Zur Frage nach dem Gefälle bei Kunststoff-Dächern

Autor(en): **Bangerter, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **96 (1978)**

Heft 41

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-73760

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

Zur Frage nach dem Gefälle bei Kunststoff-Dächern

Von **H. Bangerter**, Zürich

Im folgenden Aufsatz soll einmal mehr der Frage nachgegangen werden, ob und wieweit bei der Forderung nach einem durchgehenden Dachgefälle – hier besonders bei einschaligen Warmdächern – die sogenannten Kunststoffdächer mit einzubeziehen seien. Als Kunststoffdächer werden dabei jene Konstruktionen bezeichnet, welche im Rahmen ihres Schichtenaufbaus Wasserisolationen aufweisen, die den Anforderungen gemäss SIA 280 «Kunststoffdichtungsbahnen» genügen und welche demnach zur einlagigen Eindeckung zugelassen sind.

Gelangen nun beispielsweise bei weitgespannten Tragkonstruktionen im Hinblick auf Gewichtseinsparungen derartige Kunststoffdichtungsbahnen zum Einsatz, so gilt es unter anderem folgendes zu bedenken:

Das Einhalten eines zuverlässigen durchgehenden Dachgefälles ist bei solchen Konstruktionen mit erheblichen Schwierigkeiten (Durchbiegungen, Lage der Wasserfassungen, Linienführung der Ableitungen), oder aber mit erheblichen Mehrkosten für die Tragkonstruktionen (Überhöhungen, ungleiche Stützenlängen usw.) verbunden.

Wie wir uns erinnern, wird von einer KDB gefordert, dass sie ihre Witterungsbeständigkeit «im Sinne ihrer Immunität» zu erbringen und nach SIA 280 nachzuweisen hat. Ist es somit wertanalytisch betrachtet sinnvoll, bei derartigen Eindeckungen trotzdem noch ein mit erheblichem Kostenaufwand verbundenes Dachgefälle zu fordern? Oder anders gefragt: Wie wird allenfalls die Güte und Funktionstüchtigkeit des Kunststoffdaches durch dauernd stehendes Wasser beeinträchtigt? Um diese Frage abschliessend beantworten zu können, erinnern wir uns an den zweiten grossen Vorteil des KDB-Daches, nämlich an dessen bauphysikalische Verbesserung gegenüber dem Bitumendach.

Bekanntlich besteht das Flachdach aus mehreren Schichten, welche anteilsmässig je nach Material und Dicke sowohl dem Wärmedurchgang als auch dem Wasserdampfdurchgang durch die Gesamtkonstruktion – infolge unterschiedlicher Klimadaten «innen – aussen» – einen gewissen Widerstand entgegensetzen. Um das bauphysikalische Verhalten des Daches (oder der Fassade) in bezug auf Durchfeuchtung infolge Wasserdampfdiffusion zu beurteilen, wird anhand der gegebenen Klimadaten während festgelegter Zeiträume die Kondensatmenge und die mögliche Austrocknungsmenge für die fragliche Konstruktion errechnet. Die Konstruktion kann in der Folge in bezug auf Durchfeuchtung als bauphysikalisch um so besser angesehen werden, je weniger Kondensat einerseits in ihr anfällt, und je grösser gleichzeitig ihr mögliches Austrocknungsmass ist.

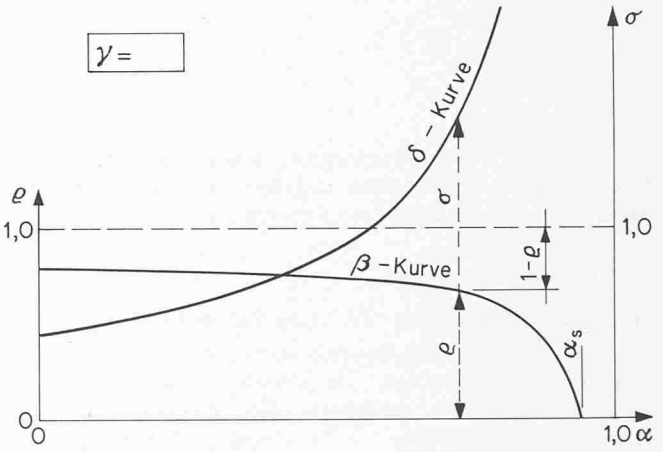
Obwohl bis anhin sehr viel über Wasserdampfdiffusion und deren Berechnungsverfahren geschrieben wurde, fehlt doch bis heute eine übersichtliche Darstellung der Kondensat- und der Austrocknungsverhältnisse in Funktion variabler Kenngrössen. Dieses Fehlen hat aber zur Folge, dass oftmals falsche Vorstellungen über die Bedeutung einzelner Schichten der Dachkonstruktion aufkommen, da zwar für verschiedene Varianten Vergleichsrechnungen nach dem bewährten «Verfahren Glaser» durchgeführt werden, welche jedoch gewissermassen nur einzelne Mosaiksteinchen im Gesamtbild aller möglichen Varianten darstellen. Aus diesem Grunde ist derzeit eine Publikation in Arbeit, welche diese Lücke zu schliessen beabsichtigt und welche künftig auch die direkte Querschnittsbemessung bzw. WD-Diffusion aufgrund gegebener Bedingungen wie Klimadaten, maximal zulässige Kondensatmenge, minimal erforderliche Austrocknungsmöglichkeit, Kondensationstemperatur usw. für beliebige, mehrschichtige Flachdach-, Fassaden- oder Bauelement-Konstruktionen mittels einer Vielzahl von Bemessungsdiagrammen ermöglichen wird. – Die folgenden Abbildungen sind dem erwähnten Manuskript entnommen; auf deren algebraische Herleitung und Beweisführung wird aber an dieser Stelle verzichtet.

Einflusslinien für Kondensmenge K_J (1440 h) und mögliche Austrocknungsmenge A_J (2160 h)

Anmerkung

Die Kurve der Austrocknung (σ-Ordinate auf δ-Kurve) kann graphisch direkt mit derjenigen der Kondensation (ρ-Ordinate auf β-Kurve) verglichen werden, da die unterschiedlichen Zeitspannen von 2160 h Austrocknung bzw. 1440 h Kondensation durch eine entsprechende Korrektur des Austrocknungsgefälles ausgeglichen werden.

Schema 1



wenn $\alpha \geq \alpha_s \rightarrow$ kein Kondensat

Beziehungen

$$K_J = \frac{1440 \cdot p_i}{R_{DT}} \cdot \rho \qquad \rho = f(\alpha, \beta, \gamma)$$

$$A_J = \frac{1440 \cdot p_i}{R_{DT}} \cdot \sigma \qquad \sigma = f(\alpha, \delta)$$

Beeinflussung einer vorhandenen K_J-Menge durch Veränderung der relativen Luftfeuchtigkeiten:

damit $K_{J\,neu}$ nur noch X % von $K_{J\,vorh.}$, muss

$$RF_{i\,zul.} \leq RF_{i\,vorh.} \cdot [1 - \rho \cdot (1 - x)] \text{ oder}$$

$$RF_{a\,zul.} \leq RF_{a\,vorh.} \cdot [\varkappa + X \cdot (1 - \varkappa)],$$

wobei $\varkappa = \dfrac{\alpha + \gamma - 1}{\alpha \cdot \beta}$, und als Bedingung:

$$X \geq \frac{1 - \alpha - \gamma}{\alpha \cdot \beta - \alpha - \gamma + 1}$$

Spezialfall, damit $K_{J\,neu} =$ 0: $RF_{i\,zul.} \leq RF_{i\,vorh.} \cdot (1 - \rho)$

oder: $RF_{a\,zul.} \leq RF_{a\,vorh.} \cdot \dfrac{\alpha + \gamma - 1}{\alpha \cdot \beta}$

wobei als Bedingung gilt: $(\alpha + \gamma) \geq 1$

Bezeichnungen

$\alpha = \frac{R_{DT}}{R_D}$ = Teilwiderstand gegen Eindiffundieren, zu Gesamtwiderstand

$\beta = \frac{p_a}{p_i}$ = Aussendruck zu Innendruck (H_2O-Dampf)

$\gamma = \frac{p_{sk}}{p_i}$ = Sättigungsdruck bei Kondensationstemperatur, zu Innendruck

$\delta = \frac{0{,}45 \cdot p_s\,(t=+12\,^\circ C)}{p_i}$ = 45 % des Sättigungsdrucks bei +12 °C, zu Innendruck

Vergleich zwischen 3-Lagen-Schwarzdach und Kunststoffdach

Winterklima: $t_i = +20\,^\circ C$ $RF_i = 60\,\% \rightarrow p_i = 10{,}52$ *Torr*
$t_a = -10\,^\circ C$ $RF_a = 80\,\% \rightarrow p_a = 1{,}56$ *Torr*

Flachdachaufbau	Var. I	ΔR_D m² h Torr/g		Var. II	ΔR_D	
Wasserisolation	3 Lg «schwarz»	2800		KDB	380	
Therm. Isol.	4 cm Kork	15	R_{DT} = 1100	4 cm Kork	15	R_{DT} = 1100
Dampfsperre	V 60	1000		V 60	1000	
Tragkonstruktion	20 cm Beton	85		20 cm Beton	85	
	R_D =	3900		R_D =	1480	

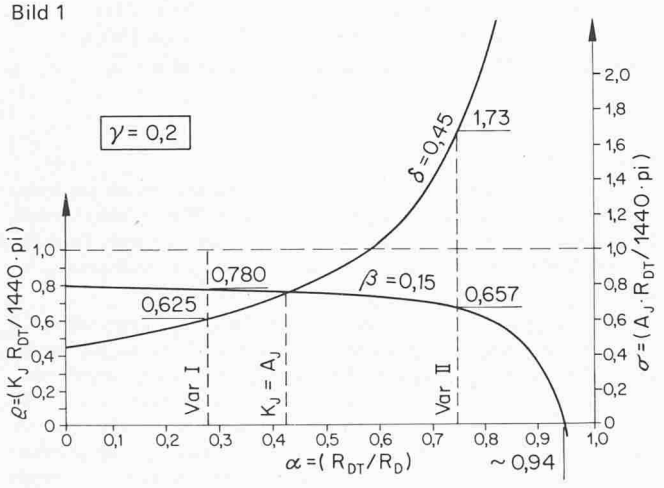
Kondensationspunkt in beiden Fällen bei etwa —9 °C (unter der Dachhaut)

Berechnungsvariablen

Var. I: $\alpha = 0{,}28$ }
Var. II: $\alpha = 0{,}74$ } $\beta = 0{,}15$, $\gamma = 0{,}20$,

$\delta = 0{,}45$ { $\rho = 0{,}78$, $\sigma = 0{,}625$
$\rho = 0{,}657$, $\sigma = 1{,}73$

Bild 1



Var. I: $K_J = \frac{1440 \cdot 10{,}52}{1100} \cdot 0{,}78 = 10{,}73$ g/m² Jahr

$A_{J\ mögl.} = \frac{1440 \cdot 10{,}52}{1100} \cdot 0{,}625 = 8{,}60$ g/m² Jahr

Var. II: $K_J = \frac{1440 \cdot 10{,}52}{1100} \cdot 0{,}657 = 9{,}04$ g/m² Jahr

$A_{J\ mögl.} = \frac{1440 \cdot 10{,}52}{1100} \cdot 1{,}73 = 23{,}80$ g/m² Jahr

damit $K_J = 0$, müsste $RF_{i\ zul.}$

bei { Var. I: $\leq 0{,}22 \cdot 60\,\% = 13\,\%$ betragen
Var. II: $\leq 0{,}343 \cdot 60\,\% = 20\,\%$ betragen

da sowohl bei Var. I wie Var. II $\alpha + \gamma < 1$, ist $K_J = 0$, infolge Reduktion von $RF_{a\ vorh.}$ nicht möglich.

Qualitative Beurteilung der Kurven

1. Die Kurve der Kondensatmenge K_J – in Abhängigkeit des Verhältnisses α = Widerstand des Querschnittes zwischen höherem Partialdruck bis zum Kondensationspunkt, zu Gesamtwiderstand des Querschnittes – verläuft ausserordentlich asymptotisch (ρ-Ordinaten auf β-Kurve).

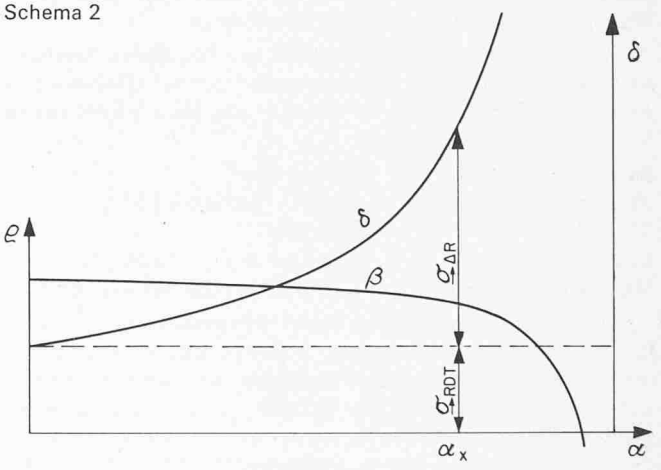
Am gezeigten Beispiel bedeutet dies, dass die Zunahme der Kondensatmenge beim 3-Lagen-Schwarzdach gegenüber dem KDB-Dach unerheblich ist, ja sogar, dass ein nachträgliches Aufbringen weiterer Schwarzlagen bis hin zur absolut dampfdichten Schicht praktisch keine zusätzliche Verschlechterung der Kondensatverhältnisse bringt; entscheidend ist vielmehr die Grösse der dampfbremsenden Schichten R_{DT}, insbesondere natürlich die der «Dampfsperre».

Ebenso asymptotisch wie die ρ-Ordinaten verlaufen logischerweise die Faktoren $(1 - \rho)$, welche das erforderliche Reduktionsmass der ursprünglich gegebenen, relativen Luftfeuchtigkeit innen bezeichnen, um bei vorhandener Konstruktion Kondensfreiheit zu erzielen.

2. Entgegen dem Kondensationsgeschehen ist die Möglichkeit des Austrocknens nicht abhängig vom Wert p_i, sondern einzig vom Verhältnis $\alpha = R_{DT}/R_D$ und vom absoluten Wert R_{DT}, denn die zur graphischen Vergleichsdarstellung gewählte Formulierung $A_J = (1440 \cdot p_i/R_{DT}) \cdot \sigma$ kann durch den Wert des Innendrucks p_i gekürzt werden, da derselbe auch im Nenner des Faktors σ vorkommt.

Der mit zunehmendem α rasch ansteigende Kurvenverlauf δ weist – wiederum an unserem Beispiel betrachtet – auf den bauphysikalischen Vorteil dampfdurchlässiger Dachhäute hin. Dies wird noch deutlicher, wenn man bedenkt, dass die σ-Ordinaten auf die δ-Kurve von der normierten Voraussetzung beidseitiger Austrocknungsmöglichkeit ausgehen und sich aus den beiden Anteilen Austrocknung einwärts und Austrocknung durch Dachhaut hindurch zusammensetzen:

Schema 2



$A_J = (1440 \cdot p_i/R_{DT}) \cdot (\sigma_{\rightarrow RDT} + \sigma_{\rightarrow \Delta R})$

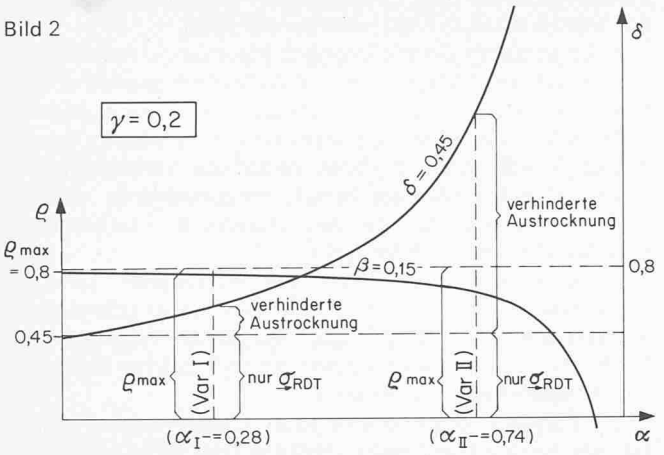
$\sigma_{\rightarrow RDT}$ = Anteil der Austrocknung in Richtung Raum zurück $= (1 - \alpha_x) \cdot \%$

$\sigma_{\rightarrow \Delta R}$ = Anteil der Austrocknung durch die Dachhaut hindurch $= \alpha_x \cdot \%$

3. Mit zunehmenden α, somit besonders bei Dächern mit dampfdurchlässiger Dachhaut, wird es also immer wichtiger, dass das günstige Verhältnis nicht durch äussere Einflüsse gestört wird.

Eine ganz entscheidende Störung stellt nun aber selbst eine dünne Wasserschicht von wenigen Zentimetern auf der Dachhaut dar, da dieselbe, solange vorhanden, einen absolut dampfdichten Abschluss darstellt. Es ist unschwer vorstellbar, dass bei ungünstigen Gefällsverhältnissen von Regentag zu Regentag vollflächig Wasser auf der Dachhaut liegenbleiben kann, welches folgende Verschlechterung bzw. Austrocknen bewirkt:

Bild 2



Zu Beispiel Var. I und Var. II bei dauernd stehendem Wasser: $\alpha^* = 0$!

denn: $\alpha^* = R_{DT}/(R_D + \text{Wasserfilm}) = 1100/(3900 + \infty) = 0$

Var. I: $K_J = (1440 \cdot 10{,}52/1100)$
$\cdot 0{,}8 = 11{,}0$ g/m² Jahr (statt 10,73)
→ Zunahme ~ 2,6%

$A_J = (1440 \cdot 10{,}52/1100)$
$\cdot 0{,}45 = 6{,}2$ g/m² Jahr (statt 8,60)
→ Abnahme = 28% ≙ $\alpha_I \cdot$ %

Var. II: $K_J = (1440 \cdot 10{,}52/1100)$
$\cdot 0{,}8 = 11{,}0$ g/m² Jahr (statt 9,04)
→ Zunahme ~ 21,7%

$A_J = (1440 \cdot 10{,}52/1100)$
$\cdot 0{,}45 = 6{,}2$ g/m² Jahr (statt 23,80)
→ Abnahme = 74% ≙ $\alpha_{II} \cdot$ %

Abschliessende Feststellung zur Frage des Gefälles bei Kunststoffdächern

Soll der bauphysikalische Vorteil des Kunststoffdaches bezüglich Wasserdampfdiffusion nicht gänzlich ausser acht gelassen werden, so muss gerade hier mit allem Nachdruck die zuverlässige Entwässerung verlangt werden – ungeachtet, ob dies nun die KDB in bezug auf Witterungsbeständigkeit erfordert oder nicht.

Adresse des Verfassers: *H. Bangerter*, Ing. SIA, c/o Sika AG, 8048 Zürich.

Europäische Stahlbaupreise 1978

Die *Europäische Konvention für Stahlbau*, deren Mitglieder die nationalen Stahlbauorganisationen sind (für die Schweiz: Schweizerische Zentralstelle für Stahlbau, Zürich) verleiht alljährlich die europäischen Stahlbaupreise für hervorragende Stahlbauten, die sich vor allem durch ihre Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Ästhetik auszeichnen.

Am 22. September 1978 wurden die *Staatlichen Seminare Biel* an der *jährlichen Plenarversammlung der Europäischen Konvention für Stahlbau* in *Helsinki* mit dem europäischen Stahlbaupreis ausgezeichnet.

Bauherr:	Kanton Bern
Architekt:	Alain G. Tschumi, Biel
Mitarbeiter:	P. Benoit
Bauingenieure:	Schaffner & Dr. Mathys, Biel
Stahlbauunternehmung:	Zschokke Wartmann AG, Brugg

Die Begründung der Jury lautet: Ein gutes Gesamtkonzept für die Kombination von zwei Schulen. Ein Sockelgeschoss nimmt die gemeinsamen Einrichtungen auf. Darüber erheben sich drei Baukörper mit den Schulklassen, auf dem gleichen Modul entworfen. Mit der Patina des Cor-ten-Stahls fügen sich die Fassaden gut in den umgebenden Wald ein. Die Stahlkonstruktion schafft eine luftige, helle und funktionelle Atmosphäre im Inneren.

Neben den Staatlichen Seminaren, Biel, wurden noch folgende Bauwerke in Europa ausgezeichnet:

- Ausstellungshalle Moskau (USSR),
- Sportzentrum Kopenhagen (DK)
- Eisenbahnbrücke Punkaharju Finnland (SF),
- Seilverspannte Brücke über die Loire in Saint Brévin–Saint Nazaire (F),
- Versuchslaboratorien der Technischen Hochschule Darmstadt (D),
- Hochhaus der National Westminster Bank London (GB),
- Seilverspannte Brücke über den Arno in Florenz (I),
- Seilverspannte Brücke über die Waal bei Ewijk (NL),
- Kesselhaus für die Stora Kopparberg Papierfabrik in Skutskar (S).

Staatliche Seminare in Biel

Das Grundstück zur Erstellung der Neubauten für die Seminare Biel (Staatliches Seminar Biel, SSB, und Ecole Normale de Bienne, ENB) liegt östlich der Primarschulanlage «Linde» in einer schönen, ruhigen Waldlichtung und ist topographisch komplex und anspruchsvoll.

Die Lage des Terrains und der nächsten Umgebung verlangten nach einer unauffälligen und leicht anmutenden Überbauung, wobei angestrebt wurde, den Park- und Waldcharakter aufrechtzuerhalten. Anderseits bedingten das ausgedehnte Raumprogramm und die Anzahl Schüler eine Konzentration der Bauten, um auf dem knappen Grundstück ausreichende Pausen- und Sportflächen zu gewährleisten. Die Eigenart einer jeden der beiden Schulen in einem gemeinsamen Schulkomplex zu wahren, hatte sich mit den vorgenannten Voraussetzungen als komplexes Problem den Architekten gestellt. Das Gesamtkonzept ist die Resultierende der vorstehend aufgeführten Probleme. Die Konzentration des Projektes wird durch Anordnung einer grossen Anzahl Räume unter einem Hochplateau, dessen Dach als Pausen- und Aufenthaltsfläche benützt werden, erzielt. Unter dem Plateau sind die Turnhallen, das Lehrschwimmbecken, die Aula und Mensa mit den entsprechenden Nebenräumen sowie die Hauswirtschafts-, Musik-, Werk- und Zeichenräume beider Schulen, die Abwartwohnung und die Wirtschaftsräume untergebracht.

Auf dem Hochplateau stehen drei freie, klare Baukörper, je ein Baukörper für das *«Staatliche Seminar Biel»*, die *«Ecole Normale de Bienne»* und die *Spezialklassen*. Waldhintergrund, Freiräume und die Bäume werden zwischen den Baukörpern und durch die verglasten Eingangshallen stets sichtbar bleiben.