

ABDICHTUNG VON TIEFBAUOBJEKTEN GEGEN WASSER

Z. VAJDA

Lehrstuhl für Bauausführung und Organisation, TU Budapest
Eingegangen am 20. Januar 1979

Der Schutz errichteter Bauwerke gegen Wasser, insbesondere gegen unter Druck stehendes Grundwasser, ist von besonderer Wichtigkeit.

Die Wichtigkeit der Frage ergibt sich nicht nur aus dem Schutz der gebauten Konstruktion, zum Beispiel bei aggressivem Grundwasser der Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit von Stahlbetonkonstruktionen, sondern das im Falle unzureichender Dichtung durch die Wand des Bauwerkes einsickernde Wasser kann in dem unterirdischen Raum, der durch die Dichtung geschützt werden soll, Schäden verursachen, die im Wert die Kosten einer in geeigneter Qualität ausgeführten Dichtung aus beliebigem Material wesentlich übersteigen. Für eine vollwertige Lösung der Frage ist ferner von Wichtigkeit, daß in vielen Fällen eine unrichtige Anschauung entstanden ist, die aus dem irrigen Werturteil stammt, die Kosten (der Wert) der Dichtungsarbeiten dürften kaum 1—2% des Wertes des gesamten Objektes betragen.

Dies ist auch deshalb eine gefährliche Anschauung, weil der sekundär verursachte Schaden, der durch das in den geschützten Raum eindringende Wasser entstehen kann, nicht während der Errichtung eintritt. Hinzu kommt noch, daß in vielen Fällen die nachträglichen Reparaturen beinahe unausführbar sind, so kommt es zum Beispiel vor, daß das Grundwasser von dem Bauwerk bzw. den in dem »geschützten« Bauwerk befindlichen Einrichtungen mittels spezieller Sickersysteme mit teurer innerer Dichtung ferngehalten werden muß.

Nicht zuletzt sei erwähnt, daß infolge der unrichtigen Wertanalyse der Dichtungskosten in den letzten Jahren bei den fachlich ausgebildeten Arbeitskräften, den Facharbeitern, den Werkmeistern, ja selbst dem höher gebildeten technischen Personal die Aneignung sowohl der Material- wie auch der technologischen Kenntnisse in den Hintergrund gedrängt wurde.

Der erste wesentliche Schritt ist es, die an die Dichtung gestellten Anforderungen differenzierter zu formulieren, für die breitere Skala der Anforderungen eine entsprechende Auswahl an Material und Verfahren zu geben.

Innerhalb dessen ist es zweckmäßig, die Dichtungsarten nach Materialien bzw. technologischen Gesichtspunkten zu systematisieren, das einheimische

und das europäische Niveau, die charakteristischen einheimischen und ausländischen Produkttypen zu publizieren, möglichst gleichzeitig auch zu werten.

Auf der Grundlage der Einschätzung von Daten, die in 34 ausführenden und 8 projektierenden Unternehmen gesammelt wurden, können einige Vorschläge für die einheimische Entwicklung gemacht werden. Es ist natürlich möglich, daß in einzelnen Fällen — schließlich wurden die Daten vor 2—3 Jahren aufgenommen — bereits Fortschritte zu verzeichnen sind, jedoch berührt auch dies das Wesen der Lösung der Frage nicht. Das Wesen der Lösung besteht darin, ob in erster Linie die Kunststoffindustrie zur Zusammenarbeit bereit ist, und wie auch das Beispiel des Unternehmens der Gummiindustrie (»TAURUS«) zeigt, ist die ungarische Industrie durchaus im Stande, moderne, den Ansprüchen gerechte Dichtungsmaterialien herzustellen.

Etwas neues kann die Überlegung beitragen, daß die von den Beanspruchungen abhängige Auswahl der Dichtungsmaterialien es erforderlich machen kann, die Grade der Wasserdichtigkeit differenzierter, in breiterer Skala zu formulieren, als dies gegenwärtig der Fall ist.

Daß es an der Zeit ist, die einheimische Entwicklung auf dem Gebiet der Dichtung gegen Grundwasser voranzutreiben, wird durch das gleichzeitige Erscheinen mehrerer Faktoren unterstützt:

Der Bedarf an unterirdischen Bauwerken ist — insbesondere in Zusammenhang mit der voranschreitenden Urbanisation — angestiegen. In den Städten, vor allem in der Hauptstadt, muß an vielen Stellen unter Beibehaltung der völligen Bebautheit der historischen Stadtteile und der Bewahrung des traditionellen Stadtbildes ein immer größerer Anteil der sich entwickelnden städtischen Funktionen unter die Erde verlegt werden. Die Hauptfaktoren des quantitativen Wachstums sind die auf unter der Erdoberfläche liegende Objekte gerichteten Bedürfnisse von Verkehr, Warenlagerung, kommunaler Versorgung, Nachrichtenübertragung, Industrie, Handel, Sport und Zerstreuung, Luft- und Umweltschutz. Die Entwicklung der Bautechnologie, die neuen Bauverfahren erfordern die gleichzeitige und den neuen Verfahren angepaßte Entwicklung der Wasserabdichtungstechnologien. In der Entwicklung der Dichtungen gegen Grundwasser sind die den Anforderungen der Bautechnologie entsprechenden, produktiven und schnell durchführbaren Verfahren in den Vordergrund getreten. Die einheimische Entwicklung der Bautechnologien war im allgemeinen nicht mit einer gleichzeitigen Entwicklung der Dichtung gegen Grundwasser verbunden, und dieser Rückstand wirkte auch auf die Bautechnologie selber zurück.

Die sprunghafte Verbreitung der Kunststoffe ist im internationalen Maßstab allgemein; auch die einheimische Praxis ist über das Versuchsstadium hinausgekommen, und die wünschenswerte Entwicklung hängt

in erster Linie von den Möglichkeiten der Herstellungsindustrie (der kunststoffverarbeitenden Industrie) ab. Die Kunststoffe entsprechen besonders den unter bautechnologischem Aspekt stehenden Tendenzen der Dichtung gegen Grundwasser.

Die Vielzahl der neuen Dichtungsverfahren, die Forderung nach Wirtschaftlichkeit machen es notwendig, die gewünschte Dichtungsqualität zu differenzieren, Qualitätsgrade festzulegen, die in Einklang mit der Funktion der Bauobjekte stehen. An Stelle der gegenwärtigen Einstufungen »wasserdicht« und »wasserabschließend« ist die Festlegung einer breiteren Skala von Qualitätsstufen wünschenswert.

Die Herstellung mehrerer neuer einheimischer Dichtungsmaterialien befindet sich noch im Planungsabschnitt oder hat erst mit Versuchsmengen begonnen, sie werden jedoch pausenlos weiterentwickelt und werden innerhalb absehbarer Zeit allgemein zugänglich sein. Dies ist wegen der damit verbundenen Verminderung des Importes von Bedeutung.

Im folgenden wird ohne Anspruch auf Vollständigkeit der gegenwärtige internationale Stand auf dem Gebiet der Dichtung gegen Grundwasser skizziert, wobei auf diejenigen Materialien und Verfahren eingegangen wird, die bereits seit längerer Zeit und in größerem Volumen zur Anwendung gelangen, die technologisch bereits ausgereifter sind und deren Lebensdauer als zufriedenstellend bzw. geklärt betrachtet werden kann.

1. Die Entwicklungstendenz der Bitumenabdichtungen

Die Form der herkömmlichen Bitumensperrschicht, die durch stellenmäßiges Auftragen von heißem Bitumen auf eine besondere Klebeschicht entsteht, ist aus der internationalen Tiefbaupraxis beinahe völlig verschwunden. Die Pappe als Trägermaterial tritt in den Hintergrund. Bei modernen und produktiven Bautechnologien hat sie gegenüber den herkömmlichen geklebten Abdichtungen folgende Nachteile:

- bei Pappe als Trägerschicht beträgt die erforderliche Einklemmkraft 0,1 kp/cm², und dieser Wert kann in vielen Fällen nicht erreicht werden;
- die sich aus der großen Anzahl der Schichten ergebende Arbeitsaufwendigkeit;
- das Kleben mit heißem Bitumen ist arbeitsaufwendig, unfallgefährlich, gesundheitsschädlich und (vor allem in geschlossenen Räumen) feuergefährlich;
- die Dichtung erfordert in ihrer Gesamtheit lebendige Arbeit an Ort und Stelle, die Möglichkeiten zur Mechanisierung sind gering, die betriebliche Vorfertigung ist nicht lösbar;
- die Lebensdauer ist beschränkt (20—25 Jahre);

- das Kleben ist energieaufwendig;
- auf der negativen (dem Wasserdruck gegenüberliegenden) Seite muß für die Zeit des Einbaus der Sperrschicht und deren Schutzschicht ständig entwässert werden.

Die Entwicklung dieser Art der Dichtung ging in mehreren Etappen vor sich.

- In der ersten Stufe der Entwicklung wurden die ein Einklemmen erfordernden Träger (Pappe oder sonstige organische Trägerstoffe wie Jute, Filz) durch nicht saugfähige Materialien ersetzt. Die neuen, auch heute noch benutzten Trägerstoffe sind: Asbestgewebe, Glasfasergewebe, Kunststofffolien, Aluminiumplatten, Kupferplatten. Metalle können als Träger nur in Abwesenheit von Korrosionsgefahr eingesetzt werden. (Aluminiumfolie als Träger kann zum Beispiel in alkalischer Umgebung korrodiert werden, wenn der Überzug beschädigt wird. Dies kann auch bei Einschlußsickern durch ein Zementmedium hindurch vorkommen.) Die gegen Feuchtigkeit unempfindlichen Träger haben den Vorteil, kein Einklemmen zu erfordern, und auch die Zugfestigkeit steigt wesentlich an. Die höchstzulässige Belastbarkeit der Dichtung konnte von den üblichen 5 kp/cm² bei einigen Trägerstoffen auf 10 kp/cm² erhöht werden.

Eine weitere Stufe war die moderne Lösung des Klebens. Statt des Aufstreichens von heißem Bitumen zwischen die Schichten wird der Bitumen geschmolzen. Bitumenplatten von mehr als 4000 g/m² Flächengewicht können mit elektrischen oder durch Propan-Butan beheizten Erhitzern und anschließendes Festwalzen geklebt werden, wobei der eigene Bitumenüberzug der Pappen geschmolzen wird. Mit dieser Methode werden die Gesundheitsschädlichkeit und die Arbeitsaufwendigkeit vermindert.

- Die folgende Stufe der Entwicklung ist das Vermischen des Bitumens mit unterschiedlichen Zusatzstoffen. Anfangs wurden anorganische Füllstoffe verwendet (Steinmehl, Asbestfasern), die die Masse der Dichtungsschicht vergrößerten, oder, wie z. B. der Asbest, den Schichten auch günstigere mechanische Eigenschaften verliehen.
- Die sog. modifizierten Bitumen bedeuteten eine beträchtliche Verbesserung der Eigenschaften des Bitumens, eine bessere Eignung für Wasserabdichtungen. Es ist bekannt, daß durch Zusatz von Kautschuk bzw. verschiedenen Kunststoffen der Bitumen quasielastische Eigenschaften annimmt. Zugfestigkeit, Dehnbarkeit und Erweichungspunkt steigen an, während Penetration, Wärmeempfindlichkeit und Alterungsneigung abnehmen, die Klebefähigkeit des Bitumens jedoch erhalten bleibt. Manche Dichtungspappen — von den Zug- und Dehnungseigenschaften des Trägermaterials abhängig — erreichen sogar eine Zugbruchdehnung von 200—250% und eine Zugfestigkeit von 50—100 kp/cm².

Trägerschicht: Glasgewebe, Kunststofffolien, Aluminiumplatten.

Dichtungsschicht: modifizierter Bitumen.

Flächengewicht: 4000 g/m².

Anbringen: Schmelzen-Walzen (eine besondere Klebeschicht ist nicht erforderlich).

Schichtanzahl: abhängig von der Beanspruchung.

Zugfestigkeit: min. 20 kp/cm².

Zugbruchdehnung: abhängig vom Trägermaterial 2—300%.

Die wesentlichsten Vorteile der zeitgemäßen Sperrschichten gegenüber den herkömmlichen geklebten Dichtungen auf Pappenträgern sind:

- bedeutend höhere Qualität, infolgedessen kann die Anzahl der Schichten vermindert werden;
- längere Lebensdauer;
- geringerer Arbeitsbedarf, höhere Arbeitsproduktivität;
- geringere Gesundheitsschädlichkeit;
- geringerer Energiebedarf des Klebens.

In technologischer Hinsicht haben sämtliche geklebten Abdichtungen außer den obigen Vorteilen einige charakteristische Nachteile:

- sie erfordern eine gut vorbereitete und trockene Grundlage;
- während der Anfertigung der Abdichtung muß die Entwässerung aufrechterhalten werden. (Die Zeitdauer der Entwässerung ist jedoch infolge der schnelleren und produktiveren Arbeit kürzer als bei den herkömmlichen Verfahren);
- bei Aufbringung an der negativen Seite ist eine ständige, sich auch auf die Anfertigungszeit der Stützkonstruktion erstreckende Entwässerung erforderlich;
- das Anbringen im Warmverfahren ist feuer- und unfallgefährlich, vor allem in geschlossenen Räumen;

Es ist wichtig zu bemerken, daß

- die Dichtung der Profile, Ecken und Durchbrüche kompliziert ist und die meisten Dichtungsfehler dort auftreten.
- Die Herstellungsbetriebe stellen diese Produkte wegen ihrer Arbeitsaufwendigkeit nicht gern her, jedoch bilden nur die Folie und ihr Zubehör zusammen ein vollwertiges Dichtungssystem.

In der Tabelle I sind die Bitumensperrschichten in der Reihenfolge ihrer Entwicklung zusammengefaßt, es wird versucht, eine technische Wertung der Entwicklungsstufen zu geben, wobei die vierschichtige geklebte Pappe als Ausgangsbasis dient. Die bedeutende Entwicklung der Bitumensperrschichten hat tatsächlich zu modernen, technologisch und qualitativ hochwertigen Materialien geführt, trotzdem sind gewisse Nachteile geblieben, die die Anwendung auf einzelnen Gebieten beschränken.

Auf die verschiedenen Abdichtungen auf Zementbasis, wie wasserdichte Verputzungen und wasserdichte Betone, soll nur kurz eingegangen werden.

Tabelle 1

		Nachteile (%)										
Entwicklungsreihenfolge	Bezeichnung der Dichtung	Notwendigkeit des Einklemmens	Beschränkte Lebensdauer	Unfall- und Gesundheitsgefahr	Feuert Gefahr	Hoher Bedarf an leistungsfähiger Arbeit	Energiebedarf	Notwendigkeit des Entwässerns während der Aufertigung	glatte Grundfläche	I - B insgesamt	Qualitätsfaktor	Wertung: $\frac{100 \times \text{Qual. Faktor}}{\text{Nachteile}}$
		1	2	3	4	5	6	7	8			
1.	4-schichtige geklebte Bitappendichtung	100	100	100	50	100	100	100	100	750	1,1	0,133
2.	4-schicht. geklebte D. mit Jute- oder Filz-Verstärkung	100	65	100	50	100	100	100	90	705	1,2	0,171
3.	3-schicht. geklebte D. mit Asbest-, Glasgewebsverstärkung	—	—	100	50	75	75	100	80	480	1,5	0,310
4.	3-schicht. geklebte D. mit Metallverstärkung	—	—	100	50	75	75	100	70	470	1,8	0,382
5.	Wie unter 3. Kleben durch Schmelzen-Walzen	—	—	50	70	30	50	100	80	380	1,6	0,422
6.	Wie unter 4. Kleben durch Schmelzen-Walzen	—	—	50	30	30	50	100	60	320	2,0	0,625
7.	Wie unter 5. mit modifiziertem Bitumen	—	—	50	70	30	50	100	80	380	2,5	0,658
8.	Wie unter 6. mit modifiziertem Bitumen	—	—	50	30	30	50	100	60	320	2,8	0,875

2. Zementabdichtungen

Die Anwendung der Zementabdichtungen zeigt auf der ganzen Welt eine rückläufige Tendenz, in erster Linie wegen der Verbreitung der zuverlässigeren neuen Dichtungsmaterialien. Trotz des relativen Rückfalls sind jedoch eine gewisse Entwicklung, auf einzelnen Gebieten beträchtliche neue Ergebnisse zu verzeichnen.

Der Rückfall der Zementabdichtungen ist auch auf die in den meisten Ländern gültigen Vorschriften zurückzuführen: die Verabsolutierung des Begriffes der Dichtigkeit, die Forderung nach völliger Wasserdichtigkeit machen die Anwendung der Zementabdichtungen unsicher. Von den Zementabdichtungen (»wasserdichter Putz«, »wasserdichter Beton«) kann nur eine relative Wasserdichtheit erwartet werden.

Auch bei streng eingehaltenen technologischen Vorschriften kann die Wasserdichtheit nur für bestimmte Werte des Wasserdruckes bzw. des hydraulischen Gradienten $\left(\frac{\text{Wassersäulenhöhe}}{\text{Dicke}} \right)$ garantiert werden, völlige Wasserdurchlässigkeit ist zwar in gewissen Fällen erreichbar, kann jedoch im allgemeinen nicht erfordert werden.

2.1 *Wasserdichte Betone*

Das erfolgreichste Anwendungsgebiet der wasserdichten Betone ist die Vorfertigung, wo die betrieblichen Bedingungen die restlose Einhaltung der Rezepturen für große Serien ermöglichen.

Die Fertigteile für Tiefbaukonstruktionen werden im allgemeinen gemäß den dem vorgeschriebenen Wasserdruckwert entsprechenden Undurchlässigkeitsanforderungen gefertigt.

Für die Wasserdichtigkeit der Fertigteilkonstruktionen ist jedoch die zufriedenstellende Qualität der Fertigteile keine ausreichende Vorbedingung: die Wasserdichtheit des Systems wird auch von den Anschlüssen und Stoßstellen beeinflusst, worauf später noch eingegangen wird.

Das häufigste Anwendungsgebiet der Tiefbaufertigteile ist im Tunnelbau (Tunnel für den Verkehr, die kommunale Versorgung, den Transport und den Wasserbau), und hier sind auch die mit Spezialverfahren angefertigten Wasserdruckrohre zu nennen. Neuerdings gelangen auch monolithische Stahlbeton-Schlitzwände zur Anwendung, die auch bestimmte — beschränkte — Anforderungen an die Wasserdichtheit befriedigen.

Auch auf dem Gebiet der monolithischen Konstruktionen kann — trotz erneuter Versuche — nicht von einer allgemeinen Verbreitung, sondern nur von der Wiederholung von Einzelfällen gesprochen werden. Bei den mäßig wasserdichten Konstruktionen für geringere Ansprüche ist die Anwendung von wasserdichtem Beton in erster Linie bei den monolithischen Stahlbeton-Schlitzwänden anzutreffen, weil die Schlitzwände mit ihrer ungleichmäßigen Oberfläche auf jede andere Weise nur kompliziert und teuer abgedichtet werden könnten.

Die *Herstellungstechnologie der wasserdichten Betone* kann sehr unterschiedlich sein, und im Ausland sind nach vielen Versuchen mehrere praktische Anwendungen bekannt geworden. Neben den chemischen, mechani-

schen, thermischen und sonstigen Verfahren ist die vorherrschende Rolle der klassischen betontechnologischen Verfahren auch weiterhin bestehen geblieben. Die Hauptrichtungen in der Herstellung von wasserdichtem Beton sind in erster Reihe die genaue Körnung der Zuschlagstoffe — wobei die Feinkörner unter 3 mm gesondert zugesetzt werden, — ferner die Regelung der Abbindezeit (Abbindeverzögerer zur Vermeidung der Arbeitsfugen und Mäßigung der schädlichen Wirkungen der Wärmeentwicklung), die Modernisierung der Verdichtungsmaschinen. Die Bereitung von wasserdichtem Beton erfordert eine technologische Zuverlässigkeit, deren Bedingungen meistens nur in Betrieben oder unter betrieblichen Bedingungen gewährleistet werden können.

Die häufig nur mäßigen Erfolge vereinzelter Probierungen sind vor allem auf den Mangel an technologischer Disziplin zurückzuführen.

2.2 Dichtung von Stoßstellen

Bei den bisher erörterten Dichtungsmethoden wird die Wasserdichtigkeit in erster Linie durch eine entsprechende Ausbildung der Stoßstellen erreicht (Abb. 1).

Die Wasserundurchlässigkeit der Konstruktionen aus wasserdichten Fertigteilen hängt nicht zuletzt davon ab, wie die Fertigteile miteinander verbunden sind. Wasserdichte Fugen können durch Einbau von Zwischenstücken aus Kunststoff, Gummi, eventuell Metall, durch die Verwendung von Kunststoffstreifen, Kunststoffpasten als nachträgliche (eingearbeitete) Fugendichtungen ausgebildet werden. Die am längsten verwendeten Quellschleimsdichtungen eignen sich nur bei festen, keinen Verschiebungen ausgesetzten Konstruktionen. Statt der früher verwendeten Quellschleime auf Bauxitzementbasis — deren Lebensdauer 20—25 Jahre beträgt — wird zur Herstellung der neuesten sowjetischen Quellschleime Portlandzement verwendet.

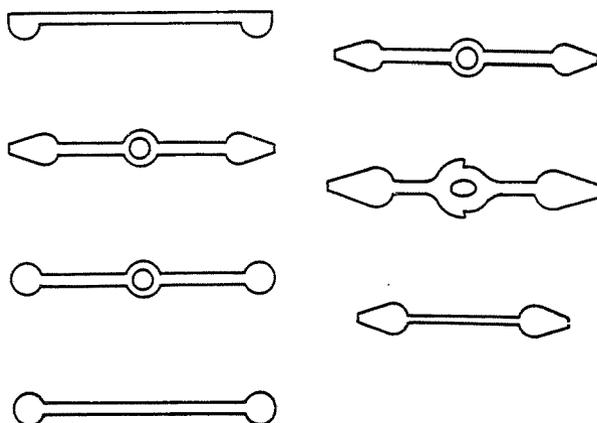


Abb. 1. Gummi-Fugendichtungsstreifen

2.3 Wasserdichte Folien, Verputze

Die herkömmlichen, mit der Hand bereiteten Zementverputze sind in der internationalen Praxis im Rückgang begriffen. Ihre Stelle wird von den Kunststofffolien, den Imprägniermitteln und dem Torkretzementverputz eingenommen. Kurz erwähnt werden sollen die im Tunnelbau anwendbaren Torkretverputze und die wasserdichten Kunststoffschichten.

Die Abdichtungen mit Folien- und Überzugscharakter sind ebenfalls in die mäßig wasserdichte Kategorie zu rechnen. Von ihnen soll hier das Torkretverfahren als eine Abdichtung auf Zementbasis erwähnt werden.

Trotz der anerkannt guten Haftfähigkeit der Torkretschichten muß ein Unterschied zwischen der Anwendung auf der positiven und der negativen Seite gemacht werden. Während auf der positiven (dem Wasserdruck zugekehrten) Seite die Haftfestigkeit von äußeren Einwirkungen nicht beansprucht wird, kann auf der negativen Seite, ausgehend von den Stellen der unvermeidlichen technologischen Fehler, das Abschälen des Putzes lawinenartig erfolgen. Erfahrungsgemäß entsprechen auf der dem Wasserdruck zugekehrten Seite vierschichtige Torkretverputze auch bei einem Wasserdruck von 15—20 m Wassersäule der Kategorie »wasserdicht« (Sickermenge 0,2 l/m²/24h). Sie sind besonders bei dauerndem Unterwasserstehen geeignet, wenn die Gefahr der Haarrissebildung durch langanhaltendes Austrocknen nicht besteht.

3. Kunststoffdichtungen

In der internationalen Praxis ist, was Menge und Auswahl anbetrifft, die schnellste Entwicklung auf dem Gebiet der Kunststoffdichtungen zu beobachten. Nach den ersten Anwendungen, wo die herkömmlichen Dichtungsmaterialien durch Kunststoffe ersetzt wurden, entstanden die auf den speziellen Eigenschaften der Kunststoffe basierenden neuartigen und produktiven Dichtungstechnologien.

Die Verbreitung der Kunststoffe wurde durch folgende Faktoren gefördert:

a) Die physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe, wie hohe Dehnbarkeit und Zerreißfestigkeit, ferner Wasserdichtheit und einfache Fugenbildung.

b) Die Herstellungstechnologie der Dichtungsplatten ermöglicht die Befriedigung unterschiedlicher Qualitätsanforderungen, so daß aus ein und demselben Grundmaterial Dichtungsplatten unterschiedlicher Qualität, Festigkeit, Dicke gefertigt werden können.

c) Die höhere Qualität ermöglicht es, die Anzahl der Dichtungsschichten zu vermindern. Verbreitung fanden einschichtige Dichtungen aus hochwertigen Materialien.

d) Die fabrikmäßige Herstellung größerer Dichtungsplattenstreifen ermäßigte den Arbeitsbedarf der Fugenabdichtung auf der Baustelle.

e) Einzelne Kunststoffarten werden nicht durch Kleben, sondern durch Punkt- bzw. Kantenbefestigung an der Konstruktion bzw. der die Dichtung tragenden Wand befestigt. Diese Art der Befestigung ermöglicht das Anbringen der Dichtung auch dann, wenn an der negativen Seite Wasser einsickert.

f) Durch mehrjährige praktische Erfahrungen und durch experimentelle Methoden wurden Gründe und Prozeß des Alterns der Kunststoffe geklärt und diejenigen Anwendungsgebiete gefunden, wo die Gefahr des Alterns nicht besteht. Auf dem Gebiet der Abdichtung gegen Grundwasser, wo der Kunststoff an beiden Seiten bedeckt (vor Sonnenlicht geschützt) und im allgemeinen keinen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist, ist die Gefahr der Veralterung minimal.

Die Anwendung von Kunststoffen warf jedoch auch gewisse Probleme auf, vor allem bei den einschichtigen Abdichtungen. Bei diesen sind die Wirkung von Verbindungsfehlern und die Gefahr von Verletzungen während der Anfertigung größer als bei den herkömmlichen mehrschichtigen Abdichtungen. Dichtungsfehler erscheinen — insbesondere bei den nicht ganzflächig geklebten Dichtungen — an der abgedichteten Wand nicht in der Nähe der Fehlerstelle, sondern weit davon entfernt in Form von Sickern manifest, so daß das Auffinden des Dichtungsfehlers äußerst umständlich und teuer ist. (Methoden dazu sind z. B. in der BRD bereits ausgearbeitet worden.) Daher ist bei den einschichtigen Kunststoffabdichtungen die Prüfung der Stoßstellen und Verbindungen unerläßlich. Ein verhältnismäßig produktives Mittel ist der Vakuumkammer (Abb. 2).

Ohne eine kontinuierliche, auf sämtliche Verbindungsstellen ausgedehnte Prüfung dürfen die einschichtigen Kunststoffdichtungen nicht als zuverlässig betrachtet werden.

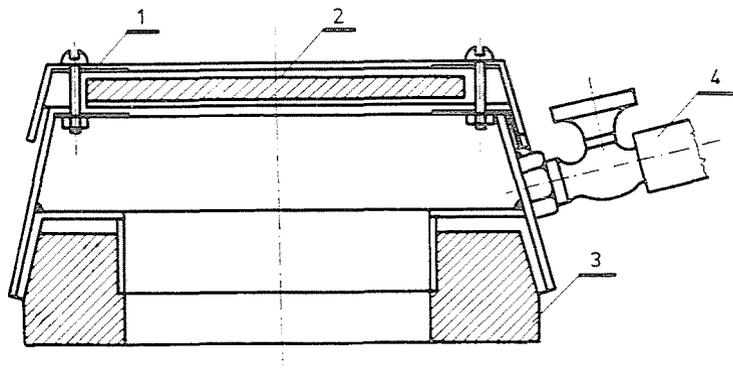


Abb. 2. Vakuumkammer zur Prüfung der Dichtungsstoßstellen. 1. Gummidichtung, 2. Glasplatte, 3. Gummiring, 4. Anschluß an die Vakuumpumpe

Die einschichtigen Dichtungen müssen vor äußeren Verletzungen geschützt werden. Dies erfolgt durch Einbau von Schutzplatten an beiden Seiten der Dichtung. Die Schutzplatte ist meistens eine minderwertige, punktweise befestigte Kunststoffplatte (Kunststoffplatten mit hohem Füllstoffgehalt, Kunststoffschaum usw.).

Gemäß den gegenwärtigen Erfahrungen sind folgende Kunststoffprodukte am meisten verbreitet:

a) Dichtungsplatten auf PVC-Basis; dies ist unter den Kunststoffen gegenwärtig der am meisten verbreitete Produkttyp.

b) Polyisobutyleneplatten. Diese Kunststoffdichtung wurde als erste angewendet.

c) Bitumen-Kunststoff-Gemische.

d) Epoxyharze: Kunststoffe für Spritzauftragung.

3.1 Dichtung mit PVC-Platten

Zur Dichtung gegen Grundwasser werden PVC-Weich-Platten von 1, 1,2, 1,5, 2,0, 2,5 und 3,0 mm Stärke verwendet, im allgemeinen in einer Schicht. Die gewählte Schichtstärke hängt von der äußeren Beanspruchung ab.

Die Dichtungsplatten werden im allgemeinen in einer Breite von 1—1,20 m hergestellt, mit den Hauptmerkmalen:

- Raumgewicht: 1,30—1,38 kg/l
- Zugfestigkeit: 150—250 kp/cm²
- Zugbruchdehnung: 250—450%
- Kältebeständigkeit: —30 °C
- Dauerwärmebeständigkeit: 50—60 °C
- chemische Widerstandsfähigkeit: widersteht den im natürlichen Grundwasser vorkommenden chemischen Einwirkungen, wird von Kohlenwasserstoffen, Estern, konzentrierten Säuren und Laugen jedoch angegriffen.

Die lokale Verbindung an den Stoßstellen kann durch Kleben mit Lösungsmittel (Kaltschweißen) erfolgen. Lösungsmittel des PVC: Tetrahydrofuran, Methylenchlorid, Dichloräthylen. Die lokalen Verbindungen können ferner durch Einblasen heißer Luft und anschließendes Walzen oder mit erhitzten Keilen (Warmschweißen) vorgenommen werden. Für diese Arbeitsgänge ist eine Temperatur von 250—300 °C erforderlich.

Die Befestigung der PVC-Platte an der die Dichtungsschicht tragenden Wand kann durch in Reihen angeordnete Spaltniete und Andrückplatten (Abb. 3) oder punktweise (Abb. 4) erfolgen.

Die Platten können abhängig von ihrer Qualität bis zu einer Höhe von 4—8 m mit einer einreihigen Befestigung an den Seitenwänden aufgehängt werden. Sie erfordern kein Oberflächenkleben und können an der negativen Seite auch bei Einsickern von Wasser verwendet werden.

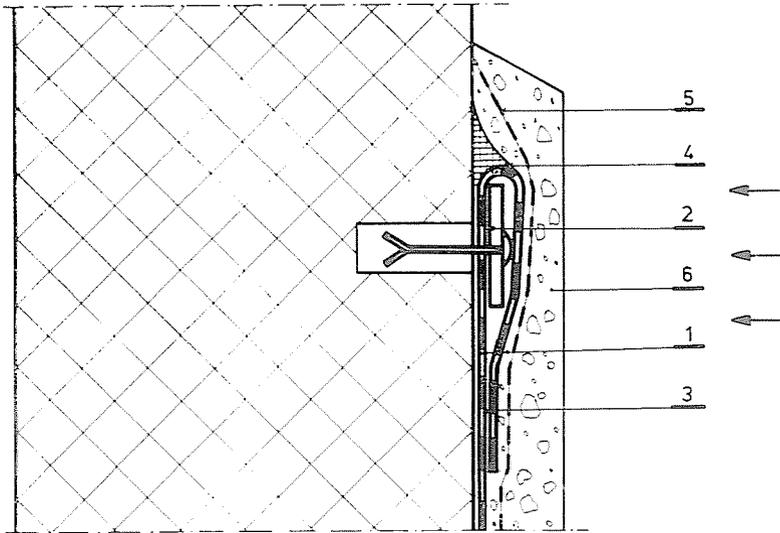


Abb. 3. Befestigung einer PVC-Dichtungsplatte mit Spaltniet und Blechstreifen. 1. PVC-Dichtungsplatte, 2. 2 mm Blechstreifen, alle 15 mm mit einem Spaltniet befestigt, 3. umgechlagenes Dichtungsplattenende, mit Heißluftschweißung, 4. elastischer Kitt, 5. Rabetznetz, 6. Zementmörtel, 3—4 cm dick

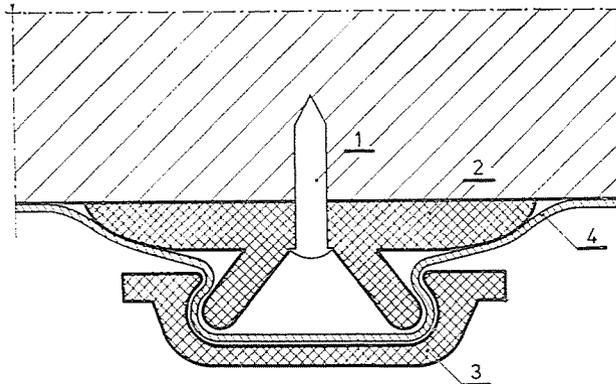


Abb. 4. Punktartige Befestigung der PVC-Dichtung. 1. eingeschossener Nagel, 2. Befestigungsleiste, 3. Andrückleiste, 4. Dichtungsplatte

Die Oberfläche der die Dichtung tragenden Wand erfordert nur eine grobe Glättung, eine obere und eine untere Schutzschicht sind jedoch erforderlich (Abb. 5); die untere Schutzschicht kann bei geglätteten Flächen auch weggelassen werden.

An sonstigen Dichtungsmaterialien kann die PVC-Platte durch trockene Verbindung (Andrückverbindung) befestigt werden (Abb. 6). Von Bitumen-

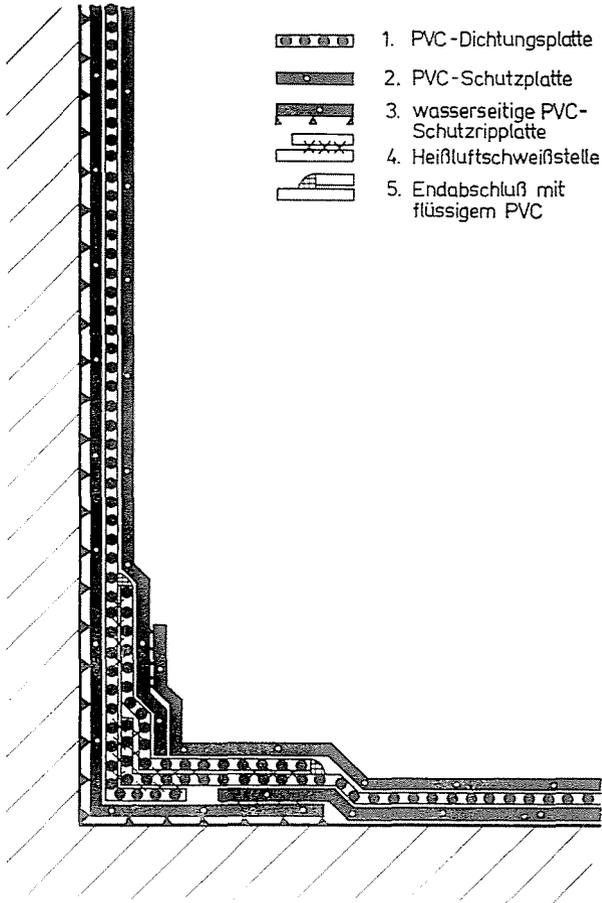


Abb. 5. PVC-Dichtung und Anordnung der Schutzschichten, Ausführung der Ecke

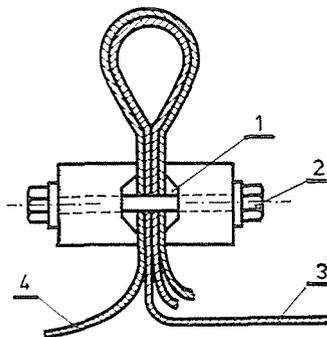


Abb. 6. Andrückverbindung. 1. Andrückklemme, 2. Andrückschraube, 3. und 4. Dichtungsplatte

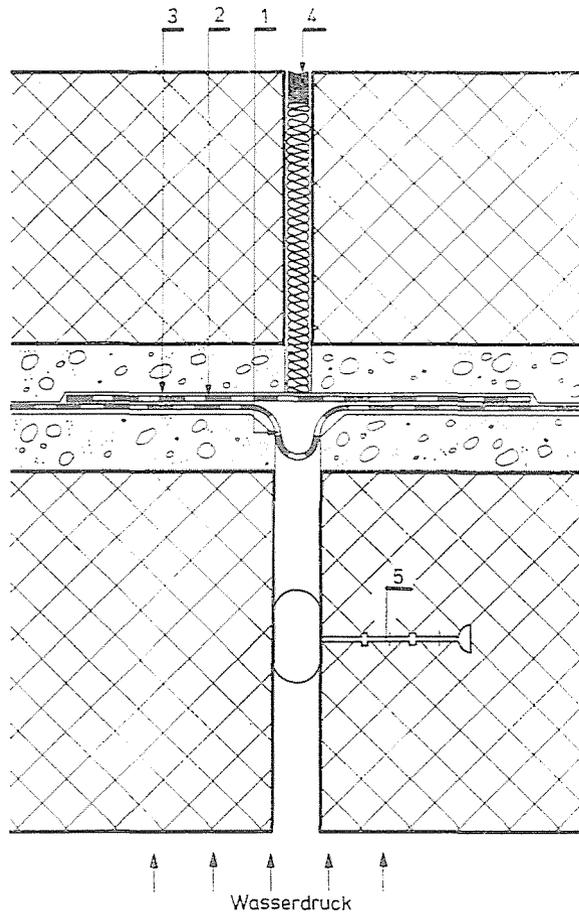


Abb. 7a. Dehnfuge in der PVC-Dichtung bei geringen Verschiebungen. 1. an den Kanten geklebte Überbrückungsstreifen aus PVC. 2. durchgehende PVC-Dichtungsplatte, 3. Trennschicht (Papier). 4. elastischer Fugenkitt. 5. Fugenleiste

sperrschichten wird die gewöhnliche PVC-Platte geschädigt und ist daher im allgemeinen mit Bitumenabdichtungen nicht kombinierbar. Einzelne Hersteller bringen auch spezielle, bitumenbeständige PVC-Platten in den Handel, diese können sowohl mit gewöhnlichen PVC-Platten wie auch mit Bitumen kombiniert werden. Lösungen zur Dichtung von Dehnungs- und Arbeitsfugen sind in den Abb. 7a, 7b und 7c gezeigt.

Die baustellenmäßigen Stöße werden im Interesse größerer Sicherheit doppelt befestigt: zum Beispiel wird die Wärmeschweißung der Überlappungen durch Kleben mit Lösungsmittel entlang der Kanten ergänzt (Abb. 8). Um die Verbindungshandgriffe an der Baustelle zu verringern, werden 2—3 Wickel

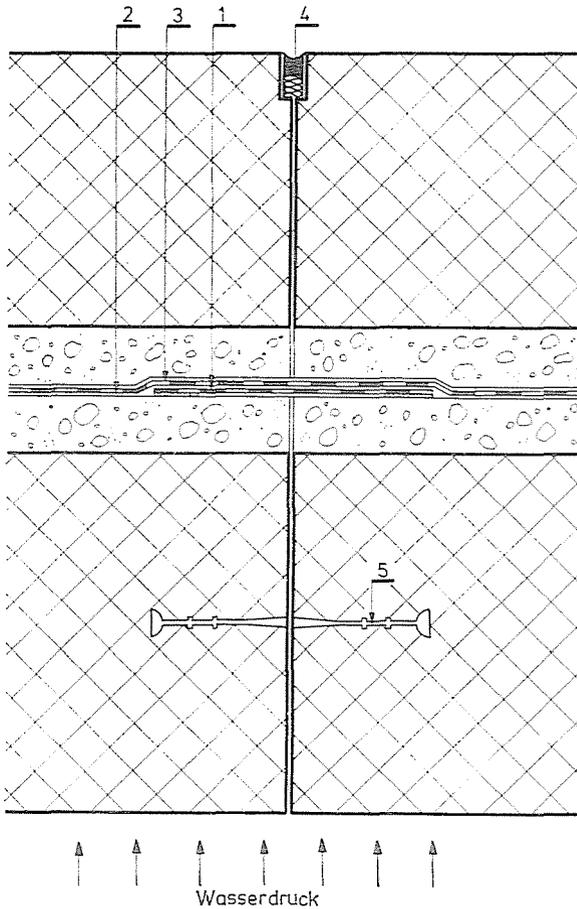


Abb. 7b. Dehnfuge in der PVC-Dichtung bei mittleren Verschiebungen. 1. durchgehende PVC-Dichtungsplatte, 2. verstärkende PVC-Platte, 3. Trennschicht, 4. elastischer Kitt, 5. PVC-Fugenleiste

in der Fabrik — eventuell an der Baustelle — verschweißt und die auf diese Weise erhaltenen »Laken« aneinander befestigt.

Die Einführung der PVC-Dichtungsmaterialien eröffnet neue Möglichkeiten in der Abdichtungstechnologie. Dadurch, daß das Aufkleben auf die Konstruktion entfällt, Dichtungsplatten mit größerer Fläche fabrikmäßig (oder an Ort und Stelle) vorbereitet werden können, ferner durch die Kantenbefestigung ist der Bedarf an lebendiger Arbeit an der Baustelle wesentlich geringer, die Arbeitsproduktivität ist größer, die Durchlaufzeit der Dichtungsarbeiten wird verkürzt. Bei Abdichtungen auf der negativen Seite ist der Hauptvorteil des PVC, daß während des Anbringens der Dichtung keine

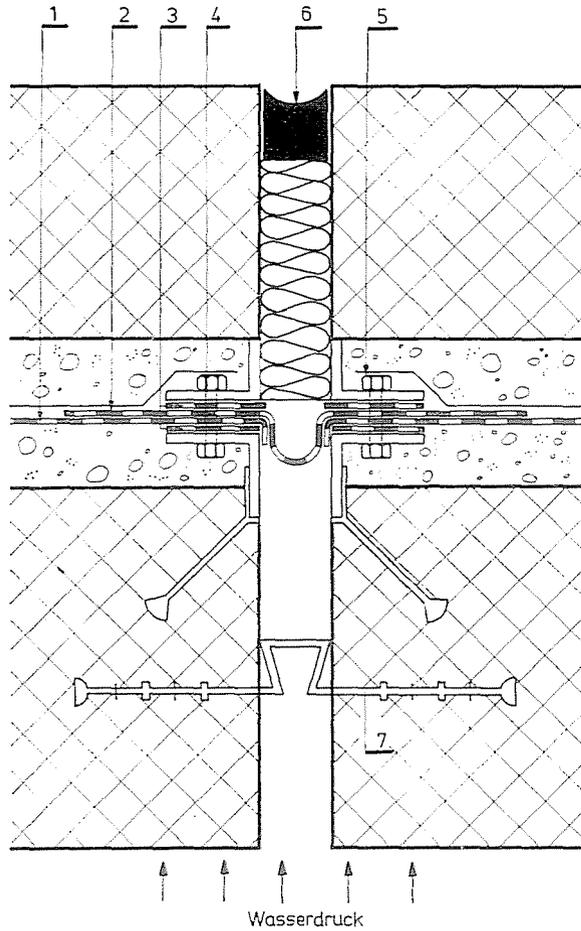


Abb. 7c. Dehnfuge in der PVC-Dichtung bei starken Verschiebungen. 1. PVC-Dichtungsplatte, 2. PVC-Fugendichtungsstreifen, an den Kanten geschweißt, 3. PVC-Streifenverfestigung, ganzflächig geklebt, 4. Profilstahl mit Kittdichtung an den Schrauben, 5. Papier-Trennschicht, 6. elastischer Fugenkitt, 7. PVC-Fugenleiste

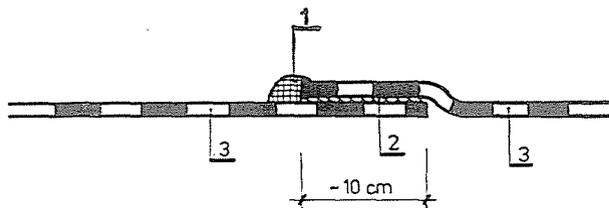


Abb. 8. PVC-Dichtung mit doppelter Stoßverbindung. 1. Endabschluß mit flüssigem PVC, 2. Heißluftschweißstelle. 3. PVC-Dichtungsplatte

Entwässerung erforderlich ist, daß die Dichtungsarbeiten auch bei nasser Wand und Einsickern von Wasser vorgenommen werden können (Abb. 9).

Der Nachteil der PVC-Dichtungen besteht darin, daß das aus dem kleinsten Stoßfehler oder einer Verletzung der Dichtung stammende Sickers nicht lokal bleibt, sondern sich auf das gesamte Objekt erstreckt, nach Fertigstellung der die Dichtung schützenden Wand jedoch das nachträgliche Auffinden der Fehlstelle eine außerordentlich schwere, teure Aufgabe ist. Deswegen ist die methodische Überprüfung der Stöße von PVC-Abdichtungen ein nicht vernachlässigbarer Teil der Abdichtungstechnologie (Abb. 10).

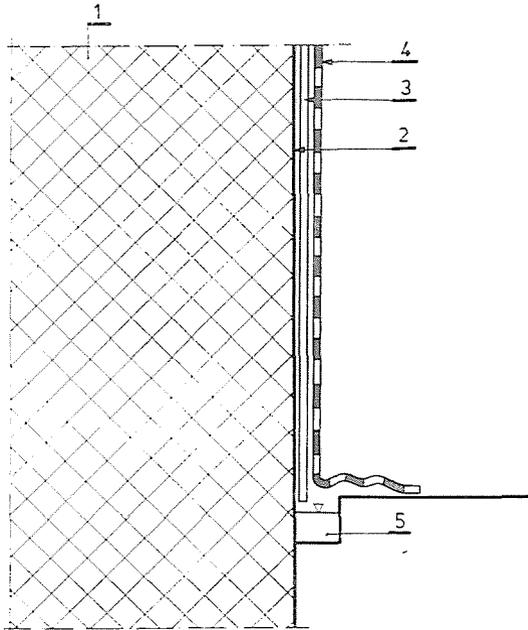


Abb. 9. PVC-Dichtung an der negativen Seite bei Gegenwart von Sickerwasser (Zwischenphase der Seitenwandabdichtung). 1. wasserdurchlässige Wand, 2. Endspalt zur Abführung des Sickerwassers, 3. Schutzplatte, 4. PVC-Dichtungsplatte (eingehängt), 5. zwischenzeitliche Wassersammelrinne

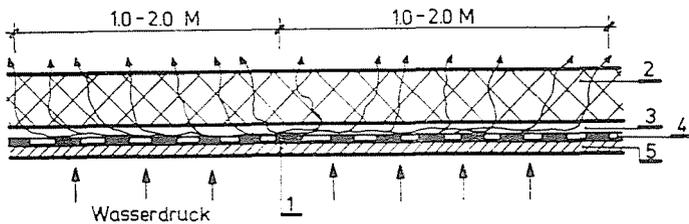


Abb. 10. Fehlerfortpflanzung bei PVC-Dichtungen. 1. Dichtungsfehler, 2. wasserdurchlässige Wand, 3. Luftspalt zwischen der Dichtung und der Konstruktion, 4. PVC-Dichtung, 5. Dichtungsschützmauer

Der Entwicklungstrend der PVC-Abdichtungen geht in Richtung größerer Schichtstärken. Die zu Beginn angewendete Schichtstärke von 1,0—1,5 mm wird vor allem im Interesse der Verminderung der Verletzungsgefahr erhöht. Gegenwärtig wird im allgemeinen mit Schichtstärken von 2—3 mm gearbeitet.

3.2 Polyisobutylene-Abdichtungen

Die Polyisobutyleneplatten sind für Grundwassersperrschichten im Falle besonderer Beanspruchung (hoher Wasserdruck, aggressives Grundwasser oder industrielle Verschmutzung, Temperaturschwankungen oder hohe Temperatur, Bewegungen oder dynamische Beanspruchung) zu empfehlen. Sie werden im allgemeinen in einer Schicht, zwischen unteren und oberen Schutzschichten benutzt. Hauptparameter:

- Raumgewicht: 1,4—1,7 kg/l
- Zugfestigkeit: 20—45 kp/cm²
- Zugbruchdehnung: 300—400%
- Kältebeständigkeit: —30 °C
- Dauerwärmebeständigkeit: +70 °C
- chemische Widerstandsfähigkeit: vielerlei (Polyisobutylene wird von Säuren, Laugen und Salzlösungen nicht angegriffen, ist jedoch gegen Kohlenwasserstoffe, Fette und Teer nicht beständig)
- Veralterungsfreiheit.

Diese Art der Dichtung ist zur Aufnahme von Schubbeanspruchungen nicht geeignet, in diesem Fall tritt eine dem Kaltfließen ähnliche Erscheinung auf. Deswegen muß die Platte im allgemeinen — an Seitenwänden in jedem Falle — über die gesamte Fläche verklebt werden.

Die Polyisobutylene-Abdichtungen bieten keine bautechnologischen (abdichtungstechnologischen) Vorteile. Wegen ihrer Empfindlichkeit gegen Verletzungen können sie nur auf glatte (geglättete) Flächen aufgebracht werden. Als untere Schutzschicht werden über die gesamte Fläche aufgeklebte Bitumenpappe verwendet, auf diese wird die Dichtungsplatte mittels Lösungsmittelkleben oder Kleben mit heißem Bitumen aufgebracht, und schließlich wird — ebenfalls durch Kleben mit Bitumen — die obere Schutzschicht angebracht. Die überlappten Stöße der Polyisobutyleneplatten werden mittels Lösungsmittel mit dem sog. Quellschweißverfahren befestigt, zu welchem im allgemeinen Benzin mit hoher Oktanzahl verwendet wird. Die Wasserdichtigkeit der Stoßstellen wird, da es sich um eine Einschichtdichtung handelt, einer Dichtigkeitsprüfung unterzogen.

Die Abdichtung erfordert eine trockene Trägerwand, daher ist ihre Anwendung auf der negativen Seite technologisch nicht vorteilhaft.

Mit der Verbreitung der PVC-Abdichtungen wurden die Polyisobutylene-Abdichtungen in den Hintergrund gedrängt und eher auf spezielle Beanspruchungen beschränkt.

3.3 Bitumen-Kunststoff-Gemische

Bei der Erörterung der Bitumenabdichtungen sind die weiterentwickelten Varianten der modifizierten Bitumen zu erwähnen, die einen Übergang zwischen Bitumen und den Kunststoffen darstellen.

Sie sind auf Grund ihrer Eigenschaften eher als Kunststoffe denn als Bitumen zu betrachten. Für Grundwassersperrschichten werden sie in Form von Abdichtungsplatten in den Handel gebracht. Ihr Kunststoffcharakter wird auch dadurch unterstrichen, daß die aus manchen Produkttypen gefertigten Abdichtungsplatten keine Trägerschicht haben, sondern neben Bitumen und Kunststoff lediglich Füllstoffe (Steinmehl, Flugasche, Ruß) enthalten. Infolge ihrer thermoplastischen Eigenschaften können sie durch Wärmebehandlung (Einblasen heißer Luft) und Walzen auf die tragende Wand aufgeklebt werden, die Befestigung der Stoßstellen geschieht auf die gleiche Weise. (Unmittelbares Erhitzen mit der Flamme ist nicht zulässig!) Als Beispiel werden im folgenden die physikalischen Eigenschaften eines aus Äthylencopolymerisat und Bitumen hergestellten Dichtungsmaterials angegeben, das ohne Träger bzw. Verfestigungsschicht in den Handel gelangt:

- Raumgewicht: 0,97 kg/l
- Zugfestigkeit: 20 kp/cm²
- Zugbruchdehnung: 800%
- Elastizitätsmodul: 50—150 kp/cm²
- Erweichungspunkt: (Ring-Kugel-Meth.) 135 °C
- Härte: 65—70° Shore.

Die Stärke der hergestellten Dichtungsplatten beträgt 2—5 mm, abhängig von der Beanspruchung. Sie werden zur Dichtung von Baukonstruktionen, Becken, Rohrleitungen verwendet. Bekannt sind auch Anwendungen, wo die Abdichtung unmittelbar auf den Erdbau aufgebracht wurde.

Die Bitumen-Kunstharz-Gemische werden unter zahlreichen Markennamen in sehr unterschiedlichen Zusammensetzungen hergestellt. Die physikalischen bzw. mechanischen Eigenschaften der handelsüblichen Materialien unterscheiden sich je nach der Zusammensetzung, der Art des verwendeten Kunststoffes und des Trägerstoffes.

Interessante Anwendungen der Bitumen-Kunststoff-Gemische sind die kalt klebbaren Dichtungsplatten, die aus auf Trägerstoffe aufgetragenen Bitumen-Kunststoff-Gemischen bestehen. Die Klebefläche wird während des Transportes mit Silikonpapier geschützt, nach dessen Entfernung können die

Platten kalt auf die Trägerwand geklebt werden und müssen dann nur noch angewalzt werden.

Die technologischen Bedingungen der Bitumen-Kunststoff-Gemische sind die gleichen wie die der herkömmlichen geklebten Abdichtungen: als ganzflächig aufgeklebte Platten erfordern sie eine entwässerte und vorbereitete Grundlage. Durch die Verringerung der Schichtzahl (im allgemeinen wird nur eine Schicht benutzt), die große mechanische Festigkeit und Elastizität des Materials und der Fortfall der besonderen Zwischenklebeschichten gewährleisten jedoch eine gute Arbeitsproduktivität und eine gute Qualität. Hervorzuheben ist die leichte Ausbesserung der vorkommenden Verletzungen und Fehler sowie die verhältnismäßig geringe Verletzlichkeit, durch die in der Güte der Grundierung bedeutende Abweichungen ertragen werden.

Besondere Beachtung verdient die von den »TAURUS«-Werken neu herausgebrachte Bitumenkautschuk-Dichtungsplatte »W«, die sowohl mechanischen wie auch verschiedenen chemischen Einwirkungen ausgezeichnet widersteht. Im Inland wurden mit dieser Platte vor allem bei der Innenabdichtung von Becken und als Sickerungsschutzschicht an Hochwasserschutzdämmen gute Ergebnisse erreicht.

Beachtenswert sind ferner die Stahlbeton-Fertigteilschutzwände, die von dem Unternehmen KEMÉV mit Erfolg angewendet werden. Unter dem Aspekt der Arbeitsaufwendigkeit ist die Verwendung dieser Platte sehr günstig.

4. Kunststoffschichten

In der Kategorie »wasserdicht« werden zahlreiche Kunststoffprodukte in den Handel gebracht, die durch Aufspritzen oder von Hand auf die Betonfläche aufgebracht werden können. Das Hauptanwendungsgebiet sind Wasserspeicher bzw. Flüssigkeitsspeicher, Beton- und Stahlbetonrohrleitungen. Die Kunststoffschichten können infolge ihrer guten Haftfähigkeit auch auf der negativen Seite verwendet werden; im allgemeinen gelangen sie auf der positiven Seite zur Anwendung, jedoch häufig nehmen sie auch zeitweilige negativseitige Belastungen auf, wie z.B. bei Flüssigkeitsspeichern.

Auf den ausländischen Märkten besteht ein riesiges Angebot an diesen Produkten. Auf Grund der praktischen Erfahrungen ist die Verwendung der Produkte auf Epoxyharzgrundlage dominant geworden.

Das Epoxyharz ist ein Zweikomponenten-Kunststoff, der durch eine die Zugfestigkeit des Betons übersteigende Haftfestigkeit, eine Zugfestigkeit von 250—300 kp/cm² und eine Druckfestigkeit von 800—900 kp/cm² gekennzeichnet ist. Seine Korrosionsbeständigkeit gegen die im natürlichen Grundwasser vorkommenden aggressiven Wirkungen ist zuverlässig. Neben den hohen Festigkeitswerten ist seine Dehnbarkeit gering (2—4%), weswegen

Epoxyharze nur für feste, keinen Verschiebungen ausgesetzte Konstruktionen verwendet werden können.

Das Epoxyharz wird als wasserabdichtende Schicht ohne Füllstoffe durch Spritzen oder Streichen in 2—5, 0,2—0,5 mm dicken Schichten aufgebracht.

Das Epoxyharz kann auch in Form von Mörtel, mit sauberem Quarzsand der Korngröße 1—2 mm als Zuschlagstoff, in 10—20 mm dicken Schichten verwendet werden.

Die Epoxyschichten bzw. Epoxymörtel sind für die Überbrückung von Dehnfugen nicht geeignet, für diesem Zweck muß das Verfahren mit einer Anderen kombiniert werden (Abb. 11).

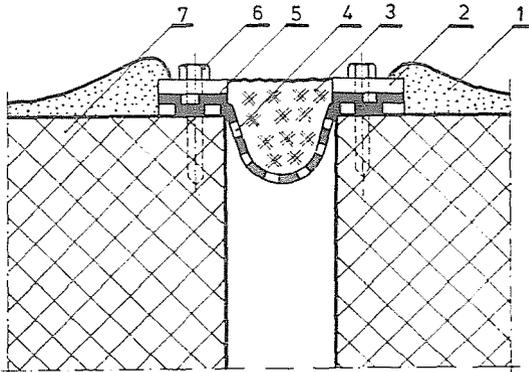


Abb. 11. Dehnfuge in einer Epoxyharzdichtung. 1. Epoxymörtel. 2. Andrückplatte aus Stahl. 3. elastischer Kitt. 4. Dichtungsplatte aus PVC. 5. Verstärkungsstreifen. 6. Andrückschraube. 7. Konstruktionswand

5. Analyse der einheimischen Lage

Im folgenden soll kurz auf die Situation der Grundwasserabdichtung in Ungarn eingegangen werden. Die Auswertung stützt sich auf in 34 Baubetrieben und 8 Entwurfsbüros gesammelte Daten, die zwar einige Jahre alt sind, aus denen jedoch auch heute Schlußfolgerungen gezogen werden können, da die Entwicklung langsam voranschreitet.

Dichtungsmaterial bzw. Art der Dichtung	Mengenverteilung (%)	
	projektiert	ausgeführt
3-schicht. Bitumenpappe	19,0	12,6
4-schicht. Bitumenpappe	37,8	50,5
Wasserdichter Putz (von Hand)	30,5	19,5
Torkretverputz	5,0	3,1
Kunststoffolie bzw. Platte	3,5	4,8
Oberflächenbehandlung	1,0	0,2
Sonstige Dichtung (Stahlplatten, Kunststoffmörtel, Kunststoff- bzw. Bitumenspritzabdichtung)	3,2	9,3
	100,0	100,0

Aus der Erhebung geht hervor, daß der Anteil der herkömmlichen bzw. Zementabdichtungen dominiert, während die Verwendung der modernen Materialien nur einen sehr niedrigen Anteil ausmacht. 86% der geplanten, und 81% der ausgeführten Abdichtungen sind herkömmlich zu betrachten, während moderne Abdichtungen (Folie, Spritzkunststoff, Stahlplatten) nur zu 19% fertiggestellt wurden, wenn man den eingeschickten Daten Glauben schenken kann.

Hier soll bemerkt werden, daß — da diese Daten 2—3 Jahre alt sind — im Anteil der moderneren Dichtungen seitdem offensichtlich eine Entwicklung vor sich gegangen ist, nachdem sich auch die einheimischen Forschungen entwickelt haben und auch die einheimische Industrie — wie das Beispiel von »TAURUS« zeigt — die Entwicklung der Marktverbindungen für lohnend hält.

Zur Charakterisierung der Situation sollen auch einige interessante Daten in Zusammenhang mit der Wirtschaftlichkeit der Dichtungsarbeiten angegeben werden. Bei einem Übergewicht der arbeitsaufwendigen Dichtungsmethoden ist der Anteil der Mechanisierung auch dort niedrig, wo übrigens die Mechanisierung mit verhältnismäßig geringen Investitionskosten möglich wäre (Verhältnis der wasserdichten Verputzung und der Torkretverputzung).

Das Übergewicht der unmodernen Technologien auf dem Gebiet der Grundwasserabdichtung beeinträchtigt übrigens auch die Unternehmenserfolge.

Nach den Antworten der Bauunternehmen ist die Grundwasserabdichtung mit Verlust verbunden bei 29% des geleisteten Volumens, mäßig gewinnbringend bei 21% des geleisteten Volumens, durchschnittlich gewinnbringend: 50% des geleisteten Volumens. Als »ausgesprochen gewinnbringend« wurde die Dichtungsarbeit von keinem einzigen der Unternehmen bezeichnet. Die Einschätzung »mit Verlust verbunden« nimmt wahrscheinlich auch die Kosten der Garantireparaturen und des Schadenersatzes in Rücksicht.

Aus den Fragebogen ließ sich feststellen, daß 70% der Einführung moderner Technologien bei denjenigen Unternehmen erfolgten, wo die Grundwasserabdichtung einen unterdurchschnittlichen Gewinn abwarf.

Es ist interessant, daß lediglich 5% der befragten Unternehmen den Facharbeiterbestand 100%-ig wertete, während 60% der Unternehmen 40—60%, 35% der Unternehmen weniger als 10% angaben. Ein großer Teil der Dichtungsarbeiten wird von Hilfsarbeitern ausgeführt, dies alles untermauert die vorangehenden Ausführungen. Der Mangel an entsprechenden Facharbeitskräften — auch die Arbeitsleiter miteingerechnet — ist für die unwirtschaftliche Arbeit verantwortlich.

Es ist vielleicht nicht uninteressant, einige weitere der eingegangenen Antworten hervorzuheben, was ein charakteristisches Bild für die gegenwärtige Situation gibt:

— durchschnittlich entfällt auf 610 m² Abdichtung ein Fehler

- nur 45% der Projektanten projektieren die Dichtungsarbeiten auch in den Einzelheiten
- 95% der eingegangenen Antworten — das ist natürlich keine heutige Angabe — halten die gegenwärtig allgemein angewendeten Verfahren für veraltet, die Dichtung mit Bitumenpappen wird für »veraltet« angesehen.

Als Entwicklungstendenz empfohlen 50% der Befragten die Kunststoffolien, und das stimmt mit der im Ausland bereits herausgebildeten Richtung überein, gibt die Richtung für das, was im Inland zu tun ist.

5.1 Zur gegenwärtigen Produktauswahl und Technologie

Außer den bekannten Bitumenpappen, — die eingeklemmt werden müssen und der Gefahr der Verrottung ausgesetzt sind — müssen diejenigen der neuen Produkte hervorgehoben werden, deren Träger nicht verrottet, die daher kein Einklemmen erfordern und über eine höhere Lebensdauer verfügen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollen hier die häufigsten, aus der einheimischen Produktion beschaffbaren Produkte aufgeführt werden.

a) Glasvießdeckplatte in 7 Varianten,

b) Bitumenplatte mit Aluminiumfolieneinlage in 3 Varianten,

c) Polyisobutyleneplatte, gegenwärtig eines der besten einheimischen Produkte. Gegenüber den herkömmlichen Platten hat sie den Vorteil, infolge der Materialqualität die Anwendung als Einschicht zu gestatten. Nachteilig ist die aufwendige Vorbereitung der Flächen und das Kleben mit heißem Bitumen. Wegen dieser beiden Gesichtspunkte ist die Arbeitsaufwendigkeit größer als bei denen unter a) und b).

6. Dichtung mit Stahlplatten

Unbedingt muß hier erwähnt werden, daß sich die Dichtung mit Stahlplatten beim Metrobau vollkommen bewährt hat, jedoch außerordentlich kostspielig, (um etwa 2—300% teurer als die verschiedenen Kunststoffdichtungen), und außerdem arbeitsaufwendig ist. Sie wird in abgestützten und nicht abgestützten Varianten gefertigt und zwecks Korrosionsschutz auf beiden Seiten betoniert (auf der negativen Seite kann Stahlbeton oder auf ein Stahlnetz torkretierter Beton angewendet werden).

Die Stahlplatten werden gegen hohe Wasserdrücke (2—3 atü) als Dichtung auf der negativen Seite angewendet. Ihre Verbreitung begann in der zweiten Hälfte der fünfziger Jahre. Ihre erste Anwendung in größerer Menge ist mit dem Metrobau verbunden, wo gegen einen Druck von 20—25 m Wassersäule ohne Aufrechterhaltung der Entwässerung angedichtet werden

seitigen Betonabdeckung (Abb. 14) und der fehlerfreien Ausführung der wasserdichten Nähte beim Zusammenschweißen der Platten abhängt.

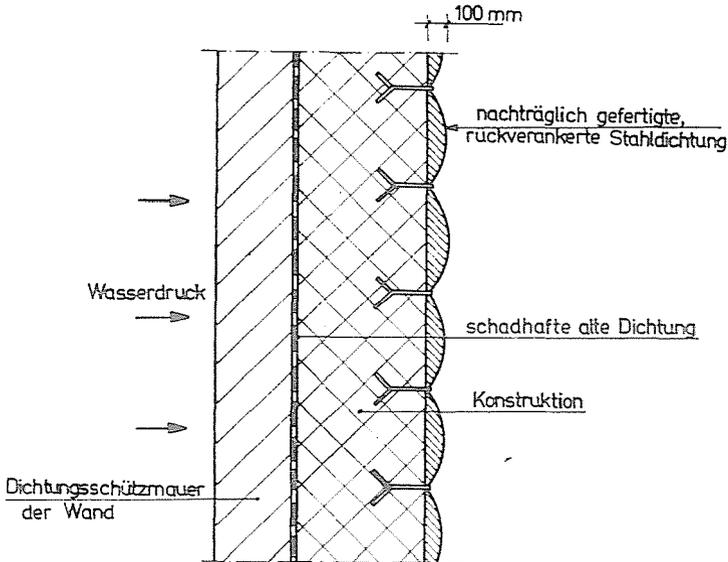


Abb. 13. Stahlblechabdichtung zum Ersatz einer völlig schadhafte alten Abdichtung (platzsparende Lösung)

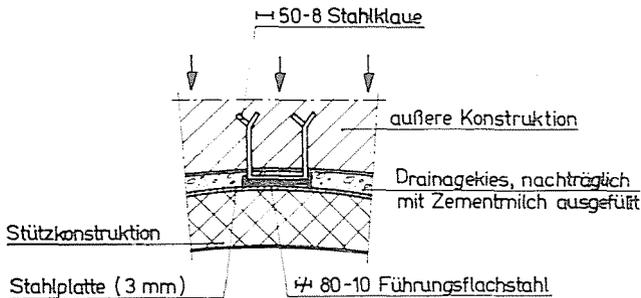


Abb. 14. Prinzip des Korrosionsschutzes der Stahlplatte

Beim Schweißen der Stahlplatten muß großes Gewicht auf die Prüfung der Nähte gelegt werden. Die übliche Methode dazu ist das Vakuumkammerverfahren (Abb. 2), in einigen Fällen wird auch Röntgenstrahlenprüfung angewendet.

Erwähnenswert sind noch die verschiedenen wasserdichten Betone und wasserdichten Verputze, bei denen die Wasserdichtigkeit durch spezielle, oftmals schwierige Körnungen und Einbringungsverfahren oder durch die Anwendung verschiedener Porenfüller oder Betonverflüssiger gewährleistet wird.

Die einheimischen Kunststoffmörtel werden noch seltener verwendet, obwohl die einheimische Materialbasis im Stande wäre, auch wesentlich größerem Bedarf gerecht zu werden.

Zum Abschluß sei erwähnt, daß auch im Inland bereits Quellzemente hergestellt werden, die in erster Linie zum Fugenabdichten Verwendung finden und deren Einbringung bereits in ausreichendem Maße mechanisiert werden konnte.

7. Wirtschaftlichkeit, Produktivität

In der Tabelle 2 werden einige rein informative Daten angegeben, die sich zwar im Laufe der Zeit etwas ändern können, die Tendenz jedoch gut wiedergeben.

Tabelle 2

Bezeichnung der Dichtung	Ges. Kosten %	Materialpreis. %	Lohnkosten %	Leistung m ² /AK und Schicht u. %	Prod. wert %/AK	Bemerkungen
1. 4-schicht. Bit.-pappe	100	100	100	12,5 (100%)	100	herkömmliches Material
2. 3-schicht. geklebte D. mit Glasvließeinlage	110	120	75	15,6 (130%)	126	zugängliches einheimisches Material
3. 2-schicht. D. mit Glasgewebeeinlage, flammgeschweißt	375	350	49	21,0 (168%)	490	Versuchsherstellung und versuchsweiser Einbau erfolgten
4. 2-schicht. selbstklebender Bitumen-Kautschuk	620	785	41	28,0 (224%)	1490	Import (kapitalistischer), wird im Inland regelmäßig angewendet
5. 2-schicht. selbstklebender Bitumen-Kautschuk	315	440	41	28,0 (224%)	760	entspricht dem Bituthen; Preis geschätzt. Wird gegenwärtig nicht hergestellt; Entwicklungsvorschlag
6. Einschicht-PVC 1,5 mm IMPORT	731	925	20	56,0 (448%)	3510	Import (kapitalistischer), fallweise einheimische Anwendung
7. Einschicht-PVC 1,5 mm einheimisch	365	460	20	56,0 (448%)	1750	entspricht dem Trocal; Preis geschätzt. Versuchsproduktion bei Hungaria, noch nicht eingeführt

Bemerkung: Die Produkte unter 5. und 7. sind fiktive Produkte, deren Daten als identisch mit denen der entsprechenden Importprodukte angenommen wurden. Der geschätzte Preis bezieht sich auf eine eventuelle Massenproduktion in Ungarn.

8. Der Einsatz von Importmaterialien

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollen auch die im gegenwärtigen Zeitabschnitt am häufigsten verwendeten Importmaterialien erwähnt werden.

Auf dem Gebiet der Wasserdichtung im Tiefbau wurden zwischen 1970 und 1975 verhältnismäßig große Mengen an Importmaterial verwendet.

Die begrenzten Importmöglichkeiten haben ihren Grund in Deviseneinsparmaßnahmen, jedoch ist eine Importbeschränkung auch unter anderen Aspekten begründet: die zur Verfügung stehende Grundstoffbasis und die Herstellungskapazität würden es ermöglichen, die Materialien für die moderne Grundwasserabdichtung im Inland herzustellen.

Die Mehrheit der Importmaterialien wurde für Einzelaufgaben eingeführt, verhältnismäßig wenig Materialien werden regelmäßig verwendet.

Im folgenden werden kurz die importierten bzw. auf Grund von Lizenzen gefertigten Produkte erwähnt. Besonders hervorzuheben ist die Initiative der »TAURUS«-Werke, die unbedingt weiterentwickelt werden muß.

a) Polyisobutylen; wird im Ausland seit 1938, im Inland seit 1960 verwendet, unter Markennamen:

— *Opanol* und

— *Rhepanol*, — neuerdings ist es als

— *Neoacid*, ein einheimisches Produkt mit im wesentlichen gleicher Qualität, auf dem Markt.

b) PVC-Importdichtungsplatten, die zwischen 1970 und 1975 zum ersten Mal, und zwar beim Budapester Metrobau in einer Menge von etwa 25 000 m² eingesetzt wurden (Marke Trocal T).

Hauptvorteile: schnelle Durchlaufzeit, verhältnismäßig wenig lebendige Baustellenarbeit, Verwendbarkeit an der negativen Seite.

Nachteile: Verletzbarkeit, wobei das Auffinden der Fehler sehr langwierig ist.

Anforderungen: strenge technologische Disziplin, die die Ausbildung von Facharbeitern erforderlich machte. Die Platten werden heute wegen ihren hohen Kosten nicht mehr angewendet.

Haupteigenschaften:

Zugfestigkeit	180 kp/cm ²
Zugbruchdehnung	250%
Wärmebeständigkeit	—30 bis +180 °C
Belastbarkeit entlang der Kante	20 kp/cm ² .

c) *Kunststoff-Bitumen-Gemische*

Das Produkt der Markenbezeichnung *Bituthen* wird seit 1972 importiert, es handelt sich um ein Bitumen-Kautschuk-Gemisch, das auf Polyäthylenfolienträger der Dicke 0,13 bzw. 0,26 mm aufgebracht ist. Gemäß einheimi-

scher Einschätzung kann das Produkt bis zu einem Wasserdruck von 5 m WS einschichtig, bis 10 m WS zweischichtig verwendet werden.

Das Produkt kann nur auf trockene, vorbereitete Grundflächen aufgebracht werden und erfordert bei Anwendung als ganzflächig aufgeklebte Dichtungsschicht an der negativen Seite Entwässerung.

Hauptvorteile: das Produkt ist nach Abziehen des die Schicht schützenden Silikonpapiers kalt haftend, selbstklebend. Arbeitsgänge beim Anbringen: Auflegen und Anwalzen. Verletzungen können mit dem eigenen Material ausgebessert werden.

Nachteile: bei mehrere Tage dauernden Anbringen an mehr als 3—4 m hohen senkrechten Wänden ist eine vorübergehende Abstützung notwendig, denn sie infolge ihres eigenen Gewichtes verrutschen kann. Diese Gefahr kann sich an sommerlich warmen Tagen verstärken.

Das Produkt ist auch im Hochbau verwendbar.

Haupteigenschaften:

Zugfestigkeit	140 kp/cm ²
Zugbruchdehnung	250%
Haftfestigkeit	0,91 kp/cm ²
Belastbarkeit entlang der Kante	2 kp/cm ²
Temperaturbereich	—40 bis +50 °C.

d) Bitumenplatten

Ohne ausführlichere Beschreibung seien hier zwei aus der ČSSR importierte Produkte erwähnt:

— PEBIT S, eine dreischichtige Platte (Polyäthylen und auf beiden Seiten Pappe), die auf herkömmliche Weise geklebt wird,

— IPA 500 SM, ohne Klebeschicht, Anbringung durch Flammerhitzen.

Diese Materialien werden allmählich von einheimischen Produkten verdrängt.

Auf die Betonimprägniermittel und die nachträgliche Abdichtung bzw. Ausbesserung bestehender Betonkonstruktionen soll hier nicht eingegangen werden. Einige dieser Produkte werden im Inland bereits hergestellt (CHEMICAL), es wäre jedoch zweckmäßig, durch geeignete Versuchsreihen die einheimische Entwicklung in Richtung von zahlenmäßig mehr Produkten voranzutreiben.

8.1 Die Wirkung der Importmaterialien auf die einheimische Entwicklung

Die einheimische Entwicklung der Grundwasserabdichtungsstoffe ist hinter den Anforderungen zurückgeblieben, die einheimische Auswahl ist ziemlich dünn. Dieser Umstand führte zur Einfuhr und Verwendung von Importmaterialien. Die Verwendung von Importmaterialien, die neuen Kenntnisse und Erfahrungen wirken sich auf die einheimische Entwicklung aus, in

erster Linie auf der Seite der Ansprüche. Seitens der Herstellerbetriebe wird jedoch nicht genügend getan, diese Ansprüche einzuschätzen und sie zu befriedigen. Dies hat einmal den Grund, daß die Betriebe durch die Herstellung der notwendigen Mengen an herkömmlichen Produkten ausgelastet sind, zum anderen fehlt eine genügend organisierte Verbindung zwischen Herstellern und Verbrauchern (Kundendienst, Propagierung der Produkte, Inlandmarktforschung). Daher gibt es verschwindend wenig einheimische Produkte, die den Importmaterialien gleichwertig sind. Das *Neoacid* (Hersteller: Kunststoffverarbeitendes Unternehmen Hungaria) ist das älteste, ständig produzierte und verwendete einheimische Produkt, das ähnlichen ausländischen Produkten etwa gleichwertig ist.

Das genannte Unternehmen beschäftigt sich auch mit der Versuchproduktion von *PVC-Dichtungsplatten* für den Grundwasserschutz. Als Vorläufer des Produktes sind die 1974 herausgebrachte Dampfbremse ISOVINYL und die Wasserabdichtungsschicht ISOVINYL T zu betrachten, die für Abdichtungen im Hochbau bis zu einem Druck von 1 m WS empfohlen werden. Die 0,45 bzw. 0,8 mm dicken Folien aus PVC-Weich können zu einheimischen PVC-Produkten für die Grundwasserabdichtung weiterentwickelt werden, und Versuche in dieser Richtung sind bereits angelaufen. Die Grundwasserabdichtungsplatten müssen wenigstens 1,5 mm dick sein, für größere Beanspruchungen sind Dicken von 2, 2,5, 3,0 mm nötig. (Die erforderlichen Qualitätsparameter wurden unter Punkt 2 bereits genannt.)

Mit der Entwicklung von Grundwasserabdichtungsplatten aus nicht verrottendem Trägermaterial und modifiziertem Bitumen befaßt sich ein Plattenbetrieb in Südostungarn (Békéscsaba). Die Anwendungsversuche waren erfolgreich, die weitere Herstellung ist gewährleistet. Die 3, 4 bzw. 5 mm dicken, glasfaserverstärkten Platten von 500 g/m² Flächengewicht auf modifiziertem Bitumenbasis werden ohne besondere Klebemittel, durch Schmelzverfahren befestigt, wozu eine Flammenpistole oder Luft von 450—500 °C dient. Für Grundwasserabdichtung ist der Einbau von wenigstens zwei Schichten empfehlenswert.

Betondichtungsmittel werden von den Bauchemikalienwerke CHEMICAL hergestellt. Zu ihren Produkten gehören z. B. die Betonverflüssiger PLASTOL NK-3 und KERASOL T, der Abbindeverzögerer RETARDOL F und die Porenfüller SICURIT und TRICOSAL N.

Es gibt keine organisierte Herstellung von für die Abdichtung notwendigen zusätzlichen Bauteile (Eckelemente, Verstärkungsschichten, Durchbrüche), dergleichen werden daher zum größten Teil in den Werkstätten der Bauunternehmen erzeugt.

Daher ist die Initiative der TAURUS-Werke: Schaffung eines neuen Werkes in Nyíregyháza zur Weiterentwicklung dieser Bauteile besonders erfreulich.

9. Vorschläge für die Entwicklungsrichtungen. Differenzierung der Dichtungsanforderungen

In den Vorschriften gibt es im allgemeinen zwei Dichtungsstufen: »undurchlässig« und »wasserdicht«. Die »Undurchlässigkeit« bezeichnet eindeutig den hermetischen Ausschluß des Wassers, während bei der »wasserdichten« Dichtung gewisse Stufen, mit zahlenmäßigen Kennwerten des Grades der Durchfeuchtung, zulässig sind.

Bei der Formulierung der an die Dichtung gestellten Anforderungen scheint es zweckmäßig, weiter zu differenzieren, wobei auch die Betriebsbedingungen des Objektes, die Größenordnung der äußeren Beanspruchung (Wasserdruck, chemische Zusammensetzung des Grundwassers, physikalische und biologische Einwirkungen), die bautechnologischen Gegebenheiten des Bauwerkes berücksichtigt werden. Eine Systematisierung unter diesem Aspekt und die Festsetzung einer breiteren Skala der Dichtungsansprüche können die Richtung der Entwicklung der Dichtungsmaterialherstellung und -Technologien eindeutiger bestimmen, bei dem Entwurf von Abdichtungen eine Hilfe bieten, und die Aufmerksamkeit auf die Wechselwirkungen zwischen Dichtungsmethode und Konstruktion bzw. Bautechnologie lenken.

9.1 Vorgeschlagene Qualitätsstufen der Abdichtungen

Um die Arbeiten des Entwurfs und der Ausführung von Dichtungen eindeutig beschreiben zu können, ist es erforderlich, die bisherigen Kategorien »undurchlässig« und »wasserdicht« weiter zu zerlegen und die vorgeschlagenen Dichtungsarten dementsprechend zu differenzieren. Das kann auch zu einer besseren Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Materialien, fallweise zu Kosteneinsparungen führen.

Für die Kategorie »undurchlässig« wird die Einführung von zwei Stufen vorgeschlagen:

a) »undurchlässig I«: hermetische Abdichtung, die bei entsprechender Qualität das Einsickern von Wasser nicht zuläßt und den staubtrockenen Zustand des abgedichteten Objektes gewährleistet

b) »undurchlässig II«: hermetische Abdichtung, die bei entsprechender Qualität das Einsickern von Wasser nicht zuläßt.

In der Kategorie »wasserdicht« wird die Einführung von vier Stufen vorgeschlagen:

c) »mäßige« Abdichtung, bei der ein ständiges Entwässerungssystem in der abgedichteten Räumlichkeit angenommen wird. Zulässiger Sickerwert: $0,4 \text{ l/m}^2 \cdot 24\text{h}$

d) »wasserdicht I«: zulässiger Sickerwert in der abgedichteten Räumlichkeit: $0,3 \text{ l/m}^2 \cdot 24\text{h}$

e) »wasserdicht II«: zulässiger Sickerwert in der abgedichteten Räumlichkeit: $0,2 \text{ l/m}^2 \cdot 24\text{h}$

f) »wasserdicht III«: meßbare Wassermengen in der abgedichteten Räumlichkeit sind nicht zulässig. Außerdem kann auch die Betriebsart der Objekte die Dichtungsanforderungen bestimmen. Folgende Kategorien werden vorgeschlagen:

g) *Kategorie A*: die Betriebsweise erfordert bestimmte klimatische Verhältnisse (Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit).

h) *Kategorie B*: staubtrockener Zustand muß gewährleistet sein, die Gegenwart von Wasser ist nicht zulässig.

i) *Kategorie C*: im allgemeinen muß trockener Zustand gewährleistet werden, der durch das Einsickern von Wasser verursachte Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit ist jedoch tragbar.

j) *Kategorie D*: gegen Luftfeuchtigkeit nicht empfindliche Räumlichkeiten.

k) *Kategorie E*: die Gegenwart von Feuchtigkeit oder Luftfeuchtigkeit ist zulässig oder wünschenswert.

Schließlich müssen bei der Auswahl der Dichtungsarten so die chemischen Einwirkungen (chemische Zusammensetzung des Grundwassers, industrielle Verschmutzung) wie auch die physikalischen Einwirkungen (Wärme, Schwingungen, Strahlung usw.) berücksichtigt werden.

10. Die Prüfung von Abdichtungen

Alles bisher gesagte bezieht sich auf einwandfrei angefertigte Abdichtungen, daher müssen bei der Prüfung der Kontrolle von Dichtungen bedeutende qualitative Veränderungen angestrebt werden.

Gegenwärtig erfolgt die Prüfung meistens durch Augenschein, was nur die größten Fehler erkennen läßt. Die Fehler bereits fertiggestellter Abdichtungen können im allgemeinen nicht oder nur sehr aufwendig (Abbau) ausgebessert werden. Mit der Entwicklung moderner Dichtungsmaterialien muß die Verallgemeinerung der Einzelprüfmethoden untrennbar verbunden sein. Die Prüfverfahren der Abdichtungen dürfen keine Stichproben sein, sondern sich auf die gesamte Abdichtung erstrecken.

a) Die *Vakuumkammerprüfung* eignet sich für die Stoßstellen sämtlicher Folien- und Plattenabdichtungen. Die zu prüfende Fläche wird mit Seifenlösung eingestrichen, und die Fehlerstellen werden durch das Vakuum entstehenden Blasen angezeigt. Die Methode ist zur Prüfung von Dichtungen aus Bitumenplatten, Kunststoffplatten und Stahlblech geeignet.

b) Vor allem bei Kunststoffdichtungen hat sich die *Prüfung mit elektrischem Strom* verbreitet, bei der die Fehlerstellen durch Stromdurchschlägen angezeigt werden.

c) Anwendung von Wasserdruck, Überfluten und andere lokale Prüfmethoden bieten zahlreiche Möglichkeiten zur Kontrolle von Dichtungen.

Die Erläuterung der in Ungarn im Tiefbau angewendeten Dichtungsverfahren wird im folgenden in einigen Punkten zusammengefaßt. Die irrije Ansicht, daß die Dichtungsarbeiten im Wert kaum 1-2% der Gesamtkosten des Gebäudes ausmachen, daher auch keine besondere Bedeutung haben, muß abgelehnt werden. Richtige Auswahl und technisch einwandfreie Ausführung der Dichtungsarbeiten erfordern gründlichen Umblick. Die wesentlichsten Aspekte dabei sind:

1) *Überlegungen vor Beginn der Arbeiten*

a) Ist das Ziel der Abdichtung Schutz vor Ex- oder Infiltration?

b) Druck des Grundwassers (Abwassers usw.), auf die Dichtung einwirkende mechanische Einflüsse (Verschleiß, Korrosion), chemische Einwirkungen (Aggressivität usw.)

2) *Überlegungen während des Arbeitsablaufes*

a) Art des Anbringens der Abdichtung abhängig von der geometrischen Form des Gebäudes:

- Kleben
- Befestigen
- Aufspritzen
- Torkretieren (unter mehreren atü Druck).

b) Von der gewählten Art des Anbringens abhängig werden die zu verwendenden Materialien und das für die Abdichtung notwendige Zubehör:

- Eckenelemente
- Durchbruchelemente
- Befestigungselemente

gewählt.

c) Vorbereitungstätigkeiten

- Entwässerung (mit Festlegung der Zeitdauer)
- Vorbereitung der zu dichtenden Flächen (rauhe oder geglättete Flächen).

d) Bereitstellung von, in der Dichtungstechnologie ausgebildeten Fachkräften.

e) Zu Beginn der Ausführungsarbeiten sind die mit Strom oder mit Gasheizung betriebenen Werkzeuge und Vorrichtungen:

- Erhitzer
- Glättwerkzeuge
- Walzen
- Bügeln

zur Verfügung zu stellen.

f) Baustelleneinrichtungen zur Güteprüfung der Abdichtungen:

- Vakuumkammer
- Röntgennahtprüfgerät usw.

3) Tätigkeiten bei der Beendigung der Arbeiten

Die die Abdichtung schützenden inneren und äußeren Konstruktionen müssen zur Zeit projektiert und besorgt werden:

- Monolith- (Torkret) Beton
- Ziegelmauer
- Betonfertigteile usw.

Über die vorangehenden Erwägungen hinausgehend ist es nicht gleichgültig, a) ob man einheimische oder Importmaterial verwendet (letztere müssen zur Zeit bestellt werden)

b) was ist die Kostenauswirkung von Abdichtungen von unterschiedlichem Preis (gleiche Qualität angenommen), die der Befriedigung gleicher Anforderungen dienen. Bei Wertung sämtlicher Aspekte — Betriebsstörungen, eventuelle Schäden des Objektes zugezählt — hat der letzte Punkt keine primäre Wichtigkeit.

Für eine komplexe Einschätzung der vorangehenden Ausführungen muß schließlich noch folgendes berücksichtigt werden:

Die Modernisierung der Abdichtungen, die höhere Produktivität, die Verringerung der Baustellenarbeit, die Verkürzung der Durchlaufzeit, die Einführung zeitgemäßer »reiner« Technologien liegt in erster Reihe im *Interesse der Baubetriebe*. Wird die Kostenfrage auf die Abdichtungsarbeiten eingeschränkt, so steht der mit der Einführung der modernen Technologien verbundene Kostenanstieg in Widerspruch zu den Bestrebungen des Auftraggebers. Die Verkürzung der Durchlaufzeit und die Vereinfachung der Technologie können jedoch eine Kostensenkung herbeirufen, die selbst die Abdichtungsmehrkosten kompensiert oder übersteigt. Ein Durchbruch der komplexen ökonomischen Anschauung bei den Auftraggebern würde die Verbreitung der moderneren Dichtungsmaterialien begünstigen. Bei der aktuellen Arbeitskräftelage, der Forderung der Produktivitätserhöhung ist die Notwendigkeit der Entwicklung gar nicht fragwürdig. Betont werden muß die *Priorität der technologischen Entwicklungstendenzen*. Entwicklungsvorschläge sollten neben der Forderung nach Qualitätserhöhung *produktivitätsorientiert* sein.

Auch die Lage der Fachausbildung erfordert mächtige Aufgaben zu bewältigen. Neben der Erhöhung der Fachausbildung und des Nachwuchses müßte der Unterricht auf dem Gebiet der Grundwasserabdichtungen vor allem in der Ausbildung von Technikern und Betriebsingenieuren vertieft werden.

Zusammenfassung

Auf die Dichtung unterirdischer, dem Grundwasser ausgesetzter Gebäudeteile muß besonderes Gewicht gelegt werden.

Die Dichtungsmaterialien und die damit zusammenhängenden Technologien haben sich mächtig entwickelt.

Früher wurden am häufigsten die Bitumensperrschichten und die Abdichtungen auf Zementbasis angewendet, letztere in Form von Putz und wasserdichtem Beton.

Die Kunststoffdichtungen haben sich stürmisch entwickelt. In der ersten Zeit verwendete die Bauindustrie Importmaterialien, heute werden auch von der einheimischen Kunststoffindustrie bereits wettbewerbsfähige Kunststoffe hergestellt. Für Abdichtungen an der aktiven wie auch der passiven Seite steht eine zureichende Auswahl zur Verfügung, mit der die entsprechende Wasserdichtigkeit der zu schützenden Flächen — im trockenen, aber auch im nassen Zustand — gewährleistet werden kann.

Eine weitere Entwicklung bedeutet die Anwendung der kostenaufwendigeren, aber hundertprozentige Sicherheit bietenden Stahlblechdichtungen.

Große Sorgfalt muß auf die Stoßstellen der abgedichteten Flächen und die Prüfung der fertiggestellten abgedichteten Flächen verwendet werden.

Zwecks besserer Auswahl der einzusetzenden Abdichtungen müssen die Begriffe der »Undurchlässigkeit« und »Wasserdichtigkeit« erneut festgelegt werden.

Auf Grund der gegenwärtigen Lage werden Hinweise für die Lösung praktischer Fragen gegeben.

* * *

Als LITERATUR werden empfohlen: die vom Lehrstuhl für Bauausführung der TU Budapest im Auftrage des Ministeriums für Bauwesen zwischen 1974 und 1977 angefertigten Studien (Dr. Zoltán VAJDA, Dr. Pál LÁNCZOS, Dr. János KELEMEN).

Prof. Dr. Zoltán VAJDA, H-1521 Budapest