänderung.

An einigen Proben aus den Fällen 1 und 2 wurde zusätzlich die Druckspannung bei 10% Stauchung gemessen und der Elastizitätsmodul bestimmt.

Für die in diesem Zusammenhang massgebende Prüfung der feuchtigkeitsbedingten Dimensionsänderung wurden nach einer Vorlagerung bei 20 °C/35% rel. Feuchtigkeit aus jeder untersuchten PUR-Platte 12 Prüfkörper herausgeschnitten, je 6 in Längs- und in Querrichtung. Je 2 Prüfkörper wurden anschliessend in unterschiedlich klimatisierten Räumen auf Gitterrosten während 3 bis 4 Zyklen zu je 28 Tagen gelagert (Bild 4). Nach 1, 3, 7, 14 und 28 Tagen nach Beginn eines Zyklus wurden ihre Längen- und Massenänderungen bestimmt.

Je 2 Prüfkörper längs und quer der PUR-Platten blieben über die ganze Versuchsdauer im stationären Klima von 20 °C/35% r.F. Ihre Dimensions- und Massenänderungen wurden ebenfalls in regelmässigen Abständen gemessen.

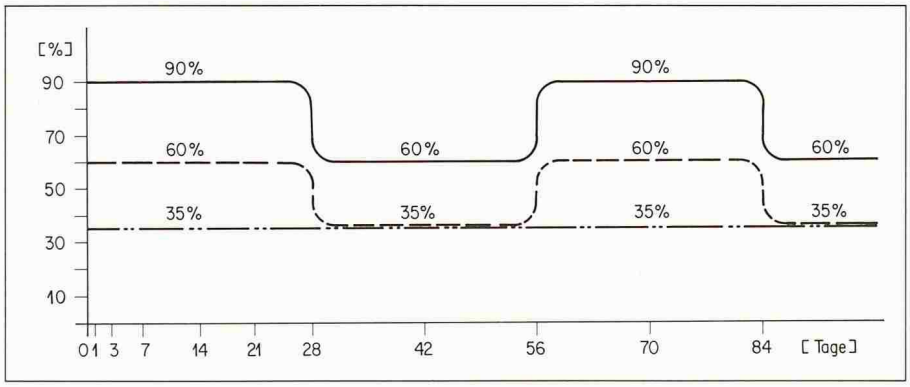
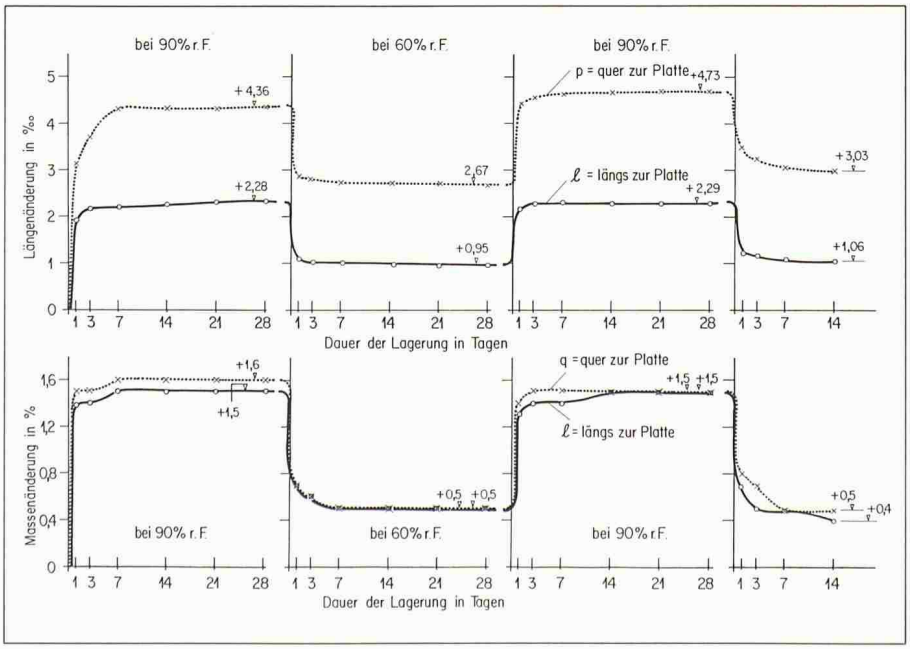


Bild 4. Zyklische Änderung der relativen Feuchtigkeit bei konstanter Temperatur von 20 °C

Bild 5. Dimensions- und Massenänderung einer PUR-Platte bei Lagerung in Wechselklima 20 °C/90% r.F. und 20 °C/60% r.F.



Ergebnisse der Laborversuche

Rohdichte

Die Trockenrohdichten der untersuchten Porplatten lagen zwischen 32,0 kg/m³ und 36,8 kg/m³.

Feuchtigkeitsgehalt

Der Feuchtigkeitsgehalt lag im allgemeinen unter 0,7 Vol.-% (21,0 Masse-%). Eine einzige Probe hatte einen Feuchtigkeitsgehalt von 6,0 Vol.-% (172 Masse-%).

Elastizitätsmodul

Aus den Druckspannungsprüfungen wurden E-Moduln von 3,95 N/mm² und 7,64 N/mm² ermittelt. Diese Werte sind Mittelwerte aus je 6 Messungen.

Feuchtigkeitsbedingte Dimensionsänderung

Die Prüfung der feuchtigkeitsbedingten Dimensionsänderung hat bei allen drei Fällen ähnliche Werte ergeben. Es resultierten Längenänderungen bei wechselnder Klimalagerung von −0,67‰ bis +4,88‰ und Massenänderungen von −0,35% bis 2,1%. In Bild 5 ist das Ergebnis einer Prüfung bei wechselnder Klimalagerung zwischen 60% r.F. und 90% r.F. dargestellt.

Die Lagerung der Probekörper bei konstantem Klima von 20 °C/35% r.F. hat nach einer anfänglichen Verkürzung eine stetige Zunahme der Probenlängen ergeben (bis 0,17‰ in 84 Tagen). Die Massen hingegen zeigten sich in dieser Zeit nach einer anfänglichen Abnahme konstant oder waren leicht abnehmend (Bild 6).

Eine ausserhalb dieser Serien durchgeführte Vergleichsprüfung einer 10 cm dicken PUR-Platte bei wechselnder Klimalagerung hat Schwind- und Quellbewegungen bis 17‰ gezeigt, bei einer Feuchtigkeitsänderung von etwa 2,4 Masse-%.

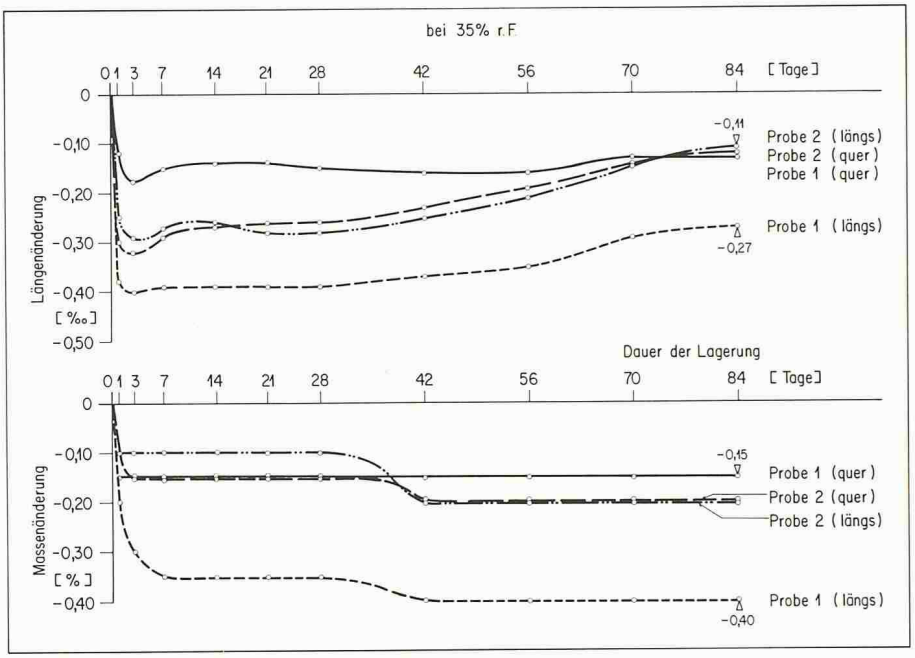


Bild 6. Dimensions- und Massenänderung einer PUR-Platte bei Lagerung in konstantem Klima von 20 °C/35% r.F.

Beurteilung der Ergebnisse

Die geprüften PUR-Platten entsprechen bezüglich der Trockenrohdichten den handelsüblichen PUR-Platten.

Der Feuchtigkeitsgehalt der in den Dächern eingebauten PUR-Platten ist mit einer Ausnahme nicht zu beanstanden und muss als trocken bezeichnet werden. Gleichwohl wurden diese Feuchtigkeitswerte in den Laborversuchen bei Lagerung in wechselndem Klima nicht erreicht. Diese relativ geringen Veränderungen des Feuchtigkeitsgehaltes bewirkten in den Laborversuchen eine für Wärmedämmstoffe beachtliche Längenänderung (Bild 5).

Auch bei Lagerung in konstantem Klima zeigte sich über einen Zeitraum von 70 bis 100 Tagen trotz gleichbleibender Massen eine stetige Ausdehnung. Diese nahm mit fortschreitender Versuchsdauer zu (Bild 6).

Folgerungen aus den Laborversuchen

Die Laborversuche lassen darauf schliessen, dass sich auch ältere PUR-Platten (die geprüften Platten waren z.T. schon länger als vier Jahre im Dach eingebaut) noch messbar weiter ausdehnen.

Aufgrund der heutigen Kenntnisse sind diese Ausdehnungen auf folgende Ursachen zurückzuführen:

- Erhöhung des Gasdruckes in den Poren infolge Eindiffundierens von Gasen aus der Umgebungsluft.
- Einwirkung von Feuchtigkeit. Die Messungen haben gezeigt, dass schon geringe Feuchtigkeitsveränderungen eine markante Längenänderung bewirken.

Weitere Untersuchungen dieser Ursachen wären sinnvoll, um genauere Kenntnisse der Vorgänge zu erhalten.

Auswirkungen der Dimensionsänderungen

Aus den drei vorgestellten Schadenfällen geht hervor, dass sich in den PUR-Platten der Flachdächer recht grosse Kräfte aufgebaut hatten, die zum entsprechenden Schadenbild führten. Diese Kräfte wurden in Anbetracht der komplizierten Messanordnung weder am Objekt noch im Labor bestimmt. Sie werden im folgenden ansatzweise berechnet. Die labormässig ermittelten Materialkennwerte wie Elastizitätsmodul und Verformung werden der Berechnung zugrunde gelegt.

Diese Werte lauten wie folgt:

Elastizitätsmodul $E_l = 3{,}95$ N/mm²

Verformung $\varepsilon = 1\text{–}5$‰

Daraus lässt sich unter Annahme eines linearen Zusammenhanges zwischen Spannung und Verformung die folgende Spannung berechnen:

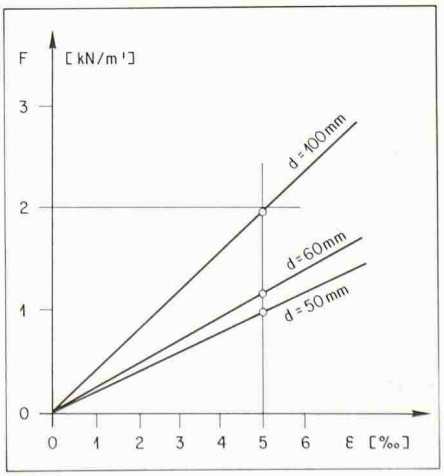
$\sigma = \varepsilon \cdot E = 0{,}00395$ N/mm² ... 0,01975 N/mm²

Bei einer Dicke der Wärmedämmschicht von 50 mm bis 100 mm und bei einer Plattenbreite von 1,0 m ergibt sich demnach eine mögliche Druckkraft von:

$F = \sigma \cdot A = 0{,}198$ kN/m¹ ... 1,975 kN/m¹ (Bild 7)

Die äussere Schale einer Zweischalenkonstruktion muss zur Gewährleistung der Standsicherheit mit speziellen Ankern verbunden werden. Die bei solchen Ankern empfohlene zulässige Zugbeanspruchung liegt bei 1,0 kN–1,7 kN, je nach Ankertyp. Diese Bean-

Bild 7. Beziehung zwischen der Druckkraft pro Laufmeter PUR-Plattenlänge und der Verformung bei unterschiedlichen Plattendicken



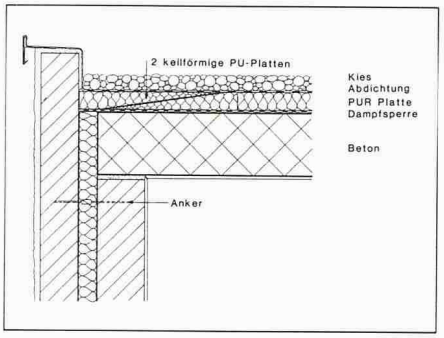


Bild 8. Pufferzone am Dachrand in Form von keilförmig aufgeschnittenen PUR-Platten

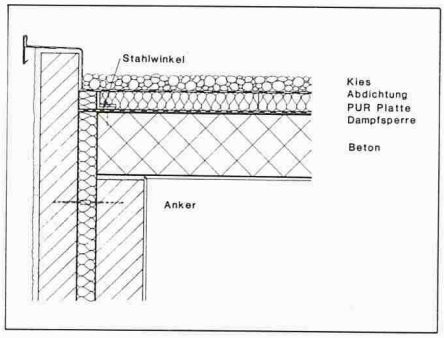


Bild 9. Auf der Betondecke fixierter Stahlwinkel zur Ableitung der Druckkräfte

spruchungen sind durch Winddruck und Windsog sowie Temperaturverformungen bedingt.

Addieren sich am oberen Rand der äusseren Schale noch zusätzliche «Stosskräfte» der gleichen Grössenordnung aus der PUR-Plattenschicht, so reissen die obersten Anker aus und/oder die Lagerfugen lösen sich ab.

Lösungshinweise

Bei der am Anfang beschriebenen Konstruktion sind Vorkehrungen zu treffen, die verhindern, dass die PUR-Platten auf die Aussenschale des Zweischalen-Mauerwerkes Kräfte übertragen, die zu Schäden führen.

Dies kann grundsätzlich auf zwei Arten geschehen:

1. Die Dimensionsänderungen der PUR-Platten werden in einer verformbaren Pufferzone entlang dem Dachrand aufgefangen (Bild 8).

2. Die bei den Dimensionsänderungen der PUR-Platten auftretenden Kräfte werden auf eine unschädliche Art in die Konstruktion abgeleitet (Bild 9).

Weil das Endmass der Längenzunahme wie auch das Relaxationsverhalten des Materials unbekannt sind, sind auch die maximal auftretenden Kräfte nicht zu ermitteln. Aus diesem Grund ist auch ein detaillierter Lösungsvorschlag zum heutigen Zeitpunkt nicht möglich.

Adressen der Verfasser: *P.-A. Dupuis,* Arch. HTL, *C. Weder,* dipl. Ing. ETH, und *R. Büchli,* Arch. HTL, EMPA, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf.

Rechtsfragen

Schäden in der Nachbarschaft von Eisenbahnbauten

Bei Gebäudesenkungen beim Bau der Zürcher S-Bahn wurden von einem angrenzenden Grundeigentümer Schäden geltend gemacht. Das Verfahren für Enteignungsentschädigungen erwies sich entgegen der Meinung der SBB als Bauherrschaft als angebracht.

Im Zusammenhang mit dem Bau der S-Bahn sollen Schäden an den Häusern der Überbauung Mattenhof entstanden sein, die an das Areal des künftigen unterirdischen Bahnhofes Stettbach grenzt. Der stellvertretende Präsident der Eidg. Schätzungskommission 10 hat wegen dieser Schäden ein nachträglich von der Siedlungsgenossenschaft angemeldetes Entschädigungsbegehren als zulässig und das Enteignungsverfahren für eröffnet erklärt. Dies geschah nach der Meinung der SBB zu Unrecht, nach der Auffassung der I. Öffentlichrechtlichen Abteilung des Bundesgerichtes aber zu Recht.

Wann Zivil- und wann Enteignungsrichter?

Wenn Abgrabungen oder Bauten für ein Werk unternommen werden, für das dem Werkeigentümer - wie hier - das Enteignungsrecht zusteht, so kann der durch diese Arbeiten Geschädigte nicht zivilrechtlich klagen, um die Schädigung beseitigen zu lassen bzw. Schutz gegen drohenden Schaden oder Schadenersatz zu erlangen. Anstelle dieser in Art. 679 des Zivilgesetzbuches vorgesehenen Klage tritt dann ausschliesslich das gestützt auf Art. 5 des eidg. Enteignungsgesetzes (EntG) auf dem Enteignungsweg geltend zu machende Entschädigungsbegehren (vgl. etwa die Bundesgerichtsentscheide BGE 107 Ib 388, E. 2a, und 106 Ib 244, E. 3 mit zahlreichen Verweisungen). Darüber, ob ein Nachbarrecht verletzt worden sei sowie über die Höhe der allfälligen Entschädigung entscheidet der Enteignungsrichter (BGE 112 Ib 178, E. 3a; 106 Ib 236, E. 3a, je mit weiteren Hinweisen). Der Grundeigentümer kann den Zivilrichter nur dann anrufen, wenn er geltend macht, die Einwirkungen seien nicht notwendige oder doch leicht vermeidbare Folgen des Baues oder Betriebs des Werkes und insbesondere auf unsachgemässe Erstellung zurückzuführen (BGE 112 Ib 177; 107 Ib 389, E. 2a; 93 I 301 f.). Hier ging es um eine Grundstücksenkung infolge Abgrabungen und Aufschüttungen in der Nachbarschaft.

Im vorliegenden Fall ergab sich die sachliche Zuständigkeit der Schätzungskommission als enteignungsrichterliche Instanz für das Bundesgericht ohne weiteres. Im Eisenbahngesetz (EBG) ist in Artikel 20 ausdrücklich festgehalten, das Bahnunternehmungen für schädigende Eingriffe in fremde Rechte nach der eidg. Enteignungsgesetzgebung Ersatz zu leisten haben, sofern der Eingriff nicht gemäss Nachbarrecht oder anderen gesetzlichen Vorschriften geduldet werden muss und es sich nicht um eine unvermeidbare oder nicht leicht abzuwendende Folge des Baus oder Betriebs der Bahn handelt. Dem Bundesgericht war unverständlich, warum hier die SBB mit Verwaltungsgerichtsbeschwerde die enteignungsrechtliche Natur der Entscheidungsforderung bestritten, obschon niemand behauptete, die Schäden seien durch unsachgemässe Bauausführung entstanden und vermeidbar gewesen.

Die Frage der Anspruchsverwirkung

Es blieb aber zu prüfen, ob das Entschädigungsbegehren verspätet und verwirkt war. Die sechsmonatige Verwirkungsfrist für unvorhersehbare Schäden beim Bau gemäss Art. 41 Abs. 1 Buchstabe b EntG hatte aber erst im Zeitpunkt zu laufen begonnen, in dem die Versicherungsgesellschaft im Namen der SBB eine Entschädigungsleistung abgelehnt hatte. Die SBB hatten durch die Entgegennahme der Schadensmeldung die Geschädigte von weiteren Schritten, insbesondere vom Anrufen des Präsidenten der Schätzungskommission, abgehalten. Durch solches Verhalten des Enteigners wird der Beginn der Verwirkungsfrist aufgeschoben (BGE 111 Ib 284; 106 Ib 335, E. 2b;, 88 I 199; 83 II 98).

Selbst wenn hier nicht von einem solchen Aufschub ausgegangen werden könnte, wäre der Entschädigungsanspruch rechtzeitig erhoben worden, da er erstmals innerhalb von sechs Monaten sogar seit Baubeginn angemeldet wurde. Das Gesuch war allerdings nicht an den Präsidenten der Schätzungskommission, sondern an die SBB selbst gerichtet worden. Diese gelten aber nach dem Bundesgesetz über das Verwaltungsverfahren (Art. 1 Abs. 2 Buchstabe c) als Behörde. Eine unzuständige Behörde im Sinne von Art. 21 Abs. 2 dieses Gesetzes hätte das Gesuch indessen an die zuständige (den Schätzungskommissions-Präsidenten) statt an ihre Versicherungsgesellschaft weiterleiten sollen, womit die Frist gewahrt gewesen wäre. Die Beschwerde der SBB gegen die Eröffnung des Enteignungsverfahrens war ungerechtfertigt. (Urteil vom 22. Januar 1987) *Dr. R. B.*