

Blasenbildung bei Dachdichtungsbahnen auf Flachdächern

F 1716

F 1716

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen -BMVBW- geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

INSTITUT FÜR BAUPHYSIK STUTTGART

Außenstelle Holzkirchen

Amtlich anerkannte Prüfstelle für die Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile und Bauarten

Institutsleiter: Prof. Dr. F. P. Mechel

B Ho 1/81

Blasenbildung bei Dachdichtungsbahnen auf Flachdächern

durchgeführt in der
Freilandversuchsstelle Holzkirchen des
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik

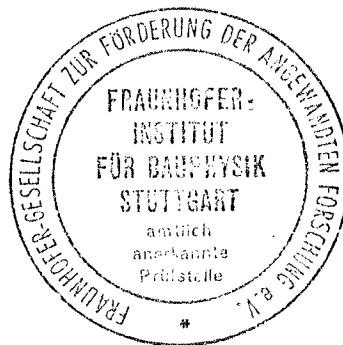
im Auftrag des

Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau

AZ: B II 5 - 80 01 74 - 42

AZ: B I 5 - 80 01 77 - 25

Der Bericht umfaßt
15 Seiten Text,
6 Bilder und
1 Tabelle



Holzkirchen, den 18. Februar 1981

Sachbearbeiter:

Abteilungsleiter:

Leiter des Instituts:

Ing. grad. D. Holz

Dr.-Ing. H. Künzel

Prof. Dr. F.P. Mechel

INSTITUT FÜR BAUPHYSIK STUTTGART

Außenstelle Holzkirchen

Amtlich anerkannte Prüfstelle für die Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile und Bauarten

Institutsleiter: Prof. Dr. F. P. Mechel

B Ho 1/81

Blasenbildung bei Dachdichtungsbahnen auf Flachdächern

1. Übersicht

Oftmals zeigen mehrlagig aufgebraachte bituminöse Flachdach-Abdichtungen Blasen, die meist erst mehrere Jahre nach der Fertigstellung des Dachbelages auftreten. Die in sehr unterschiedlicher Größe vorkommenden Blasen finden sich meist zwischen der obersten und der nächstfolgenden Dachbahn, seltener zwischen der Wärmedämmschicht und der ersten Dichtungsbahn. Daher trifft es auch nicht zu, daß eine Blasenbildung durch das Anordnen einer sog. Dampfdruckausgleichsschicht zwischen Wärmedämmschicht und Dachhaut unterbunden werden könne. Eine Bekiesung des Daches verdeckt die Blasen, vor allem in der ersten Zeit des Entstehens, kann aber die Blasenbildung im allgemeinen nicht verhindern.

Zwischenzeitlich gemachte praktische Erfahrungen - die ersten Überlegungen und Untersuchungen zu diesem Fragenkomplex begannen im Jahre 1974 - führten zu der Erkenntnis, daß fast ausschließlich Bitumen-Dachdichtungsbahnen mit Rohfilzpappen-Einlagen von Blasenbildung betroffen sind, selten dagegen Glasvlies-Bitumen-Dachbahnen. Die Untersuchungen konzentrier-

ten sich daher im wesentlichen auf einen Vergleich der material-technischen Eigenschaften dieser beiden Arten von Dachdichtungsbahnen.

Die Ergebnisse bestätigten die praktischen Erfahrungen. Es konnten bei Rohfilzbahnen Blasen "gezüchtet" werden im Gegensatz zu Glasvliesbahnen. Langzeit-Untersuchungen an Dächern unter praktischen Bedingungen erbrachten gewisse Einsichten über das Entstehen und Wachsen von Blasen, die zwar zu einer Hypothese, nicht aber zu einer völligen Klärung des Phänomens "Blasenbildung" führen konnten.

2. Bisheriger Kenntnisstand

Wilhelm und Schulze haben eingehende Untersuchungen über die Wechselwirkung zwischen Wasser und bituminösen Bindemitteln - hauptsächlich im Hinblick auf die Verhältnisse im Straßenbau - durchgeführt [1]. Sie kommen dabei zu dem Ergebnis, daß die landläufige und durch das Aussehen und die geschlossene Struktur von bituminösen Bindemitteln gestärkte Meinung nicht stimmt, daß diese wasserabweisend bzw. unempfindlich gegenüber der Einwirkung von Wasser seien. Sie weisen darauf hin, daß das bituminöse Bindemittel eines vollständig umhüllten Splittkornes durch Wassereinwirkung vom Gestein verdrängt werden kann. Sie erwähnen auch, daß die Dachpappeinlage quellen kann, obwohl sie nicht nur mit bituminösem Bindemittel getränkt, sondern auch noch in bituminösen Deckschichten eingebettet liegen und mit Wasser direkt gar nicht in Berührung kommen. Die Ursache hierfür ist, daß bituminöse Bindemittel mehr oder weniger spreiten.

Spreiten ist das Ausbreiten einer Flüssigkeit auf einer anderen, wie z. B. Öl oder Benzin auf Wasser, wobei sich im Extremfall eine einmolekulare Schicht des einen Mediums auf

dem anderen bilden kann. In diesem extremen Maße ist dies natürlich bei "hartem" Bitumen nicht möglich; aber das Spreiten kann sich in diesem Fall in einem Unterwandern einer Bitumenschicht durch Wasser, ausgehend von einer winzigen Fehlstelle, auswirken.

Die Autoren kommen zu dem Schluß, daß dieses Spreitverhalten mit ein Grund für die Wasserempfindlichkeit von bituminösen Oberflächenbehandlungen ist, besonders dann, wenn die Bindemittel noch dünnflüssig sind. Denn jeder Regentropfen und auch das kleinste Luftbläschen im Niederschlagswasser kann den Spreitvorgang auslösen und so die Bindemittelumhüllung und die Klebkraft verändern.

Wenn diese Untersuchungen auch hauptsächlich im Hinblick auf die Verhältnisse im Straßenbau durchgeführt worden sind, so ist für die vorliegende Problemstellung doch im Auge zu behalten, daß bituminöse Stoffe nicht generell wasserdicht oder wasserabweisend sind. Dies wird auch durch die später erläuterten Untersuchungen bestätigt.

Warden hat 1960 eine Theorie über den Mechanismus der Blasenbildung aufgestellt [2], wobei er von folgenden Voraussetzungen und Überlegungen ausgeht: Er betrachtet ein Dach mit folgendem Aufbau von unten nach oben:

massive Unterkonstruktion

Dampfsperre aus drei Schichten

25 mm Korkschicht

4 Lagen Mehrschichten-Dachhaut, herkömmlicher Bauart, deren Filze mit Steinkohlenteerpech getränkt und mit

Schlacke bestreut sind^{*)}.

Warden sieht den Raum zwischen Dampfsperre, Dachhaut und Dachrand als einen abgeschlossenen Luftraum an, dessen Volumen vom Porenvolumen des Dämmstoffes abhängt. Der Druck der als feuchtigkeitsgesättigt angenommenen Luft in diesem Volumen wird durch die Herstellungstemperatur bestimmt, die er zu 38°C und alternativ 27°C in die Berechnungen einsetzt. Weiterhin wird berücksichtigt, daß das Bitumen bei 60°C so weich wird, daß es einer Bewegung oder Ablösung einen geringen Widerstand entgegensetzt; bei 25°C ist es hingegen hart und spröde. Wardens Annahme ist nun, daß sich bei Erwärmung durch Sonneneinstrahlung das Luftvolumen zwischen Dampfsperre und Dachhaut ausdehnt und durch den entstehenden Druck an einzelnen schwachen Stellen Blasen durch Ablösen der mit dem weichen Bitumen gebundenen Dachhaut entstehen. Bei der nächtlichen Abkühlung von außen erstarrt die Dachhaut im Bereich der Luftblasen relativ rasch und geht daher nicht mehr auf den Ausgangszustand zurück. In der Blase bzw. im gesamten Dachvolumen entsteht dadurch ein Unterdruck, der Außenluft in das Dachvolumen einsaugt. Dabei wird eine gewisse Luftdurchlässigkeit der Dachhaut angenommen. Bei einer anschließenden Erwärmung "strömt" wieder eine gewisse Luftmenge nach außen ab.

Die Berechnungen von Warden ergaben, daß unter den angenommenen Klimabedingungen über ein Jahr der Unterdruck in den Blasen gegenüber dem Überdruck überwiegt. Da somit insgesamt mehr Luft einströmt als ausströmt, hat dies in Phasen der

*) Hierbei ist zu berücksichtigen, daß zur damaligen Zeit die Verwendung von "vorgefertigter" Dachpappe wie bei uns in den USA nicht üblich war, sondern Filzpappe, die "am Ort" mit Teerpech oder Bitumen bestrichen wurde.

Erwärmung langfristig ein Wachsen der Blasen zur Folge. Für einen durchschnittlichen Sommertag (Maximum der Außenlufttemperatur 30°C , Minimum 14°C) berechnete Warden einen maximalen Überdruck von 9 000 Pa und einen maximalen Unterdruck von 15 000 Pa bei einer Herstellungstemperatur von 38°C .

Diese Theorie ist als ein erster Versuch zur Erklärung der Blasenbildung zu werten. Sie hat aber Mängel, auch wenn man von dem andersartigen, bei uns nicht gebräuchlichen Dachaufbau und den damit zusammenhängenden speziellen Bedingungen absieht. So ist es z. B. nicht vorstellbar, daß eine Dachhaut mit ihren Rand- und sonstigen Anschlüssen so luftdicht ist, daß die Temperatur- und Luftdruckverhältnisse bei der Herstellung einen entscheidenden Einfluß haben. Zum anderen werden im vorliegenden Fall Blasen zwischen der Dämmschicht und der mehrlagigen Dachhaut betrachtet, die bei den hier üblichen mehrlagigen Dachbelägen kaum in Frage kommen. Die Theorie gab aber den Anstoß dazu, Messungen über die Temperatur, Druck- und Wachstumsverhältnisse bei vorhandenen Blasen durchzuführen.

3. Durchführung und Ergebnisse der Untersuchungen

3.1. Wasserdampf-Durchlässigkeit

Um die diffusionstechnischen Kennwerte der beiden Dachbahnen - mit Rohfilzpappen-Einlage nach DIN 52 130 und Glasvlieseinlage nach DIN 52 143 (V 11) - zu ermitteln, wurden Diffusionsmessungen bei verschiedenen Randbedingungen durchgeführt. Einmal wurden Messungen nach dem Trockenbereichverfahren nach DIN 18 515 durchgeführt (zwischen 0 % und 50 % rel. Feuchte), außerdem Messungen nach dem Feuchtbereichverfahren (zwischen 50 % und 100 % rel. Feuchte). Zusätzlich wurde ein "abgewandeltes Feucht-

bereichverfahren" durchgeführt, das als "inverted wet cup"-Verfahren im englischen Schrifttum bekannt ist. Hierbei wird das mit destilliertem Wasser gefüllte Diffusionsgefäß mit dicht aufgebrachter Pappe "auf den Kopf gestellt", so daß das Wasser unmittelbar die eine Seite der Pappe benetzt. Diese Anordnung entspricht mehr einem Wasserdurchlässigkeitsversuch als einem Diffusionsversuch.

Die Ergebnisse sind im Bild 1 und in Tabelle 1 dargestellt und lassen folgendes erkennen: Die Glasvliesdachbahn ist im Trockenbereich dampfdurchlässiger als die Rohfilzbahn. Die Glasvliesdachbahn ist aber andererseits weniger abhängig vom Feuchtigkeitsbereich. Bei höherem Feuchtigkeitsbereich - insbesondere bei unmittelbarer Benetzung - ist die Rohfilzdachbahn wesentlich feuchtigkeitsdurchlässiger. Dies geht aus den absoluten und prozentualen Angaben in Bild 1 hervor.

3.2. Temperatur- und Druckverhältnisse in einer Blase

In der dreilagigen Abdichtung aus Bitumen-Dachdichtungsbahnen mit Rohfilzpappen-Einlage nach DIN 52 130 auf einem nicht belüfteten Gasbeton-Flachdach eines Versuchshauses in der Freilandversuchsstelle Holzkirchen sind nach mehreren Jahren Blasen aufgetreten. An einer dieser Blasen zwischen der obersten und mittleren Dichtungsbahn wurden über mehrere Monate laufend Messungen über folgende Werte durchgeführt:

Außenlufttemperatur

Temperatur der Dachdichtungsbahn im Bereich der Blase

Druck in der Blase gegenüber dem Außendruck

Höhenänderung der Blase

Die Temperaturen wurden mit Thermoelementen gemessen. Zur Ermittlung des Druckes wurde die Blase mit Hilfe einer Injektionskanüle an einer örtlich erwärmten und mit Heißbitumen abgedichteten Stelle "angestochen". Durch einen Druckwandler wurden die Druckschwankungen in elektrische Signale umgewandelt. Vorversuche bestätigten, daß durch diese Manipulation die Druckverhältnisse in der Blase nicht gestört wurden. Die Messung der Änderungen der Blashöhe erfolgte mittels eines induktiven Weggebers.

In Bild 2 sind die zeitlichen Verläufe der genannten Meßwerte während dreier Wochen einer längeren Meßperiode dargestellt. Diese drei Wochen zeichneten sich dadurch aus, daß in dieser Zeit unterschiedliche Wetterverhältnisse geherrscht haben und ein plötzliches Wachsen der Blase zu verzeichnen war.

Aus Bild 2 ist folgendes zu erkennen: In einer ersten Phase (vom 16. 8. bis 22. 8.) herrschte sonniges und trockenes Wetter. Die Temperatur der Blasen-Dachhaut stieg in der Mittagszeit auf 30°C bis 50°C an. Der Druck im Blaseninnern schwankte zwischen Unterdrücken in der Nacht von ca. 200 Pa und Überdrücken bei Besonnung bis zu maximal 500 Pa. Unter diesen Bedingungen schwankte die etwa 15 cm hohe Blase mit einer Fläche von ca. $1\,000\text{ cm}^2$ lediglich um 1 - 2 mm in der Höhe, ohne sich generell zu verändern.

In einer anschließenden kühlen, regnerischen Zeitperiode (vom 23. 8. bis 27. 8.) herrschte ein ständiger Unterdruck in der Blase, der sich langsam verkleinerte in Verbindung mit einem leichten Wachsen der Blase nach der Höhe (um ca. 0,5 mm).

Darauf folgte wieder warmes, sonniges Wetter und löste ein deutliches pulsierendes Wachsen der Blase aus, wobei aber die Druckschwankungen in der Blase etwa denen in der ersten Phase ähnelten. Mit der Höhe ist gleichzeitig die Flächen- ausdehnung der Blase gewachsen, die aber nicht erfaßt wurde, und damit das Volumen der Blase.

Um die Randbedingungen des Blasenwachstums eingehender verfolgen zu können, wurde für die drei genannten, unterschiedlichen Perioden (die erste Periode erweitert durch vorangegangene ähnliche Tage) der mittlere Druck in der Blase gegenüber dem Außendruck ermittelt. Diesem Mittelwert wurde die Höhenänderung der Blase jeweils um 4 Uhr morgens - also ohne tageszeitlich bedingte Schwankungen - gegenübergestellt. Aus der Darstellung dieser Meßgrößen in Bild 3 ist zu entnehmen, daß während der ersten Schönwetterperiode im zeitlichen Mittel ein Unterdruck in der Blase herrschte. In der anschließenden Regenperiode vergrößerte sich dieser Unterdruck und wechselte in der folgenden Schönwetterperiode im zeitlichen Mittel zu einem Überdruck, der ein deutliches Wachsen der Blase zur Folge hatte.

3.3. "Züchten" von Blasen

Die im vorangegangenen Abschnitt erläuterten Ergebnisse, ermittelt an einem ausgeführten Dach mit Rohfilzpappen- Dachdichtungsbahnen als Eindeckung, zeigten, daß unter bestimmten Voraussetzungen offensichtlich ein Luftaustausch zwischen der Außenluft und der Luft in der Blase stattfindet. Es ist dabei anzunehmen, daß als Voraussetzung zunächst eine Fehlstelle in der Verbindung zwischen der obersten und der folgenden Dachhaut vorhanden sein muß.

Um die aus den praktischen Erfahrungen bekannten Unterschiede zwischen dem Verhalten von Rohfilzbahnen und Glasvliesbahnen möglichst weiter zu ergründen, wurden Versuchsproben mit Fehlstellen angefertigt und der natürlichen Bewitterung ausgesetzt. Die Versuchsproben werden im folgenden beschrieben und sind in Bild 4 schematisch dargestellt.

Auf einer Spanplatte von 50 cm x 50 cm Flächenabmessungen als Träger wurde zur völligen Luftdichtung nach unten ein verzinktes Blech befestigt. Mit Ausnahme einer kreisförmigen Fläche von 10 cm Durchmesser in der Mitte der Platte wurde die zu prüfende Dachbahn vollsatt mit Heißbitumen aufgeklebt. In der nicht verklebten Plattenmitte wurde ein Messingröhrchen in eine Öffnung des verzinkten Bleches eingelötet, an das ein Quecksilbermanometer angeschlossen wurde. Geprüft wurden in dieser Weise

Bitumen-Dachdichtungsbahn mit Rohfilzpappen-
Einlage 500, DIN 52 130

Bitumen-Dachdichtungsbahn mit Rohfilz-Bitumenpappen-Einlage 333, DIN 52 130

Glasvlies-Bitumen-Dachbahn DIN 52 143

Von jeder Art wurden fünf Proben hergestellt.

Im Sommer (August) wurden die Proben zur Bewitterung im Freiland aufgebaut. Bedingt durch die tageszeitlichen Temperaturschwankungen (Lufttemperatur und Besonnung) zeigten sich Druckschwankungen zwischen der Luft in der eingebauten Fehlstelle und der Außenluft von 500 - 800 Pa (nachts Unterdruck, tags Überdruck). Nach einer längeren Regenperiode traten einen Monat später etwa die gleichen Druckschwankungen auf. Diese Druckschwankungen verstärkten sich im Herbst (Oktober); vielleicht wegen der stär-

ker werdenden nächtlichen Abkühlung. Wesentlich aber war, daß keine signifikanten Unterschiede in den Druckdifferenzen, abhängig von der Art der Dichtungsbahnen, festzustellen waren. Daraufhin unterblieb eine weitere Beobachtung der Proben, die aber noch bewittert wurden.

Im darauffolgenden Frühjahr zeigten sich bei allen Proben mit Rohfilzpappen (333 und 500) Blasen von 5 bis 10 mm Höhe, die auch bei Unterdruck nicht mehr verschwanden. Gleiches war bei keiner Probe mit Glasvlieseinlage festzustellen. Hier waren die Dichtungsbahnen auch über die unverklebten Fehlstellen nach wie vor praktisch eben gespannt. Die im Tagesverlauf auftretenden Druckdifferenzen waren aber weiterhin bei allen Proben etwa gleich groß.

Die Blasen vergrößerten sich bei den Proben mit Rohfilzpappen, bis sie teilweise am Rand der Proben aufplatzten (siehe schematische Darstellung in Bild 5). Bei den Dichtungsbahnen mit Glasvlieseinlage waren auch weiterhin keine Blasen festzustellen (siehe Foto Bild 6).

4. Deutung der Ergebnisse

Aus der Darstellung in Bild 3 des mittleren Unter- bzw. Überdruckes in der Blase ist zu entnehmen, daß während der ersten Schönwetterperiode bei wechselnden Druckschwankungen (Bild 2) im zeitlichen Mittel ein Unterdruck in der Blase herrschte. Sollten in dieser Periode Luftaustausch-Vorgänge stattgefunden haben, so haben sich diese im Mittel ausgeglichen und zu keinem Wachsen der Blase geführt. In der anschließenden naßkalten Periode mit Lufttemperaturen unter 10°C war ein ständiger Unterdruck in der Blase vorhanden, der sich langsam abbaute und

im gleichen Maße ein geringes Wachsen der Blase zur Folge hatte (Bild 2). Hierbei liegt die Vermutung nahe, daß im kalten Zustand wegen der thermischen Kontraktion des Bitumens die Pappe "poröser" geworden ist und aufgrund des Unterdruckes Außenluft in die Blase eindringen konnte. Außerdem ist es möglich, daß infolge der erhöhten Feuchtigkeit (Regen) ein Spreiten des Bitumens mit Unterwanderung von Wasser und Luft aufgetreten ist. Die in dieser Periode eingedrungene Luft dehnte sich in der anschließenden Schönwetterperiode aus, führte im Zeitmittel zu einem Überdruck und zu einem kräftigen Anwachsen der Blase.*) Demnach wäre der Luftdurchgang durch eine bituminöse Pappe von der Temperatur oder von der Temperatur und Feuchtigkeit abhängig. Die Temperaturabhängigkeit wäre insbesondere denkbar wegen des von der Temperatur beeinflussten plastischen und Wärmeausdehnungs-Verhaltens.

Daß andererseits die Rohfilzdachbahn auch feuchtigkeitsdurchlässiger ist - in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt - als die Glasvliesdachbahn geht aus Tabelle 1 und Bild 1 hervor.

Die hypothetische Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeit - wie oben ausgeführt - und die tatsächlich vorhandene Feuchtigkeitsabhängigkeit bei Rohfilzpappen würden einem "Ventileffekt" gleichkommen, der bewirkt, daß mehr Luft in der einen Richtung, nämlich ins Blaseninnere gelangen kann als umgekehrt.

*) Hierbei ist zu berücksichtigen, daß meßtechnisch nur das Wachsen in der Höhe verfolgt wurde, nicht das Flächenwachstum, das noch bedeutend größer war. Anschließend "dellte" sich die Blase in der Mitte ein und der Versuch wurde abgebrochen.

Die Glasvliesdachbahn hat ebenfalls eine gewisse Abhängigkeit des Feuchtigkeitsdurchganges vom Feuchtigkeitsgehalt, wenn auch nicht so ausgeprägt (siehe Tabelle 1 und Bild 1). Wenn bei diesem Material trotz gleicher Luftdruckschwankungen wie bei Rohfilzbahnen in dem in Abschnitt 3.3. beschriebenen Versuch keine Blasen aufgetreten sind, so kann nur gefolgert werden, daß bei Glasvliesbahnen eine völlig andere (kleinere) Größenordnung des Luftdurchganges bzw. eine andere Abhängigkeit von sonstigen Randbedingungen gegeben ist. Diese Überlegungen waren der Ausgangspunkt für eingehende Untersuchungen über den Luftdurchgang durch Dichtungsbahnen, wie im folgenden Abschnitt beschrieben.

5. Luftdurchgang durch Dichtungsbahnen

Zur Messung der Luftdurchlässigkeit von Bitumen-Dachdichtungsbahnen wurde in etwas abgewandelter Form ein Gerät verwendet, wie es zur Bestimmung der Gasdurchlässigkeit von Kunststoff-Folien (DIN 53 380) eingesetzt wird. Dieses Gerät gestattet die Messung der Gasdurchlässigkeit allgemein, also auch die Durchlässigkeit für trockene und feuchte Luft.

Wegen der besandeten Oberfläche der Bitumen-Dachdichtungsbahnen mußten auf jede Probe im Einspannbereich zur Abdichtung ein Ring aus Kupferfolie mit Heißbitumen aufgeklebt werden.

Die für die Messung der Luftdurchlässigkeit notwendige, treibende Druckdifferenz war auf Werte zu reduzieren, die den tatsächlichen Verhältnissen in der Blase entsprechen.

Diese Anpassung führte jedoch zu einer relativ stärkeren Beeinflussung der Messung durch die Luftdruckschwankungen, was zu berücksichtigen war.

Bei allen untersuchten Bitumen-Dachdichtungsbahnen zeigte der zeitliche Verlauf der gemessenen Luftdurchlässigkeit übereinstimmend relativ hohe Werte zu Beginn der Messung mit stetiger Abnahme, bis sich nach 16 bis 20 Tagen ein konstanter, sehr geringer Luftdurchlässigkeitswert messen ließ. Die Ursache für die relativ hohen Anfangsmeßwerte liegt jedoch nicht in einer hohen Luftdurchlässigkeit zu Beginn der Messung, sondern hauptsächlich im Fließverhalten des Bitumens. Nach dem Einspannen der Probe in das Gasdurchlässigkeits-Prüfgerät, befinden sich zwischen den Sandkörnern der besandeten Pappe größere Zwischenräume, die mit Luft gefüllt sind. Durch den außen anliegenden Überdruck werden die Sandkörner in das Bitumen gedrückt und reduzieren das kleine Luftvolumen zwischen der Probenfläche und der Meßkammerwand. Diese Reduzierung des Luftvolumens wird vom Prüfgerät zwangsläufig als Gasdurchlässigkeit gemessen. Nach einem Zeitraum von 16 - 20 Tagen ist dieser Vorgang bei Raumlufttemperatur abgeschlossen und der Meßwert entspricht der Luftdurchlässigkeit der jeweiligen Proben. Die gemessenen Luftdurchlässigkeitswerte lagen nahe beieinander, signifikante Unterschiede zwischen der Glasvlies-Bitumen-Dachbahn und den Bitumen-Dachdichtungsbahnen mit Rohfilzpappen-Einlage waren nicht erkennbar.

Untersuchungen der Luftdurchlässigkeit der Dichtungsbahnen in Abhängigkeit von der Temperatur und Feuchtigkeit - wie ursprünglich geplant - waren daher nicht möglich. Vielleicht treten Unterschiede des Luftdurchganges durch Dachbeläge auch erst nach einer gewissen Alterung durch

die Bewitterung auf. Untersuchungen hierüber konnten im Rahmen des Forschungsprojektes nicht durchgeführt werden.

6. Zusammenfassung und Folgerungen

Die Blasenbildung in mehrlagigen bituminösen Dachbelägen ist ein häufiger Anlaß für Flachdachschäden in der Praxis. Aber auch bei Kunststoffbelägen oder bei Anstrich-Systemen tritt das Phänomen der Blasenbildung auf. Durch die vorliegenden Untersuchungen sollte ein Beitrag geleistet werden zur Klärung der Blasenbildung bei bituminösen Dachbahnen mit Rohfilzeinlage (häufige Blasenbildung) und mit Glasvlieseinlage (keine bzw. nur selten Blasenbildung).

Eine völlige Klärung war im Rahmen der vorhandenen Mittel nicht möglich. Trotzdem können folgende allgemeine Aussagen - speziell im Hinblick auf bituminöse Abdichtungen - gemacht werden:

- a) Auslösende Ursache für Blasenbildung ist eine Fehlstelle in der Verklebung von Dachbelägen, in der sich ein Unterdruck ausbildet. Eine solche Fehlstelle kann z. B. durch Haftverminderung infolge Feuchtigkeit (z. B. Regentropfen oder erhöhte Feuchtigkeit in der Dachbahn) hervorgerufen werden oder durch Einschluß eines Fremdkörpers zwischen zwei Lagen (Steinchen), der eine lückenlose Verbindung zwischen den Lagen verhindert. Nach Abkühlen des heiß aufgetragenen Bitumens bildet sich in den aus den genannten Ursachen möglichen Fehlstellen ein Unterdruck aus.
- b) Der Unterdruck ist Anlaß für ein Eindringen von Außenluft in die Fehlstelle, die bei niedrigen Temperaturen oder unter Anwesenheit von Feuchtigkeit (Regen) leicht

ter möglich ist als eine Luftabgabe bei Überdruck, der sich bei höheren Temperaturen einstellt. Die dadurch hervorgerufene "Ventilwirkung" ist als eine Arbeitshypothese zur Erklärung des Blasenwachstums anzusehen. Eine Bestätigung dieser Hypothese war aufgrund der durchgeführten Untersuchungen nicht möglich. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Untersuchungen über die Luftdurchlässigkeit an "fabrikfrischen" Proben durchgeführt worden sind. Es ist nicht auszuschließen, daß sich durch Alterung deutliche Differenzierungen ergeben.

Weitere Untersuchungen zum Phänomen "Blasenbildung" erscheinen durchaus sinnvoll und notwendig - abgesehen von speziellen Einzelfällen - um den grundsätzlichen Mechanismus zu erkennen. Dies ist die Voraussetzung für eine sinnvolle Abhilfe zur Vermeidung von Bauschäden.

Literaturhinweise:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| [1] Wilhelm, R. und
Schulze, K.: | Grenzflächenvorgänge am System
wasser-bituminöse Bindemittel
und ihre Bedeutung für die Bau-
praxis. Bitumen, Teere, Asphalte,
Pech, Heft 2 (1954), S. 103-107. |
| [2] Warden, Wassen B. | Eine Theorie für den Mechanismus
der Blasenbildung.
Monografie Nr. 1/1960 National
Research Council, Washington, D.C. |

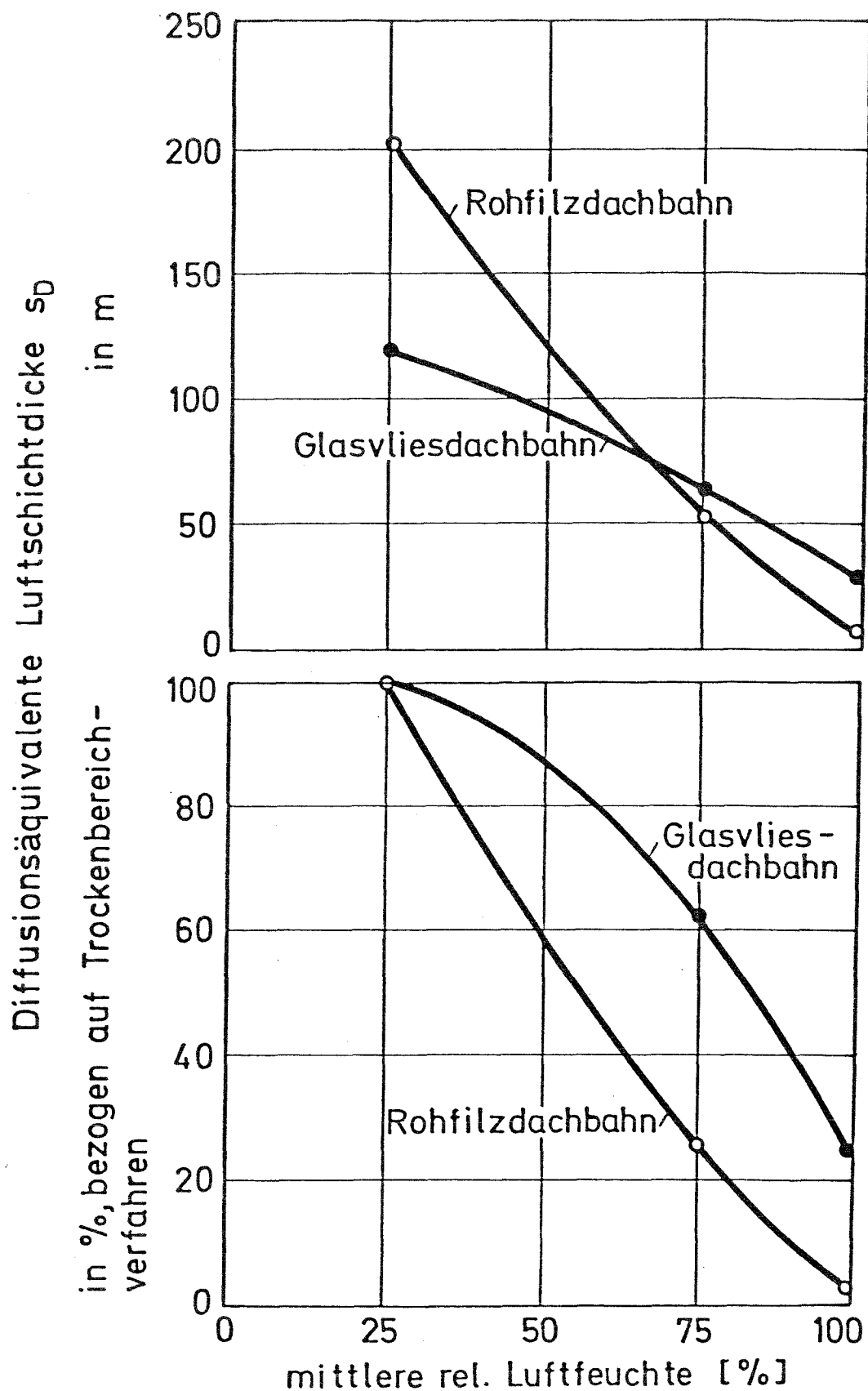


Bild 1: Wasserdampfdurchlässigkeit von Dachbahnen absolut (Diagramm oben) und relativ (Diagramm unten) in Abhängigkeit von der mittleren rel. Luftfeuchte an den Probenoberflächen:
 25 %: Trockenbereichverfahren (0 - 50 % r.F.)
 75 %: Feuchtbereichverfahren (50 - 100 % r.F.)
 100 %: abgewandeltes Feuchtbereichverfahren (Wasserdurchlässigkeit)

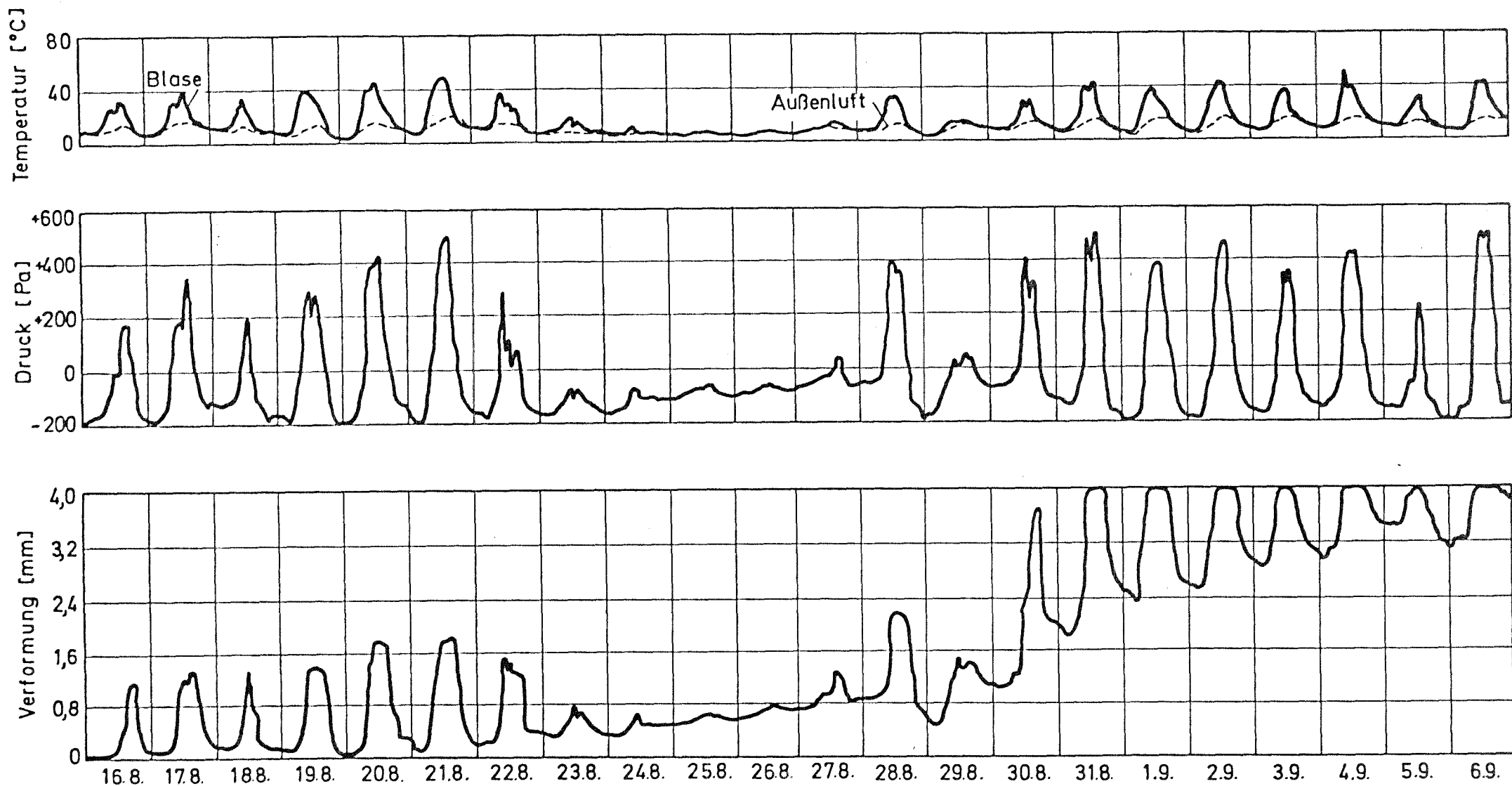


Bild 2: Tageszeitliche Verläufe von Temperatur (Blasenhaut und Außenluft), Luftdruck in der Blase und Höhenänderung der Blase während eines dreiwöchigen sommerlichen Zeitraumes bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen.

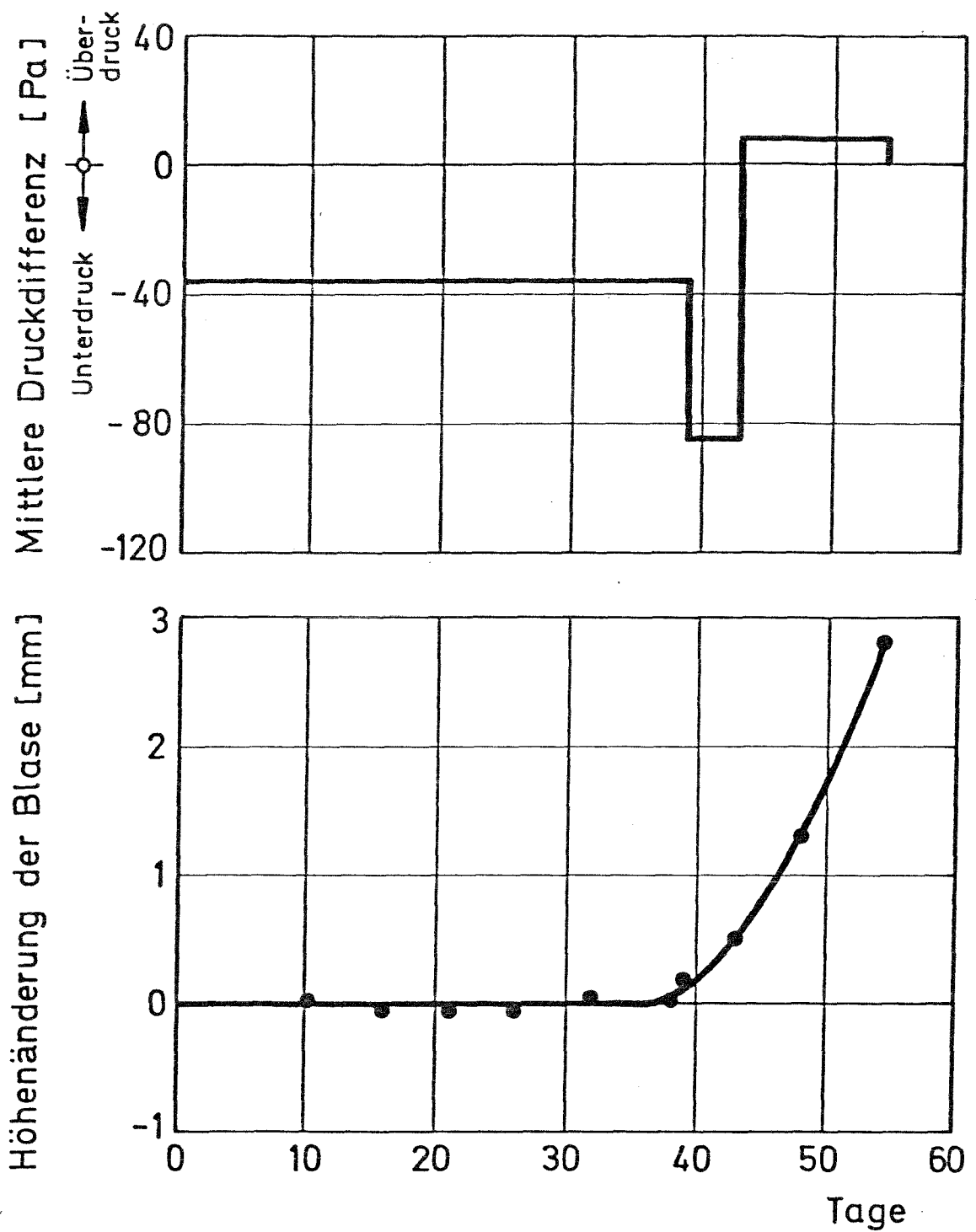


Bild 3: Mittlere Druckdifferenzen zwischen der Luft in der Blase und der Außenluft während dreier Perioden mit unterschiedlichen Witterungsverhältnissen (oben) und Wachsen der Blase durch Angabe der Höhenänderung, ermittelt jeweils um 4 Uhr früh, um die tageszeitlich bedingten, wechselnden Schwankungen zu eliminieren (unten).

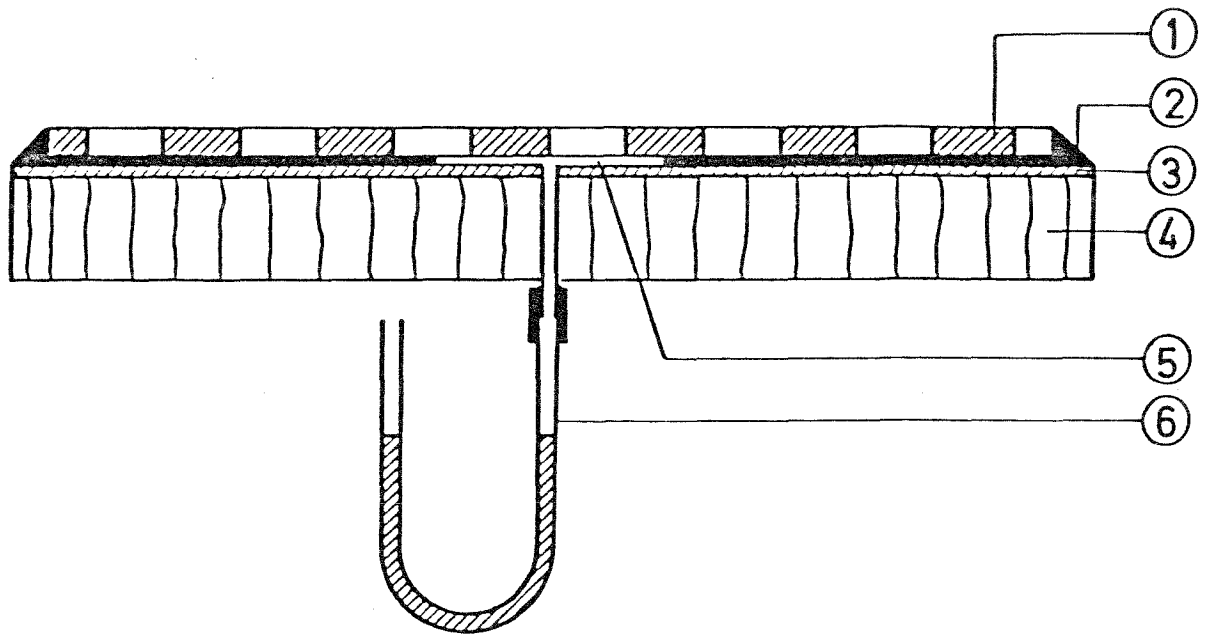
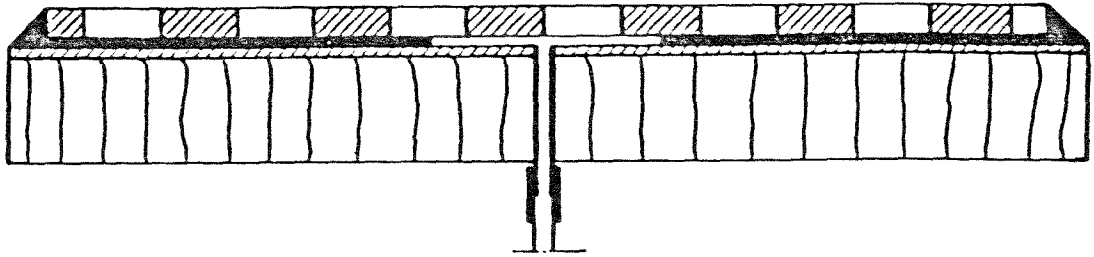


Bild 4: Schnitt durch die Versuchsproben (schematisch) mit eingebauter Fehlstelle ohne Verklebung.

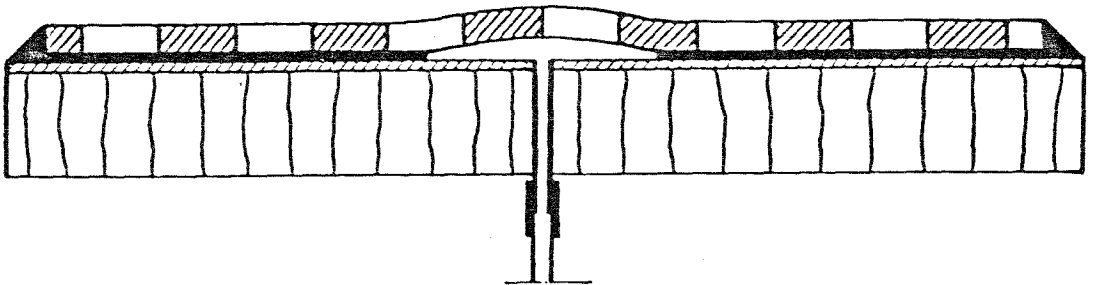
- 1 Dachbahn
- 2 Heißbitumen
- 3 Verzinktes Blech
- 4 Spanplatte
- 5 Fehlstelle ohne Verklebung
- 6 U-Rohr mit Quecksilberfüllung (Manometer)

Bewitterung:

Sommer



Herbst



Frühling

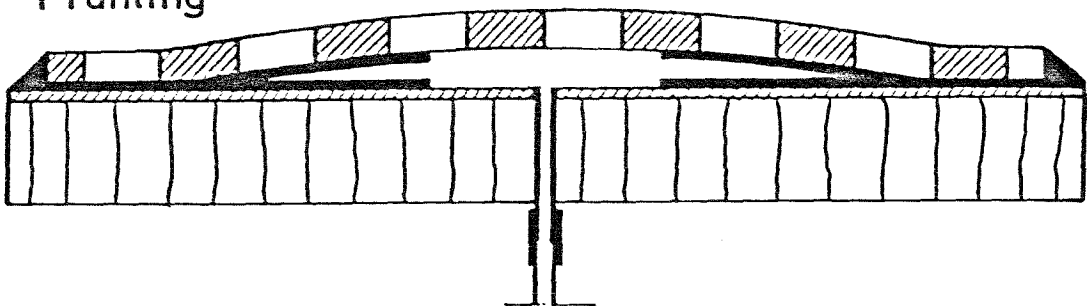


Bild 5: Schematische Darstellung der Blasenbildung bei Probekörpern mit Dachbahnen mit Rohfilzpappen-Einlagen an Abhängigkeit von der Zeit bei natürlicher Bewitterung.

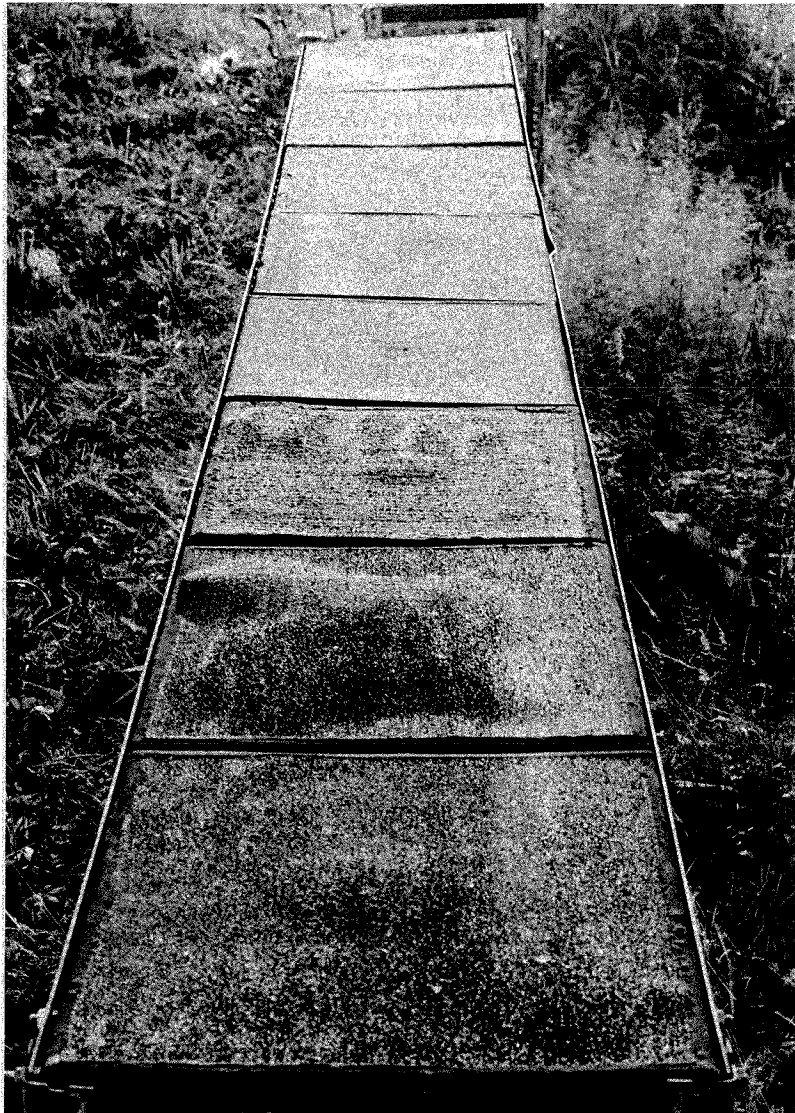


Bild 6: Probekörper mit eingebauten Fehlstellen nach einjähriger, natürlicher Bewitterung mit unterschiedlichen Dachbelägen.

Die drei vorderen Proben: Dachbahnen mit Rohfilz-
pappen-Einlage
- deutliche Blasenbildung

Die fünf hinteren Proben: Dachbahnen mit Glasvlies-
einlagen
- keine Blasenbildung

Material	Meßmethode	diffusionsequivalente Luftschichtdicke s_d [m]
Glasvlies- Bitumen- Dachbahn DIN 52 143	Trockenbereich- verfahren	120
	Feuchtbereich- verfahren	75
	abgewandeltes Feucht- bereichverfahren	30
Bitumen-Dach- dichtungsbahn mit Rohfilz- einlage 500 DIN 52 130	Trockenbereich- verfahren	205
	Feuchtbereich- verfahren	54
	abgewandeltes Feucht- bereichverfahren	6

Tabelle 1: Diffusionsequivalente Luftschichtdicke der geprüften Dachbahnen bei verschiedenen Meßmethoden.