

Dalben in Binnenhäfen
Erfahrungen mit Bau, Instandhaltung und Benutzung
- Bericht -

Inhaltsverzeichnis

- 1 Vorbemerkungen**
- 2 Gesetze, Vorschriften, Regelwerke**
- 3 Schrifttum**
- 4 Zweck und Aufgaben von Dalben und Pfählen**
 - 4.1 Sicherung der Schifffahrt
 - 4.2 Schutz von Bauwerken und Hafeneinrichtungen
 - 4.3 Verbesserungen für das Anlegen und Festmachen der Schiffe
 - 4.4 Warnung an Gefahrenstellen
- 5 Arten von Dalben und Pfählen**
- 6 Technische Entwicklung und Konstruktion**
 - 6.1 Holzdalben**
 - 6.1.1 Einpfählig
 - 6.1.2 Bündeldalben
 - 6.1.3 Bockdalben
 - 6.1.4 Grenzen der Ausführung von Holzdalben
 - 6.1.5 Erfahrungen mit Holzdalben
 - 6.2 Stahldalben**
 - 6.2.1 Bündeldalben
 - 6.2.2 Verbände der Bündeldalben
 - 6.2.3 Einpfahl-Dalben
 - 6.2.4 Leitpfähle (Leitdalben, Köcherpfähle)
 - 6.3 Baustoffe**
 - 6.3.1 Holz
 - 6.3.2 Stahl
- 7 Vorteile des Einpfahl-Dalbens aus Stahl**
- 8 Einfluss des Wasserstandswechsels**
- 9 Standort und Anzahl**
 - 9.1 Standort
 - 9.2 Dalbengruppen und Dalbenreihen
 - 9.3 Dalbenabstände

10 Dalben an Ölumschlaganlagen

- 10.1 Standort und Anzahl
- 10.2 Reibhölzer
- 10.3 Gummileisten
- 10.4 Folgerungen für den Schutz zwischen Tankschiff und Dalben

11 Bemessung der Dalben

- 11.1 Beanspruchung
- 11.2 Statisches System und Belastungsansätze
- 11.3 Rammtiefe
- 11.4 Höhe

12 Abmessungen und Stärke der Einpahl-Dalben

- 12.1 Querschnitt
- 12.2 Länge und Masse
- 12.3 Verstärkungen

13 Ausrüstung der Dalben

- 13.1 Verbände
- 13.2 Festmacheeinrichtungen
- 13.3 Reibhölzer
- 13.4 Stoßpanzerung
- 13.5 Verfüllen
- 13.6 Kopfabdeckung
- 13.7 Sonstige Ausrüstungsteile

14 Erfahrungen betrieblicher Art

- 14.1 Beanspruchungen
- 14.2 Einengung des Fahrwassers
- 14.3 Schifffahrtsbetrieb und Form der Schiffe
- 14.4 Ersatzlösung für Dalben

15 Schäden

- 15.1 Art der Schäden
- 15.2 Schadenursache
- 15.3 Schadenbehebung
- 15.4 Verwendung beschädigter Dalben

16 Schlussbemerkungen

1 Vorbemerkungen

In Binnenhäfen werden Umschlagufer, auch bei großen Wasserspiegelschwankungen, heute überwiegend als senkrechte Wandkonstruktionen gebaut. Vorhandene Uferböschungen oder teilgeböschte

Umschlagufer werden bei Erneuerungen meistens durch senkrechte Uferwände ersetzt. Böschungen oder teilgeböschte Ufer finden nur noch bei Spezialanlagen, z.B. an Mineralöl- oder Gefahrgutumschlagstellen, an Schiffliegeplätzen und an Hinterstellplätzen für Schubleichter Verwendung. Durch diese Entwicklung ist der Bau von Dalben i.a. nicht mehr notwendig. Sie sind nur noch in Ausnahmefällen als Konstruktionselemente beim Neubau von Umschlagstellen in Binnenhäfen erforderlich.

Dieser Bericht bezieht sich auf die speziellen Erfahrungen und die Belange der Binnenhäfen, bei denen, ebenso wie an Binnenwasserstraßen, vielfach andere Voraussetzungen als in Seehäfen vorliegen.

Einige Sonderformen und Dalben werden auch als Pfähle bezeichnet, wenn sie nicht unmittelbar in die Hafensohle eingespannt sind und ihre Hauptaufgabe im Leiten und Warnen, nicht aber im Anlegen und Festmachen von Schiffen gesehen wird. Soweit im Folgenden erforderlich, wird der Unterschied zwischen Dalben und Pfählen hervorgehoben, sonst aber nur allgemein von "Dalben" gesprochen. Das ist auch deshalb richtig und zweckmäßig, weil nach DIN 4054 unter Dalben solche Einzelpfähle oder Pfahlbündel verstanden werden, die in die Gewässersohle eingespannt und für das Ablegen, Festmachen oder Leiten von Schiffen oder das senkrechte Führen schwimmender Anlagen bestimmt sind.

Dieser Bericht befasst sich nicht mit der Lösung spezieller statischer Probleme von Dalben und Pfählen.

2 Gesetze, Vorschriften, Regelwerke

Über den Bau von Dalben liegen keine speziellen Vorschriften vor. Hinsichtlich Materialbeschaffenheit, Bearbeitung und Abnahme sind jedoch die diesbezüglichen **Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen - EAU** der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V. sinngemäß anzuwenden, insbesondere:

- E 69 Berechnung elastischer Bündeldalben in nichtbindigen Böden
- E 98 Übernahmebedingungen für Stahlspundbohlen und Stahlpfähle
- E 99 Ausbildung geschweißter Stöße an Stahlspundbohlen und Stahlrammpfählen
- E 112 Verwendung hochfester, schweißbarer Baustähle bei elastischen Anlege- und Vertäudalben im Seebau

3 Schrifttum

- Larssen-Handbuch
- Förster:
Die Stahldalben
Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft, 1952/54, Band 22

- **N.N.:**
Peiner Kastenspundwand
Handbuch für Entwurf und Ausführung
Hüttenwerke Ilsede-Peine AG, 1960/68

- **Pietsch:**
Die Dalben in den Vorhäfen der Schleuse Geesthacht
Die Bautechnik, 1962, Heft 3

4 Zweck und Aufgabe von Dalben und Pfählen

Dalben werden in den Binnenhäfen für unterschiedliche Aufgaben errichtet. Sie dienen dem Schutz von Bauwerken und erleichtern das Anlegen und Festmachen der Schiffe.

4.1 Sicherung der Schifffahrt

Dalben können zur Begrenzung des Fahrwassers oder zur Trennung von Fahrwasser und ruhendem Verkehr (Liege-, Warte- und Umschlagplätze), zur Verkehrssicherung an gefahrenträchtigen Stellen im Hafen, im Interesse einer reibungslosen Verkehrsabwicklung und letztlich auch zum Schutz der Schiffe selbst notwendig werden.

Außer der Abgrenzung des Fahrwassers dienen Dalben u. U. auch der Führung der Schifffahrt im Interesse eines besseren Verkehrsablaufs und zu günstigerem Ein-, Durch- und Ausfahren an Engstellen. In Binnenhäfen handelt es sich dabei aber im Allgemeinen nur um einzelne oder wenige Dalben. Dalbenreihen in Form aufgelöster Leitwerke, wie überhaupt Leitwerke selbst, sind in Binnenhäfen im Allgemeinen nicht anzutreffen.

4.2 Schutz von Bauwerken und Hafenbetriebseinrichtungen

Dalben werden oft erforderlich zum Schutz vor Schiffsstößen von Brücken, Uferanlagen, Schleuseneinfahrten, Sperrtoren und sonstigen Engpässen der Fahrrinne, Anlegebrücken und Steigern sowie auch zum Schutz von Anlagen, die ständig unter Wasser liegen.

Neben den Schutzaufgaben für die Bauwerke können sie der Schifffahrt gleichzeitig als Warneinrichtungen dienen, wenn sie auf ganzer Länge über Wasser rot-weiß gestrichen bzw. mit rot-weißen Fahnen oder Tafeln versehen werden.

4.3 Verbesserung für das Anlegen und Festmachen der Schiffe

Mit Dalben können an geböschten Ufern geeignete Anlege- und Liegeplätze geschaffen werden. Geböschte Ufer ohne Dalben sind - vor allem bei zeitweise unbemannten Schiffen - als Dauerliegeplätze ungeeignet. Das Anlegen von Schiffen an Dalben ist wesentlich einfacher und gefahrloser als an einem geböschten Ufer und vereinfacht das Befestigen und die Wartung der Schiffe.

Dalben haben an Uferböschungen zudem die Aufgabe, das Aufsetzen der Fahrzeuge bei fallenden Wasserständen zu verhindern und Schäden durch Schiffe an der Böschung auszuschließen.

Vermehrt werden Dalben an Ölumschlagplätzen notwendig, da für diese im Allgemeinen keine senkrechten Ufer notwendig sind, sondern die geböschte Uferform genügt. An diesen Stellen ermöglichen Dalben das sichere Anlegen der Schiffe und schützen die Ufer sowie die Umschlaganlagen.

In Binnenhäfen mit größeren Wasserstandsschwankungen werden häufig teilgeböschte Ufer angelegt (vgl. EAU 1980 - E 119 - Ziffer 6.6). Für das sichere Festmachen der Schiffe an solchen Ufern haben sich Pfähle bewährt, die in die Konstruktion des senkrechten Uferteils einbezogen sind und bei Wasserständen über der Berme die senkrechte oder waagerechte Führung der Schiffe übernehmen. Wenn die Festmachereinrichtungen - wie bei Böschungen üblich - in Form von Landpollern vorgesehen sind, können solche Leitpfähle in leichter Bauart ausgeführt und so ausgebildet werden, dass sie bei Bedarf beseitigt und später wieder angebracht werden können. Dieser Fall tritt bei Beschädigungen des Leitpfahls an Umschlagstellen dann ein, wenn die Leitpfähle die Kranarbeit behindern.

Eine bewährte Bauart für solche Leitpfähle ist der sog. "Köcherpfahl". Er besteht im Regelfall aus einem handelsüblichen Stahlrohr von etwa 4,0 bis 6,0 m Länge, das im oberen Teil der senkrechten Uferbefestigung in einen "Köcher" eingesteckt wird. Durch ein entsprechend gewähltes Verhältnis der Widerstandsmomente von Köcher und Pfahl wird bei dieser Konstruktion erreicht, dass etwaige bleibende Verformungen bei Überbeanspruchung durch Schiffsstoß - anders als bei den biegesteif in die Uferwand einbindenden Leitpfählen - auf den unteren Teil des Pfahles beschränkt bleiben, so dass Reparaturen oder Auswechslungen schnell und mit vergleichsweise geringem Aufwand durchgeführt werden können.

Wenn diese Pfähle jedoch auch zum Anlegen und Festmachen der Schiffe benutzt werden sollen, müssen sie genügend widerstandsfähig ausgebildet, kraftschlüssig in die senkrechte Uferwand einbezogen und mit Festmachereinrichtungen versehen werden. Es handelt sich dann nicht mehr um Leitpfähle, sondern um Anlege- und Festmachepfähle oder -dalben.

Auch bei diesen schwereren Pfählen bzw. Dalben ist man bemüht, bleibende Verformungen im Uferbauwerk durch Sollbruchstellen weitgehend zu verhindern, so z.B. durch einen am Fuß angeordneten Stoß mittels zweier Kopfplatten und entsprechend auf Abriss bemessener Schraubenverbindung.

4.4 Warnung an Gefahrenstellen

An Stellen, wo weder Schiffe noch Bauwerke gefährdet sind, genügt anstelle eines schweren und kostspieligen Dalbens ein leichter, rot-weiß gestrichener Warnpfahl. Dieser wird erfahrungsgemäß von der Schifffahrt beachtet und im Allgemeinen nicht angefahren. Diese rot-weißen Pfähle erfüllen nicht nur ausreichend ihren Zweck, sondern sind, von dem gelegentlichen Erneuern des Farbanstrichs abgesehen, wenig unterhaltungsaufwendig und insgesamt billiger. Sie empfehlen sich vor allen Dingen an Mauervorsprüngen oder Ecken der Uferanlagen, die nur bei höheren Wasserständen überschwemmt sind und deshalb für die Schifffahrt als Gefahrenstelle kenntlich gemacht werden müssen.

5 Arten von Dalben und Pfählen

Dalben und Pfähle werden nach der Art ihrer Beanspruchung unterschieden in

- Schutzdalben (Abweisdalben)
- Dalben und Pfähle für das Anlegen und Festmachen
- Leitdalben und Leitpfähle (Köcherpfähle)
- Warnpfähle

Schutzdalben und Dalben für das Anlegen und Festmachen werden durch Schiffsstöße und Trossenzug beansprucht, die Leitdalben und Leitpfähle nur durch Schiffsstöße. Die Warnpfähle sollen keinen Stoß- und Zugkräften ausgesetzt werden.

Die vorstehende Reihenfolge der Dalben und Pfähle gibt zugleich einen groben Anhalt für das abnehmende Maß ihrer Beanspruchung und damit auch für ihre Bemessung.

6 Technische Entwicklung und Konstruktion

6.1 Holzdalben

6.1.1 Einpfählige Dalben

Die Entwicklung des Dalbens begann mit einem einfachen Holzpfahl, der mit dem Zopfende in den Untergrund bzw. in die Hafensohle gerammt wurde. Diese Pfähle besaßen zwar gute Elastizität, erfüllten aber mit zunehmender Schiffsgröße und bei größerer Höhe, besonders in Häfen mit stark wechselnden Wasserständen, ihre Aufgabe nicht ausreichend.

6.1.2 Bündeldalben

Für größere Schiffsstöße und Dalbenhöhen wurden Pfahlgruppen von 2, 3, 4 oder auch mehr Pfählen senkrecht und eng nebeneinander in kreisförmiger oder rechteckiger Anordnung eingerammt und mit Kopfverbänden zu Bündeldalben ausgebildet.

6.1.3 Bockdalben

Bei hohem Wasserstandswechsel reichte die Standfestigkeit der Bündeldalben nicht aus. Vor allem in den Flusshäfen ergab sich die Weiterentwicklung zu hölzernen Bockdalben, wie sie nach der Jahrhundertwende häufig gebaut wurden. Deren Pfähle wurden nach unten gespreizt angeordnet und nahmen auf der Hafensohle einen Raum bis etwa 7 m Länge und 3,50 m Breite in Anspruch. Die Dalben erreichten eine Höhe bis zu 12 m über der Hafensohle.

4-pfählige Bockdalben hatten im allgemeinen lediglich zwei Verbände; nämlich einen Kopfverband und in mittlerer Höhe einen Kreuzverband mit Zangenausbildung. Erst später ging man zu vollständig innenliegender Verzimmerung über, um Schäden an den Verbänden durch das Anfahren von Schiffen zu vermeiden.

Sehr hohe Bockdalben bestanden im Allgemeinen aus 5 Pfählen und Verzimmerungen in mehreren Höhenlagen oberhalb der Niedrigwasserlinie bei 3 bis 4 m Höhenabstand. Wegen des erheblichen Platzbedarfs waren Bockdalben als Schutzdalben bei Brücken und sonstigen Bauwerken wenig geeignet.

6.1.4 Grenzen der Ausführung von Holzdalben

Die Grenzen der Bockdalben lagen aber vor allem in der Rammtiefe. Trotz Anspitzen der Pfähle und Verstärken mit Pfahlschuhen blieb sie in fest gelagertem Untergrund, wie z.B. Kies, im Allgemeinen auf 4 bis 5 m beschränkt. Ein weiterer Nachteil der Bockdalben lag neben großem Raumbedarf und zu geringer Rammtiefe darin, dass im Allgemeinen nur ein Pfahl besonders beansprucht wurde und dieser damit die Anfälligkeit und Lebensdauer des gesamten Dalbens bestimmte.

6.1.5 Erfahrungen mit Holzdalben

Hölzerne Dalben jeder Art sind heute wegen ihrer aufwendigen Herstellung und Reparaturanfälligkeit nicht empfehlenswert.

Die Vorteile der Holzdalben liegen in ihrer hohen Elastizität; ihr Nachteil besteht dagegen in ihrer Anfälligkeit gegen Zerstörung und Fäulnis.

Bockdalben eignen sich insbesondere nicht für Binnenschiffe der Pontonform mit vollkommen senkrechten Bordwänden, horizontalem Schiffsboden, damit eckiger Kimme und glatt auflaufendem Vorschiffsboden. Geneigte Pfähle sind zumindest an der Anlegeseite der Dalben nicht mehr brauchbar; es sind senkrechte Anlegeflächen erforderlich.

Hölzerne Ein- oder Mehrpfahldalben kommen nur noch für Anlegestellen kleinerer Boote in Hafenbereichen mit geringer Wassertiefe und in Sportboothäfen in Frage.

6.2 Stahldalben

Als begonnen wurde, Spundbohlen zu walzen und im Uferbau einzuführen, wurden die Holzdalben mehr und mehr von stählernen Dalben abgelöst. Mit der Ausführung von Spundwandbauwerken standen durch Zusammenschweißen der Spundbohlen neue, relativ glatte Pfahlprofile für den Bau von Dalben sowie geeignete Rammgeräte zur Verfügung.

6.2.1 Bündeldalben

Die Stahldalben mussten wegen der noch verhältnismäßig leichten Profile anfangs meistens 2-, 3-, 4-, später bis 6-pfahlig ausgebildet werden.

Aus Ersparnisgründen erhielten oft nur die zur Wasserseite hin stehenden Pfähle volle Höhe, während die rückwärtigen kürzer gehalten wurden. Dies erwies sich jedoch nicht als zweckmäßig, da die Stabilität des Dalbens dadurch nicht unerheblich herabgesetzt und im Schadenfall nahezu alles Material so stark beschädigt wurde, dass es nicht wieder verwendet werden konnte.

Die Bündeldalben erhielten in mehreren Höhenlagen Verbände aus U- und Winkeleisen, die zumindest mit der Vorderkante an der Anlegeseite der Pfähle bündig eingebaut waren. Durch teilweises Verwinden der Dalben infolge Beanspruchung entstanden aber dennoch vorstehende Ecken, die zu Schäden an Schiffen und Dalben führten.

Bündeldalben mit mehr als 4 Pfählen brachten keine Vorteile, da im Wesentlichen immer nur die Pfähle der Schiffsanlegeseite beansprucht wurden, so dass der Mehraufwand für viele Pfähle nicht gerechtfertigt war. Auch die rückwärtige Abstützung von Dalben durch Schrägpfähle brachte im Vergleich zum Mehraufwand und zur Erschwernis der Ausführung keinen ausreichenden Erfolg.

6.2.2 Verbände der Bündeldalben

Das maßgerechte Rammen der enggestellten Pfähle bereitete meistens keine Schwierigkeiten; jedoch erwies sich ihre Aussteifung mit Verbänden oft als zu schwach. Auch die Verwendung stärkerer Profile ergab keine ausreichende Stabilität.

Die Reparaturen an den Verbänden waren insbesondere bei Verschraubungs- und Schweißarbeiten erschwert; die Instandhaltungskosten erwiesen sich bei stark beanspruchten Dalben als erheblich.

Erst als statt der zusammengebauten Konstruktionen Walzträgerabschnitte (TP 80 oder TP 100) verwendet wurden, entstand eine bessere Stabilität und die Schäden wurden gemindert, da bei dieser Ausführungsart die Schiffe mit den Verbänden nicht mehr in Berührung kommen konnten.

Der Einbau der unteren Verbände war in Häfen mit stark wechselndem Wasserstand schwierig, weil es der jeweilige Wasserstand selten ermöglichte, den untersten Verband sofort mit der Dalbenerstellung einzubauen. Sein Fehlen beeinträchtigte die Steifigkeit des Dalbens erheblich und die spätere Ausführung erhöhte die Kosten. Es erwies sich zudem als schwierig, geeignete Handwerker für Reparaturen zu den seltenen und nur kurz dauernden Niedrigwasserzeiten zu bekommen.

Gelenkige Verbände bei Dalben mit mehr als 4 Pfählen bewährten sich nicht. Diese Gelenke funktionierten nur kurze Zeit, weil die Konstruktion bei starken Belastungen verformt wurde.

6.2.3 Einpfahl-Dalben

Aufgrund dieser Erfahrungen wurde der schwere Einpfahl-Dalben entwickelt, für dessen Bau heute auch gerätemäßig die Voraussetzungen am besten gegeben sind. Der Vorteil dieses Dalbens gegenüber Bündeldalben (siehe auch Ziffer 7) liegt vor allem in der erheblich schnelleren Herstellung und nur kurzen Beeinträchtigung des Schifffahrtsbetriebes. Diese Entwicklung führte weiterhin zum elastischen Dalben, der im Gegensatz zum starren Dalben ohne Fenderkonstruktion auskommt. Beim Vergleich zwischen Einpfahl-Dalben und Bündeldalben gleichen Arbeitsvermögens ist der Einpfahl-Dalben eindeutig überlegen. An diesem lässt sich zudem die Anlegeseite durch Laschen oder Panzerungen in einfacher Weise verstärken. Häufig werden für den Einpfahl-Dalben zusammengeschweißte vieleckige Querschnitte verwendet.

6.2.4 Leitpfähle (Leitdalben, Köcherpfähle)

Eine Weiterentwicklung der jüngsten Zeit sind Leitpfähle in Uferbauten mit Spundwänden und oberer Böschung, die verschiedentlich auch als Sturmpfähle bezeichnet werden. Soweit diese Pfähle dem Anlegen und Festmachen von Schiffen dienen sollen und damit große Stoß- und Zugkräfte aufnehmen müssen, sind sie in der Regel zusammen mit der Spundwand unmittelbar in die Hafensohle einzurammen und in die Wandkonstruktion biegesteif einzubinden. In diesem Falle handelt es sich nicht mehr um eigentliche "Leitpfähle", sondern um Anlege- und Festmache-Pfähle oder -dalben.

Wenn die Leitpfähle jedoch nur der senkrechten und waagerechten Führung der vorliegenden Schiffe dienen sollen und die Schiffe an Landpollern festgemacht werden, genügt eine Befestigung im oberen Teil der Spundwand. Dabei werden Konstruktionen bevorzugt, die ein Auswechseln des Pfahles bei Beschädigungen oder die zeitweise Entfernung bei etwaiger Behinderung des Kranbetriebes erleichtern und eine "Sollbruchstelle" außerhalb der Spundwandkonstruktion aufweisen. Eine solche einfache Bauart ist der sog. "Köcherpfahl" (vgl. Ziffer 4.3).

6.3 Baustoffe

6.3.1 Holz

Holz als Baustoff für Dalben kommt heute im Allgemeinen nur noch in Sportboothäfen und für Anlegestellen kleinerer Boote, insbesondere Personenboote, in Frage und das auch nur in

Hafenbereichen mit geringer und wenig wechselnder Wassertiefe, also lediglich bei Dalben für geringe Beanspruchung.

6.3.2 Stahl

In Binnenhäfen, die der Güterschifffahrt dienen, wird fast ausschließlich Stahl als Dalbenmaterial verwendet.

Die üblichen Spundwandstähle St 37 und St 45 erweisen sich nur für niedrige und leichte Dalben als ausreichend. Bei starker Beanspruchung und großer Dalbenhöhe sind dafür Sonderstahl oder höherwertiger Stahl mit hoher Streckgrenze zu empfehlen.

Anfangs wurden in erster Linie Union-Kasten-Stahlpfähle verwandt. Als Einpfahl-Dalben reicht deren Stärke jedoch nicht. Es sind kräftigere Profile notwendig, die üblicherweise aus Spundwandprofilen zusammengeschweißt werden und somit einen viereckigen oder vieleckigen Querschnitt haben. Außenliegende, von den Spundbohlen herrührende Schösser können nur an der schiffsabgewandten Seite in Kauf genommen werden; erwünscht sind glatte Profile.

Rundpfähle aus gewalzten oder geschweißten Rohren haben sich als Dalben in Binnenhäfen bisher nicht durchgesetzt. Dies dürfte mit dem verhältnismäßig geringen Bedarf, der Unwirtschaftlichkeit von Sonderwalzungen bei kleiner Stückzahl und den Lieferfristen zusammenhängen. Dagegen sind handelsübliche Rohre als leichte Leitpfähle (Köcherpfähle) und als Warnpfähle durchaus zu empfehlen.

Bei den Einpfahl-Dalben kann die Stoß- und Anlegeseite noch durch Laschen und Panzerungen aus gleicher Stahlgüte verstärkt werden. Diese Verstärkungen sollen nicht auf den engeren möglichen Schadenbereich begrenzt werden, sondern sollten von der Hafensohle aus nach oben die wesentlichen Beanspruchungszonen erfassen. Vor allem dürfen an derartigen Verstärkungen eckige Schiffe (Pontonform) beim Anlegen nicht unterhaken, festhaken oder anecken können.

7 Vorteile des Einpfahl-Dalbens aus Stahl

Die Vorteile des Einpfahl-Dalbens sind im Wesentlichen:

- Anpassung des Querschnitts, u.U. noch durch Aufschweißen von Verstärklaschen im Bereich des Maximalmoments an die statischen Erfordernisse. Damit ergeben sich ein geringerer Materialanteil und niedrige Lieferkosten.
- Große Biege- und Torsionssteifigkeit sowie zusätzlicher Schutz durch Stoßpanzerung. Infolgedessen ist eine größere Lebensdauer bei geringeren Unterhaltungskosten zu erwarten.
- Ausreichende Elastizität beim Anfahren, gute Steifigkeit beim Ablegen und somit insgesamt günstige Betriebsbedingungen.
- Geringster Raumbedarf und damit auch weniger Behinderung.

- Schweres Rammgerät; die Rammung gestaltet sich jedoch einfach. Weder ein Einbau von Verbänden noch Passarbeiten auf der Baustelle werden notwendig; dadurch ergeben sich niedrige Einbaukosten.
- Einfache Montage von Pollern und Verstärkungslaschen an zusammengeschweißten Spundwandprofilen (z.B. LV-Pfahl) gegenüber Bündeldalben und Dalben aus Rohren.

8 Einfluss des Wasserstandswechsels

Es besteht ein großer Unterschied, ob Dalben in Hafenanlagen mit nahezu gleich bleibenden oder stark wechselnden Wasserständen eingesetzt werden; entsprechend unterschiedlich ist auch die Entscheidung über ihre Zweckmäßigkeit und Eignung.

Bei keinem oder bei nur geringem Wasserstandswechsel genügen zumeist leichtere Profile mit kürzeren Längen, die sich einfacher rammen lassen, sofern normaler Baugrund ansteht. Wesentliche Vorteile liegen in der Instandhaltung und bei einer evtl. erforderlichen Auswechslung. Das Rammen kann mit örtlich leicht verfügbaren Baubaggern oder Kranen und entsprechendem Rammzusatzgerät von Land oder vom Ponton aus geschehen.

Dalben großer Länge haben nicht nur eine große Masse, sie werden auch viel stärker beansprucht und sind erheblich anfälliger für Schäden. Ihre Ausführung ist im Allgemeinen nur mit schweren Schwimmrammen möglich, die nicht überall und jederzeit schnellverfügbar sind und deren An- und Abtransport wie auch der Aufbau vor Ort schon hohe Vorkosten verursachen.

Abgesehen von dem noch unter Ziffer 9.1 dargelegten erheblichen Verlust an Wasserfläche ist die Überbrückung des Abstands zwischen Ufer und Schiff für das Hafen- und Schiffspersonal schwierig. Bei kurzen Dalben sind leichte Zugangsstege statisch möglich, die jedoch nicht fest mit dem Dalben verbunden sein sollten. An langen Dalben bringen derartige Personalstege insgesamt keine befriedigende Lösung. Sie sind deshalb und auch wegen ihrer Schadenanfälligkeit nicht empfehlenswert.

Zwischen dem kurzen und dem langen Dalben bestehen somit nicht nur Unterschiede hinsichtlich der Statik und der Kosten, sondern auch betriebliche Unterschiede. Aus diesen Gründen ist von Fall zu Fall um so mehr zu überlegen, wie weit freistehende Dalben eine geeignete Lösung darstellen.

9 Standort und Anzahl

9.1 Standort

Die Frage, ob und wo Dalben gerammt werden sollen, hängt im wesentlichen davon ab, welchen Zweck sie zu erfüllen haben. Bei Schutzpfählen für Bauwerke sind besondere Anforderungen an ihre Standsicherheit und ihre Elastizität zu stellen. Der Dalben federt beim Stoß und muss entsprechend seinem Arbeitsvermögen genügend freien Raum haben. Etwaige Auswirkungen von Rammerschütterungen auf das Bauwerk und die freie Rammhöhe sind außerdem zu beachten.

Die Anordnung von Dalben oder Pfählen vor Ufern mit Kranumschlag ist verschiedentlich wegen der möglichen Behinderung des Kranbetriebes, vor allem bei niedrigen Wasserständen, umstritten. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Vorteile für den Schutz der Uferbefestigung und (bei tiefliegender wasserseitiger Kranschiene) der Kranportale beachtlich sind. Die Kranführer haben sich meist schnell an das "Hindernis" gewöhnt und können bei sorgfältiger Arbeitsweise Schäden vermeiden. Dalben sind an Umschlagstellen für solche Massengüter zulässig und zweckmäßig, deren Laden und Löschen mittels Rohrleitungen geschieht (z.B. Mineralöl und Getreide). Außerdem sind sie an Umschlagplätzen mit

hoch liegenden, über das Wasser auskragenden Laufkränen, z.B. beim überdachten Umschlag, dann sinnvoll, wenn die Dalben außerhalb des Arbeitsbereiches dieser Krane gesetzt werden können und Kollisionen ausgeschlossen sind.

An geböschten Ufern müssen die Dalben so weit gegen den Böschungsfuß vorgerückt werden, dass die Schiffe mit voller, auf der anschließenden Wasserstraße zugelassenen Tauchtiefe und zusätzlich mindestens 30 cm Flottwasser anlegen können. Bei Häfen, die am freien Strom liegen, bedingt dies, dass die Dalben im allgemeinen im Knickpunkt zwischen Unterwasserböschung und Hafensohle stehen, damit die gleichmäßig durchgehende Hafentiefe für den gesamten Fahrwasser- und Schifffahrtbereich gewährleistet ist. Es empfiehlt sich, schon bei ihrem Einbau eine etwaige spätere Vertiefung der Hafensohle und die damit verbundene Verlängerung der Unterwasserböschung zu berücksichtigen.

Dalben in geböschten Ufern engen den Schifffahrtbetrieb auf die Grenzen des Niedrigwasserbereichs ein. Die Verbreiterung des Fahrwassers bei höheren Wasserständen ist nur begrenzt nutzbar. Dies ist besonders zu Hochwasserzeiten dann ein Nachteil, wenn viele Schiffe in den Häfen liegen. Die immer noch steigende Zahl unbemannter Schiffe zwingt jedoch für Liegeplätze in geböschten Uferabschnitten mehr und mehr zu Dalbenreihen, sofern nicht überhaupt eine Uferwand anstelle der Böschung notwendig wird.

An gebrochenen Ufern kann der Einbau von Dalben oder Pfählen als Leiteinrichtungen bei höheren Wasserständen zweckmäßig sein. Diese sog. "Leitpfähle" werden entweder fluchtgerecht mit der Spundwand in die Hafensohle eingerammt oder in die Konstruktion des oberen Wandabschlusses einbezogen. Bei der erstgenannten Bauart wirken die Leitpfähle wegen ihrer höheren Belastbarkeit meist auch als Anlege- und Festmachepfähle und erhalten die entsprechenden Festmacheeinrichtungen (vgl. EAU 1990 - E 119 - Ziffer 6.6). Die zweitgenannte Bauart hat reine Leitaufgaben und dient bei wechselnden Wasserständen der sicheren senkrechten und waagerechten Führung der Schiffe im Böschungsbereich oberhalb der Berme. Bei dieser Konstruktion hat sich die Möglichkeit bewährt, eine "Sollbruchstelle" oberhalb der senkrechten Spundwand vorzusehen und die Pfähle auswechselbar einzurichten, z.B. in Form der bereits genannten "Köcherpfähle". Etwaige Beschädigungen beschränken sich dann auf den auswechselbaren Teil und beeinflussen nicht den "Köcher" oder die Spundwandkonstruktion (vgl. Ziffer 4.3).

Die Anordnung von Leitpfählen (z.B. Köcherpfählen) in gebrochenen Ufern ist ebenfalls möglich, wenn anstelle der Spundwand der senkrechte Teil der Uferbefestigung in Massivbauweise ausgeführt wird.

9.2 Dalbengruppen und Dalbenreihen

Zum Anlegen von Güterschiffen sind mindestens 2 Dalben erforderlich, andererseits ist es aber nicht notwendig, dass ein Schiff an mehr als 3 Dalben anliegt und festmacht. Damit ergeben sich Dalbengruppen oder Dalbenreihen. Ihre Anzahl oder die Länge der Dalbenreihen richtet sich nach dem erforderlichen Bedarf an Schiffsliege- und -warteplätzen unter Berücksichtigung des etwa zugelassenen Nebeneinanderliegens von Schiffen in mehreren Breiten.

9.3 Dalbenabstände

Der Abstand der Dalben voneinander muss so gewählt werden, dass auch kleine Güterschiffe an 2 Dalben ordnungsgemäß anliegen. Früher wurde er mit etwa 20 m gewählt und ist heute mit 30 bis 40 m üblich. Die Verbesserung des Liegens und Festmachens an den neueren Dalben, auch das Zunehmen langer Schiffe, ließen die Vergrößerung der Abstände zu. Zu dicht gestellte Dalben sind außerdem eher ein Hindernis für die Schifffahrt sowie für die Wartung und Instandsetzung der Hafenanlagen.

10 Dalben an Ölumschlaganlagen

Für Umschlaganlagen, an denen gefährdende Flüssigkeiten, insbesondere Mineralöle, geladen oder gelöscht werden, genügt als Uferform im allgemeinen die durchgehende Böschung. Zum sicheren Anlegen der Schiffe und zum Schutz der Umschlageinrichtungen sind jedoch Dalben erforderlich, an denen die Fahrzeuge sicher anlegen und so befestigt werden können, dass sie nicht hin- und herlaufen. Damit sollen vor allem gefährliche Zug-, Druck- oder Scherbeanspruchungen der Schlauch- oder Rohrverbindungen zwischen Schiff und Landanlage verhindert werden. Dies kann an Steiger- oder Brückenanlagen ohne die senkrechte Führung der Schiffe an den Dalben nicht erreicht werden.

Dalben werden deshalb auch nach den "Richtlinien für Anforderungen an Anlagen zum Umschlag gefährdender Flüssigkeiten im Bereich von Wasserstraßen, Häfen, Lände- und Umschlagstellen" gefordert.

10.1 Standort und Anzahl

An Ölumschlaganlagen (Steiger) müssen die Dalben wasserseitig zwischen 0,5 und 1,0 m vorgerückt stehen. Bei dieser Festlegung ist jedoch dem Wasserstandswechsel und damit der veränderlichen Lage des Steigers Rechnung zu tragen, damit ein Anfahren der Umschlaganlage durch die an- oder abliegenden Schiffe weitgehend ausgeschlossen ist.

Wegen der unterschiedlichen Größe der Tankschiffe sowie wegen der nicht genau festgelegten Anzahl und Abstände der Anschlüsse für Umschlagleitungen und der Schiffspoller sind zur sicheren Lage der ladenden oder löschenden Fahrzeuge bis zu 4 Dalben vorzusehen. Die Anzahl richtet sich nicht allein nach der Länge der großen Tankschiffe (bis 110 m), sondern vor allem danach, dass die Schiffe in getrennten Laderäumen oft unterschiedliche Stoffe geladen haben und dann das Schiff zum vorderen oder hinteren Leitungsanschluss entsprechend verlegt werden muss. Unter günstigen Umständen können auch 2 oder 3 Dalben zum Festmachen des Tankschiffes genügen. 4 Dalben sind auch bei lebhaftem Schiffsverkehr erforderlich oder wenn sich die Anlage in unruhigem oder strömendem Wasser befindet.

Für das Bestimmen der Dalbenanordnung und -abstände ist zu berücksichtigen, dass Tankschiffe in der Regel mit dem Bug in Richtung Hafenmündung anlegen sollten, um bei Gefahr schnell auslaufen zu können. Bei der Wahl der Abstände ist ferner davon auszugehen, dass sie in erster Linie für die Typschiffe "Johann Welker" und "Europa" geeignet sind, aber auch kleine und größte Tankschiffe noch ausreichend sicher festgelegt werden müssen.

Unter den vorgenannten Gesichtspunkten sind die auf Bild 1 an einem geböschten Ufer ersichtlichen Dalbenabstände und ihre Lage zur Umschlagbrücke zu empfehlen.

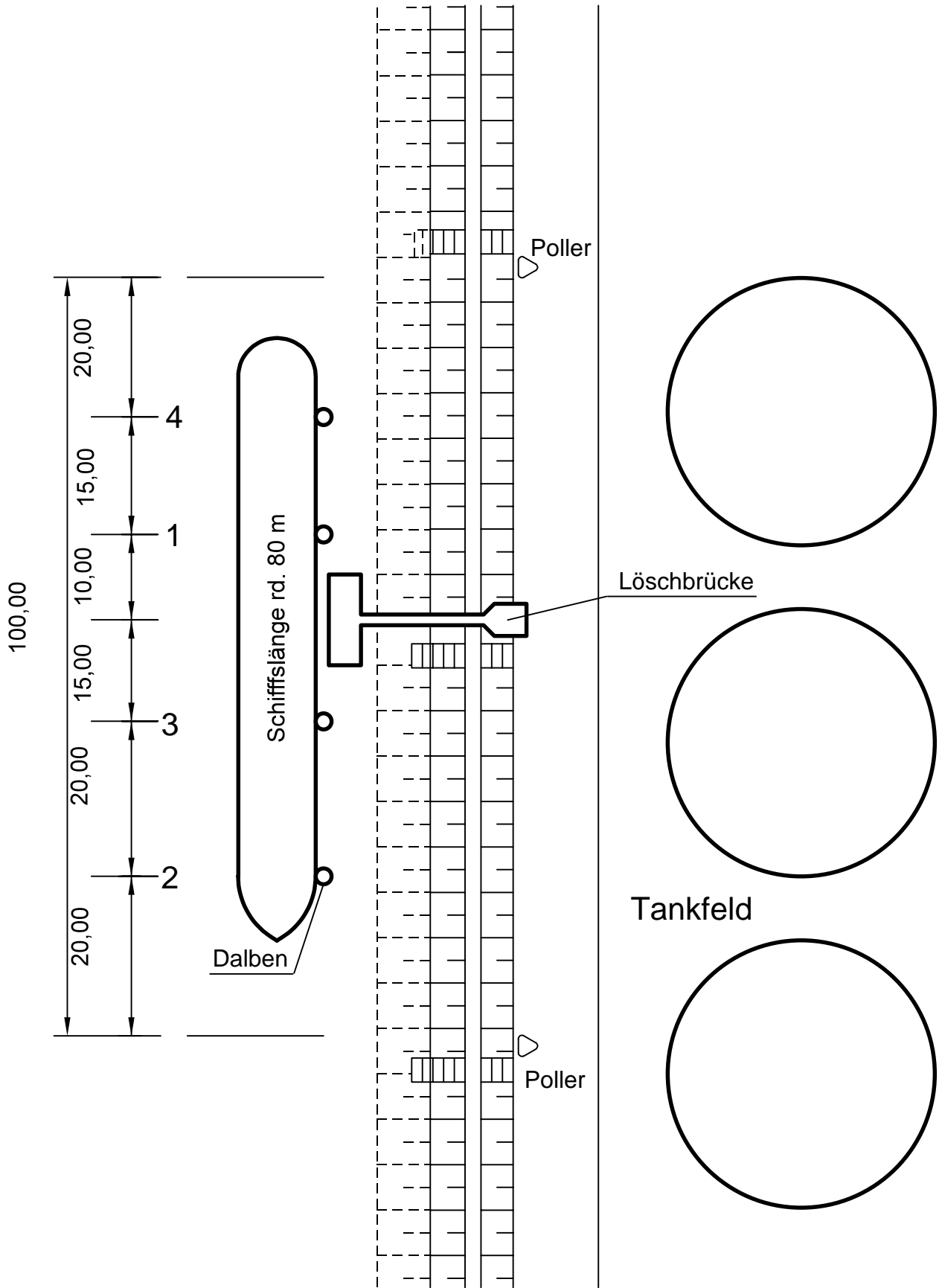
10.2 Reibhölzer

An den Dalben vor Umschlagstellen für Mineralöle und sonstigen gefährdenden flüssigen Stoffen sind vielfach noch Reibhölzer oder auch Gummileisten als Berührungsschutz vorhanden. Die Reibhölzer erweisen sich selbst bei Verwendung ausgesuchter Harthölzer als sehr schadenanfällig. Ihre Haltevorrichtungen - ob aufgeschweißte Laschen, Winkelleisen oder durchgesteckte Bolzen - können vor dem Berühren durch Schiffe nicht ausreichend geschützt werden, weil die Reibhölzer absplittern. Nach einer Beschädigung der Reibhölzer ist es meist nicht möglich, den

beschädigten Dalben zu sperren, da dadurch die ganze Umschlagstelle ausfallen würde. Damit wird eine Berührung zwischen Schiff und Eisen möglich. Schäden treten im Allgemeinen in der Nähe der Wasserlinie auf, werden infolge inzwischen gestiegenen Wasserstandes nicht sofort erkannt und kön-

nen fast nie kurzfristig beseitigt werden. Die Verwendung von Reibhölzern macht den Betrieb also eher noch gefährvoller.

Bild 1 Dalben vor Anlagen zum Umschlag gefährdender flüssiger Stoffe



Reibhölzer sollten deshalb allenfalls nur noch in Häfen mit gleich bleibendem Wasserstand verwendet werden, weil nur dort Überwachung und Instandhaltung ausreichend gewährleistet werden können. Dagegen sind bei stark wechselnden Wasserständen erfahrungsgemäß die Reibhölzer nicht instand zu halten. Aufgrund dieser sehr unbefriedigenden Erfahrungen wird auf sie neuerdings meistens und insbesondere bei Neubauten verzichtet.

10.3 Gummileisten

Fest angebrachte Gummileisten anstelle der Reibhölzer haben sich als noch ungeeigneter erwiesen. Während das Holz nur stück- und lagenweise absplittert oder abgerieben wird, werden bei den Gummileisten längere Abschnitte ganz herausgerissen, weil die Reibung zwischen Gummi und Schiff beim Anlegen zu groß ist und sich eine hohe Reibungswärme entwickeln kann, die wiederum zu einer Gefahrenquelle wird.

10.4 Folgerungen für den Schutz zwischen Tankschiff und Dalben

Die Gefahr einer Funkenbildung beim Anlegen kann in der Praxis mit an den Dalben eingebauten Reibhölzern oder Gummileisten wegen ihrer Schadenanfälligkeit genau so wenig verhindert werden wie ohne diese Zusatzeinrichtungen. Es werden eher zusätzliche Gefahren geschaffen als mehr Sicherheit erreicht. Die großen Mineralölfirmen haben aus diesem Grunde am längsten für ihre Umschlagplätze Holzdalben benutzt. Sie sind inzwischen aber auch davon abgekommen und verwenden Stahldalben. Reibhölzer erscheinen auch deshalb nicht mehr gerechtfertigt, da Tankschiffe allenthalben an Spundwänden, Dalben und Schiffsschleusen anlegen und hier die von der Schiffsbesatzung dazwischen gehaltenen Fender genügen, die laut Schiffsattest bereitzuhalten sind. In gleicher Weise können auch während des Lade- und Löschvorganges Fender zwischen Schiff und Dalben gelegt werden, um die Entwicklung von Reibungswärme auszuschalten.

Es gibt keine Vorschriften, nach denen Dalben mit Reibhölzern ausgerüstet sein sollen. Dagegen müssen auf Schiffen nach dem Schiffsattest eine bestimmte Anzahl Fender vorgehalten werden. Auch die Hafenverordnungen schreiben lediglich vor, dass Fahrzeuge voneinander durch Fender getrennt sein müssen; über die Anlagen der Landseite sagen sie nichts aus.

11 Bemessung der Dalben

11.1 Beanspruchung

Schutzdalben müssen Stoßkräfte vielfach aus nicht oder wenig abgebremster Fahrt aufnehmen, deren Größe kaum bestimmbar ist. Die übrigen Dalben werden in der Regel beim Anlegen der Schiffe durch leichten Stoß, beim Festmachen und Festhalten der Schiffe gegen die Strömung, durch auf die Fahrzeuge wirkenden Winddruck und u.U. auch durch Trossenzug infolge Eisschub beansprucht. Ferner kann eine starke Zugbeanspruchung noch durch den Sog vorbeifahrender Fahrzeuge entstehen.

Für die Berechnung sind üblicherweise nur Stoß- und Trossenzug maßgebend. Beide führen zu Biegungen des Dalbens und Einspannkräften im Boden. Für Stoßkräfte gibt es keine feststehenden Ansätze, da sie von zu vielen Faktoren abhängen, die durch das Anlegen der Schiffe bedingt sind. Mit der Einführung der Stahldalben wurden dagegen für den Trossenzug feste Ansätze berücksichtigt, und zwar zunächst 30 kN, dann erfolgte eine Erhöhung auf 50 kN und seit einigen Jahren 100 kN. In einzelnen, begründeten Fällen, z.B. zum Festmachen von geschlossenen Schubverbänden oder von besonders großen Schiffen in ungünstigen Strömungsbereichen werden auch schon gelegentlich 200 kN Trossen-

zug angesetzt. Dies führt besonders in Bereichen mit hohem Wasserstandswechsel nicht nur zu langen, sondern auch zu sehr schweren Dalben.

11.2 Statisches System und Belastungsansätze

Die Dalbenpfähle sollen in Binnenhäfen nicht starr in den Boden, sondern elastisch eingebunden werden. Für ihre statische Berechnung, die üblicherweise für den Trossenzug am obersten Poller und weiterhin für den Stoß in Höhe NNW durchgeführt wird, ist in erster Linie das Arbeitsvermögen maßgebend. Dieses wurde früher mit 30 kNm gefordert. Besser ist heute jedoch der Ansatz von 70 kNm. Eine weitere Erhöhung auf 100 kNm führt schon zu überaus schweren Konstruktionen. Bei noch höherem Ansatz muss die Frage gestellt werden, ob es nicht wirtschaftlicher ist, ein geringeres Arbeitsvermögen zu belassen und statt dessen besser das Risiko eines Dalbenschadens in Kauf zu nehmen, wenn damit keine besonderen Gefahren verbunden sind. Die Entscheidung hierüber ist nach den örtlichen Verhältnissen zu treffen.

Schutz- (Abweis-) Dalben können, wenn keine Gefahr für das zu schützende Bauwerk entsteht, statisch leichter als Anlegedalben ausgebildet werden. Köcher- und Warnpfähle werden im Regelfall nach Erfahrungswerten, mit geeignetem verfügbarem Material und ohne statische Berechnung gebaut.

Für die Statik von Dalben bestehen noch keine Vorschriften und Empfehlungen. Auch vom "Arbeitsausschuss Uferneimassungen", der sich mit Dalben in Seehäfen schon eingehender befasst hat, ist für Binnenhäfen und Binnenwasserstraßen vorerst keine diesbezügliche Empfehlung in Aussicht gestellt.

11.3 Rammtiefe

Die Rammtiefe ist der erforderlichen Standsicherheit und den Untergrundverhältnissen entsprechend anzupassen. Sie lässt sich berechnen, aber örtliche Rammerfahrungen sind bei ihrer Festlegung zu berücksichtigen. Je nach Untergrund ergeben sich dabei Grenzen nicht nur für Holzdalben, sondern auch für Stahldalben. Die Pfähle sollen nicht starr in den Boden, sondern elastisch eingebunden sein. Mit der Rammtiefe sollte nur so weit gegangen werden, dass die Pfähle auch wieder gezogen werden können und nicht zu tief in bindige Ton- oder Mergelschichten einbinden. Das etwa erforderliche Ziehen darf im Allgemeinen nicht einen größeren Geräte- und Leistungsaufwand erfordern als das vorherige Rammen.

Die Rammtiefe ist deshalb, möglichst unter Auswertung örtlicher Erfahrung mit Rammfählen, nur so groß zu wählen, dass der Dalben seine Aufgabe voll erfüllt. Bei übergroßer Beanspruchung soll er im Untergrund nachgeben und sich dann lediglich schief stellen, ohne dass seine Konstruktion in sich abknickt, damit er keinen größeren Schaden nimmt und nach Ziehen wieder verwendungsfähig bleibt.

Rammen von Dalben mit Spülhilfe ist im Binnenhafenbereich, da es die Bodenverhältnisse im Allgemeinen ohnehin nicht zulassen, nicht üblich. Bei der Ausführung der Rammarbeiten sind Rammprotokolle zu führen und im Hinblick auf etwaige spätere Schaden- und Versicherungsfälle die Dalben genau einzumessen.

11.4 Höhe

Die Dalbenhöhe ist so zu wählen, dass selbst leere Schiffe bei jedem Betriebswasserstand noch gut anlegen können. Bei gleichbleibendem Wasserstand wird 3,50 m darüber empfohlen. In Bereichen wechselnden Wasserstandes ist die Höhe so zu wählen, dass die Dalben, damit sie immer noch erkennbar sind, 1 m über höchstes Hochwasser hinausragen. Während der seltenen Hochwasserzeiten über den höchsten schiffbaren Wasserstand hinaus können bezüglich der Benutzung von Dalben im Allgemeinen

kurzfristige Einschränkungen in Kauf genommen werden. Für die Bemessung nach höchstem schiffbarem Wasserstand ist die große Bordhöhe unbemannter Schubleichter und anderer großer Binnenschiffe mit bis zu 4 m Tauchtiefe zu berücksichtigen und dementsprechend eine Dalbenhöhe von 3,50 m über HSW zu wählen. In diesen angegebenen Höhen sollte auch jeweils der oberste Poller zum Festmachen angeordnet werden (siehe Ziffer 13.2).

12 Abmessungen und Stärke der Einpfahl-Dalben

12.1 Querschnitt

Als Einpfahl-Dalben werden heute üblicherweise zusammenschweißte Konstruktionen aus Spundwandprofilen größter Stärke und in Sonderstahl mit bis zu 16 mm Wanddicke verwendet. Große Wanddicke empfiehlt sich in jedem Fall, gleichgültig, ob es sich um kurze oder lange Dalben handelt. Als Stahlsorte ist mindestens Sonderstahl zweckmäßig, bei langen Dalben dagegen eine noch höherwertigere Stahlsorte mit möglichst hoher Streckgrenze. Nach den bisherigen Erfahrungen kann davon ausgegangen werden, dass derartiges Material den Beanspruchungen durch Schiffsstöße und andere Einwirkungen standhält.

Bei Auftrag und Lieferung von Dalbenpfählen empfiehlt es sich, Gütezeugnisse zu fordern.

Warnpfähle können aus Rohren oder Kastenpfählen sowie zusammenschweißten Spundwandprofilen hergestellt werden. Ihr Querschnitt ist mit mindestens 400 x 400 mm oder Durchmesser 500 mm zu bemessen, ihre Wanddicke soll nicht unter 10 mm betragen.

12.2 Länge und Masse

Bei Dalbenpfahllängen von 24 m - bis zu dieser Länge sind sie am Niederrhein durch den hohen Wasserstandswechsel erforderlich - ergibt sich eine Masse von etwa 9 t. Für solch lange Pfähle und diese Masse gibt es nicht nur geeignete Rammen, sondern auch ihr etwa später notwendiges Ziehen ist möglich, wenn sie nicht allzu tief in bindigem oder sonstigem festen Untergrund eingerammt wurden.

Warnpfähle müssen mindestens 1 m über HHW hinausragen und sind in ihrer Länge von NNW bis zur Spitze hinauf rundum in wechselnden rot-weißen Abschnitten von 1 m Höhe zu streichen.

12.3 Verstärkungen

Verstärkungslaschen können wirtschaftlich zweckmäßig oder zur Abdeckung des Maximalmoments auch erforderlich sein, sind dann aber im Bereich vom Fußpunkt des Pfahls bis mindestens 1,5 m über Hafensohle durchgehend anzubringen und zu verschweißen. Dabei sind alle scharfen Kanten am Dalben zu vermeiden.

13 Ausrüstung der Dalben

13.1 Verbände

Bündeldalben sind mit Verbänden zu versteifen, und zwar im Abstand von 2,00 bis 2,50 m Höhe übereinander, so dass sich bei Dalben mit hohem Wasserstandswechsel von der untersten Einbaumöglichkeit bis oben 5 Verbände ergeben. Diese dienen dann gleichzeitig als Podest für die Festmacheeinrichtung. Die Außenkanten der Verbände dürfen, und dies gilt insbesondere für Ölanlagen, nicht bündig mit der Außenkante der Dalbenpfähle sein; sie sind mindestens 10 cm aus der Flucht zurückzusetzen. Die-

ses sollte nicht nur an der Anlegeseite, sondern an allen Dalbenseiten gelten; lediglich für die Rückseite könnte eine Ausnahme zugelassen werden.

13.2 Festmacheeinrichtungen

An den stählernen Einpfahl-Dalben werden Festmacheeinrichtungen an beiden Querseiten zur Anlegelfläche der Schiffe üblicherweise alle 1,5 bis 1,8 m übereinander angeordnet (siehe "Richtlinien für Anforderungen an Anlagen zum Umschlag gefährdender Flüssigkeiten im Bereich von Wasserstraßen, Häfen, Lände- und Umschlagstellen") und zwar in Form von angeschweißten Pollern, deren Hals nicht unter 100 mm Durchmesser zu wählen ist. Eine andere technische Lösung wird in Ziffer 13.4 behandelt. Ringe sind nicht mehr zu empfehlen, da das Schiffspersonal die zur Befestigung notwendigen Schäkel nicht gern verwendet.

Um die Bauzeit zu verkürzen und die Kosten zu senken, wurden Versuche durchgeführt, die Dalben schon im Werk mit Haltevorrichtungen auszustatten. Die Erprobungen, zumindest bei hohen, schweren Dalben verliefen ungünstig, weil durch die starken Rammschwingungen an den schweren Pfählen die Schweißnähte der angesetzten Poller rissen und sich dadurch nachträgliche Zusatzschweißungen an Ort und Stelle ergaben, die zu erhöhten Kosten führten.

13.3 Reibhölzer

Die Ausführungen zum Thema Reibhölzer und Fender in den Ziffern 10.2, 10.3 und 10.4 gelten ebenfalls für alle anderen Dalben. Die Reparaturanfälligkeit ist in gleicher Weise sehr groß und es werden selbst dort, wo auf gefährliches Gut keine Rücksicht genommen zu werden braucht, durch den nicht vermeidbaren schadhafte Zustand dieser Zusatzeinrichtungen eher zusätzliche Gefahren geschaffen. Der Zustand nahezu aller Reibhölzer zeigt, dass sie an einem Dalben kaum langfristig in Ordnung sind. Oft fehlen die unteren Hölzer, weil sie wegen ungünstigen Wasserstandes bei Erstellung des Dalbens nicht oder nur mangelhaft eingebaut wurden, oder sie sind, zumal sie noch am stärksten beansprucht werden, besonders stark abgerieben. In der Niedrigwasserzone ist eine unbefriedigende Ausführung von vornherein nicht auszuschließen. Die Reparaturmöglichkeiten sind schlecht und die Schadstellen können nicht zeitgerecht erkannt werden, weil sie kurz ober- oder unterhalb der Wasserlinie auftreten und infolge des Wasserstandswechsels oft über längere Zeit nicht zu beseitigen sind. Die Ursachen der Mängel liegen meistens in den Befestigungen (durchgesteckte Bolzen oder Einfassungen mittels Winkelisen), die durch Abrieb oder Zersplittern der Hölzer schnell zu Gefahrenstellen werden. Für die Schifffahrt und auch für den Bestand der Dalben ist es daher wesentlich, dass die Anlegelflächen oder -linien glatt und nicht scharfkantig sind.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich Reibhölzer nicht bewährt haben.

13.4 Stoßpanzerung

Bei den stählernen Einpfahl-Dalben kann die Anlegeseite durch 2 halbrunde Stahlblechschalen in ausreichender Stärke (möglichst 12 mm), besonders im Bereich häufiger Wasserstände, zu einer Stoßpanzerung verstärkt werden. Es ist dann zweckmäßig, die Festmacheeinrichtungen oder Haltepoller nicht an den Querseiten des Dalbens, sondern im Tal zwischen den beiden Panzerungen einzubauen. Damit kann auf jegliche Konstruktionsteile an der Außenfläche des Dalbens verzichtet werden und die Zahl der Poller verringert sich auf die Hälfte. Aber auch hier müssen sie in der Flucht so weit als möglich zurückgesetzt werden.

13.5 Verfüllen

Die hohlen Dalben werden entweder bis zu bestimmten Höhen unverfüllt gelassen oder ganz mit Kies bzw. Sand verfüllt und in einigen Fällen sogar mit Beton ausgegossen. Aus Gründen der Standsicherheit der Dalben besteht kein Anlass zum Verfüllen. Diese Maßnahme kann bei hohen und dementsprechend schweren Dalben sogar erhebliche Nachteile haben, wenn sie wegen Schäden oder aus anderen Gründen wieder beseitigt werden müssen. Durch die Verfüllung sind sie dann so schwer geworden, dass vielfach die verfügbaren Ziehgeräte, allein wegen der Masse des Dalbens, nicht ausreichen. Bei Betonverfüllung scheidet eine Wiederverwendung aus; Kies und Sand sind erfahrungsgemäß so verhärtet, dass der Pfahl u.U. erst nach Jahren, wenn das Füllmaterial brüchig oder locker geworden ist, wieder verwendet werden kann.

Beim Einrammen eines Dalbens bildet sich in dem Hohlquerschnitt durch die Wandreibung zwischen Boden und Stahl sehr bald ein Pfropfen, der mitzieht, so dass schon nach geringer Eindringtiefe das Querprofil vollkommen stumpf gerammt wird. Dieses ist für die heutigen Rammgeräte kein Hindernis, die geforderte Tiefe zu erreichen. Für nicht zu schwere Dalben kann es sich empfehlen, in den etwaigen Hohlraum unter der Hafensohle und darüber hinaus noch bis in Höhe des Mittelwassers eine Kies- oder Sandfüllung einzubringen, um damit in diesem begrenzten Bereich Verbeulungen zu mindern.

13.6 Kopfabdeckung

Die Dalbenköpfe sind durch Deckplatten aus Blech zu verschließen. Außerdem lässt sich bei Bedarf auf einer verstärkten Kopfplatte aus Stahl ein Kopfpoller setzen, wenn dieser als Hilfspoller, z.B. für Dalben im Hochwasserbereich und für kleinere Beanspruchungen, zweckmäßig ist.

13.7 Sonstige Ausrüstungsteile

Die Ausrüstung von Dalben mit Stegen, Leitern oder Treppen ist zu vermeiden, da sie in Bereichen größerer Wasserstandsschwankungen ohnehin nicht befriedigen und auch in Häfen mit keinen oder geringen Wasserstandsschwankungen wegen der Bewegungen der Dalben durch Anfahren nicht ausreichend betriebssicher erhalten werden können. Solche Betriebseinrichtungen sollten unabhängig von den Dalben gebaut werden. Das gleiche gilt für eine eventuell notwendige Beleuchtung.

14 Erfahrungen betrieblicher Art

Die Schiffe, besonders die Tankschiffe, sollen abgebremst an die Dalben anfahren. Die Schiffsführer haben Fahrgeschwindigkeit und Fahrtrichtung darauf abzustellen, dass sie sanft anlegen und nicht die Dalben zum Abfangen des Schiffes benutzen müssen.

14.1 Beanspruchungen

Erfahrungsgemäß unterliegen Dalben sehr starken Beanspruchungen. Selbst bei sorgfältigen Schiffsmanövern ist es infolge nicht genau kalkulierbarer Einflüsse von Wind, Strömung, vorbeifahrenden Schiffen u.a. nicht immer möglich, ein Schiff oder einen Schiffsverband mit der gebotenen Vorsicht anzulegen, so dass es häufiger zu heftigen Anstößen und auch zum Abbremsen mittels Trossenzug kommt. Beschädigungen von Dalben allgemein, vor allem an hohen Dalben, sind deshalb erfahrungsgemäß nicht auszuschließen.

14.2 Einengung des Fahrwassers

An geböschten Ufern wird der Standort der Dalben meist dem niedrigsten Wasserstand entsprechend gewählt und dadurch die Fahrwasserbreite nachhaltig verringert.

Dieser Standort der Dalben bringt in Häfen mit stark wechselndem Wasserstand Schwierigkeiten für die Verbindung zwischen Schiff und Land wegen des großen Abstands zwischen Dalben und begehbarer Böschung oder Treppe. Dadurch ist es beim Liegen des Schiffes an Dalben vielfach nicht möglich, einen Landsteg auszulegen. Das Personal ist dann gezwungen, mit Flieger oder Boot überzusetzen.

14.3 Schifffahrtsbetrieb und Form der Schiffe

In Anbetracht der länger und breiter gewordenen Fahrzeuge und der zunehmenden Fahrzeugverbände soll in Häfen für die erforderlichen Schiffsmanöver eine möglichst große Wasserfläche zur Verfügung stehen. Man sollte diese möglichst nicht durch Dalben einschränken.

Besonders bei Umschlaganlagen für gefährdende Stoffe dürfen Dalben nicht die Bewegungsmöglichkeiten der Tankschiffe, vor allem nicht für den Fluchtfall, behindern.

Die eckige Form der Schiffe, insbesondere der Schubleichter und Pontonschiffe, führt vermehrt zu Schäden an Dalben, weil die Gefahr von frontalen Anstößen groß ist. Aus diesem Grund sind stärkere Dalbenkonstruktionen erforderlich.

14.4 Ersatzlösung für Dalben

Dalben bleiben trotz aller Berechnungen, trotz der Berücksichtigung eines größeren Arbeitsvermögens und eines erhöhten Trossenzugs sowie trotz verbesserter konstruktiver Ausbildung empfindliche Einrichtungen. Deshalb ist ihre Notwendigkeit in jedem Fall mit besonderer Sorgfalt zu prüfen. Dieses sollte dann, auch hinsichtlich der richtigen Wahl ihres Standortes, erneut geschehen, wenn abgängige oder zerstörte Dalben ersetzt werden müssen.

Der Instandsetzungsaufwand an Dalben ist größer als an Spundwänden und ihre Lebensdauer ist geringer. Überall, wo eine zusätzliche Einengung des bestehenden Fahrwassers nachteilig erscheint, sollte von einer Dalbenerstellung abgesehen werden. Es sind dann besser Spundwände vorzuziehen. Dalben sollten unter Inkaufnahme des Risikos größerer Schadenanfälligkeit nur dort gerammt werden, wo Spundwand oder Kaimauer aus wirtschaftlichen Gründen nicht zu verwirklichen sind. Weiter empfiehlt es sich zu prüfen, ob anstelle von Dalbenreihen der Schifffahrt mit einem kürzeren Spundwandabschnitt nicht besser gedient wäre.

15 Schäden

15.1 Art der Schäden

Die hölzernen Bockdalben wurden im Laufe der Zeit meistens durch Anfahren der vom Schiff berührten Pfähle abgeknickt oder deren Holz wurde zersplittert. An der Außenseite der Stahldalben sind häufig zahlreiche, kleine Beulen festzustellen. Bei älteren Bündeldalben zeigen sich an den Schweißnähten der Pfähle Mängel; an den Dalbenverbänden sind erhebliche Korrosionsschäden festzustellen. Wesentlicher sind aber Schäden an den fahrwasserseitigen Pfählen in der Niedrigwasserzone viel benutzter Dalben, wo neben starker Korrosion, Haarrisse, z.T. größere Risse und auch Löcher, selbst größeren Umfangs mit eckigem Umriss, auf der Anlegeseite festgestellt werden. Die Blechstärke ist meist erheblich verringert, ganz im Gegensatz zu Spundwänden, wo diese Erscheinung nur in Sonderfällen zu beo-

bachten ist. Vergleiche an gezogenen Dalben zeigen auch, wie sehr der Zustand des Stahls von Benutzung und Beanspruchung abhängt.

Die Knickstelle angeknickter Dalben liegt meistens etwas unter der Hafensohle. An abgebrochenen Dalben wurde indes festgestellt, dass die Bruchstelle meistens nicht an der statisch höchstbeanspruchten Stelle, wie beim Knicken kurz unter der Hafensohle, sondern etwas über der Hafensohle liegt. Die Dalbenreste konnten dann aus sehr fest gelagertem Untergrund in der Regel nicht gezogen, sondern nur durch Aufgraben entfernt werden. Dort, wo Baggerarbeiten oder spätere Vertiefungen notwendig werden können, ist ein Stehenlassen von Pfahlstümpfen nicht anzuraten, selbst wenn die über die Hafensohle hinausragenden Teile abgeschnitten werden.

15.2 Schadenursache

Beulen an Stahldalben werden überwiegend von Ankern verursacht, die am Schiffsbug vorstehen.

Viele Schäden an Dalbenverbänden sind aber auch auf vorstehende Kanten zurückzuführen. Selbst wenn die Verbände bündig eingebaut sind, bewirkt schon ein leichtes Verziehen und Verwinden der gesamten Bündeldalbenkonstruktion, dass Kanten aus der Dalbenfläche herausragen.

Die Mängel an Dalben im Niedrigwasserbereich, soweit es sich um Materialzerstörung handelt, sind anscheinend auf Materialsprödigkeit und -ermüdung infolge Verformungsarbeit zurückzuführen. Hinzu kommt, wie Nachmessungen ergeben haben, ein gewisser Materialverschleiß. Hier zeigt sich außerdem der schon geschilderte Nachteil der Bündeldalben, nämlich, dass sie gerade im Bereich der Niedrigwasserlinie, wo stärkste dynamische Beanspruchungen auftreten, keine Verbände haben.

Eine weitere Ursache mag darin liegen, dass früher für Dalbenpfähle gelegentlich Thomasstahl und vielfach die Stahlsorten St 37 und St 45 verwandt wurden, die in zahlreichen Fällen für die auftretenden Beanspruchungen hinsichtlich ihrer Materialgüte nicht ausreichen.

Wenn in Häfen mit etwa gleichbleibendem Wasserstand die aufgezeigten Schäden seltener festzustellen sind, so liegt das an der verhältnismäßig geringen Höhe der Dalben.

Insgesamt gesehen werden die Schäden an Dalben in erster Linie durch die Schiffe verursacht. Bei alten Bündeldalben aus Stahl sind aber auch eine gewisse Abnutzung und Materialermüdung nicht auszuschließen.

Meistens ist die unmittelbare Ursache von Schäden an Dalben das zu harte Anfahren durch ein Schiff oder einen Schiffsverband. Dieses kann auf ein Fehlverhalten des Schiffspersonals, wie z.B. Nichtbeachten ungünstiger nautischer Verhältnisse, oder auf die in Ziffer 14.3 angeführte zu eckige Schiffsform zurückzuführen sein. Die Abnutzung oder Materialsprödigkeit durch Überschreiten der Lebensdauer ist nur dann (mit-)ursächlich für Entstehung und Umfang des Schadens, wenn der Dalben zum Anlegen und Festmachen (Ziffer 5.3) zwar bemessen, aber nachweislich dieser Verkehrsanforderung nicht mehr gewachsen ist. Hinsichtlich der Verantwortung für entstandene Schäden wird auf den Haftungsausschluss hingewiesen, wie er z.B. in den Hafenbenutzungsbedingungen (ABB) niedergelegt ist.

Wegen der Schäden ist es umso wichtiger, dass die Dalben auf ihre ganze Länge nahezu gleich stark und unempfindlich sind. Damit bietet sich die Form der schweren Einpfahl-Dalben als geeignetste Lösung an.

15.3 Schadenbehebung

Da die meisten Schäden kurz oberhalb der Niedrigwasserlinie eintreten, sind sie durch den behindernden Wasserstandswechsel oft nicht kurzfristig zu beseitigen. Die Schadenbehebung erfordert auch deshalb noch einen größeren Zeitaufwand, weil nicht mehrere Arbeitskräfte gleichzeitig wirksam eingesetzt werden können.

Schiefgefahrne Bündeldalben lassen sich im Allgemeinen nicht wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückbringen; auch die Verbände sind vielfach durch Verziehen abgängig und nicht erneut verwendbar. Die Beanspruchung nach Stärke und Häufigkeit ist im Allgemeinen auf den in der Hauptanfahrriichtung stehenden Pfahl konzentriert. Im Schadenfall ist dieser Einzelpfahl nur schwierig allein auszuwechseln. Aus diesen Gründen kommt bei Bündeldalben meist auch nur eine neue Rammung, in günstigen Fällen unter teilweiser Wiederverwendung des vorhandenen Materials, in Frage. Wenn Pfahlenden mittels Schweißverbindung und Laschen gestoßen werden müssen, so sollte der Stoß einsehbar, d.h. oberhalb NW angeordnet werden. Zum Ziehen von alten Dalbenpfählen kann es notwendig sein, sie vorher an Schwachstellen gegen Abreißen zu verstärken.

Ist die erneute Rammung an der alten Stelle nicht zu umgehen, so müsste nach der Auflockerung des Untergrundes notfalls eine größere Rammtiefe und eine stärkere Konstruktion gewählt werden.

Ein Versuch, einen 4-pfähligen Dalben, dessen Niedrigwasserzone durch Schaden und Materialmängel lediglich an der Wasserseite der beiden Anlegepfähle nicht mehr genügte, durch einen vorgerammten Zwischenpfahl zu verstärken, führte nicht zu dauerhaftem Erfolg.

15.4 Verwendung beschädigter Dalben

Die Kontrolle von leicht schiefgefahrenen oder leicht abgeknickten Dalben unter Wasser und im Boden ist selbst bei Einsatz von erfahrenen Tauchern schwierig und führt oft nicht zu eindeutigen Ergebnissen. Ein solcher Dalben kann u.U., wenn nur der Boden nachgegeben hat und selbst wenn er leicht angeknickt ist, noch ausreichend standsicher sein. Um dies zu überprüfen, empfiehlt es sich, mit einem kleinen Boot oder besser noch mit einem Schleppboot, leichte Anfahrversuche bei Niedrigwasser zu unternehmen. Aus den dabei entstehenden Dalbenbewegungen und -vibrationen lassen sich, im Vergleich mit intakten Nachbardalben, Rückschlüsse auf noch vorhandene Stabilität ziehen.

Es ist zu empfehlen, einen Dalben nur dann zu erneuern, wenn er eindeutig seine Aufgaben nicht mehr erfüllen kann oder für die Schifffahrt ein Hindernis bzw. eine Gefahr bildet, d.h. wenn er den Anforderungen der Verkehrssicherungspflicht nicht mehr genügt. Ein neuer Dalben, der im Allgemeinen wegen der entsprechenden Auflockerung des Untergrundes nicht an gleicher Stelle gerammt werden kann, bietet nicht unbedingt die Gewähr größeren Nutzens und selbst nicht längerer Lebensdauer.

Ein solcherart schiefstehender Dalben hat jedoch eindeutig eine Wertminderung erfahren. Der Verursacher ist hierfür nach den gesetzlichen Bestimmungen schadenersatzpflichtig. Muss der Dalben gezogen werden, bestimmt sich die Höhe des Schadens grundsätzlich nach den Wiederherstellungskosten. Wird der Dalben nicht erneuert, bestimmt sich die Höhe des Schadens nach der Wertminderung, die die Anlage erfahren hat. Hierüber kommt es im Allgemeinen zu Streitigkeiten. Es empfiehlt sich, über die Höhe des Schadens außergerichtlich eine Einigung zu erzielen, beispielsweise durch Erstattung der Kosten der Beschaffung eines Ersatzdalbens, der dann bis auf weiteres in Vorrat genommen wird.

16 Schlussbemerkungen

Dalben sind und bleiben erfahrungsgemäß trotz aller Berechnungen, erhöhtem Ansatz ihres Arbeitsvermögens sowie verbesserter konstruktiver Ausbildung empfindliche Bauwerke und Einrichtungen; sie können nicht schadensicher gebaut werden. Die Schiffe nehmen bei zu hartem Anprall meist weniger Schaden als die Dalben. Deshalb sollten die Anforderungen hinsichtlich Standsicherheit und Steifigkeit auch nicht übertrieben werden. Der Dalben muss aber so gebaut sein, dass im Falle seiner Beschädigung keine schwerwiegenden Unfälle entstehen.

Dalben können auch leicht zum Hindernis für die Schifffahrt werden. Das Fahrverhalten seines Schiffes, gerade beim Anlegen, hat der Schiffsführer infolge ungünstiger Einflüsse nicht immer mit letzter Genauigkeit in der Hand. Daher sind Dalben in strömendem Wasser besonders problematisch.

Es wird deshalb empfohlen, die Notwendigkeit von Dalben vor ihrer Planung und Errichtung sehr kritisch zu prüfen, im Schadenfall die Prüfung zu wiederholen und außerdem die Anzahl von Dalben auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Verabschiedet in Braunschweig am 13. März 1975

1. Änderung in Frankfurt am 20. März 1979

2. Änderung in Karlsruhe am 25. Oktober 1984

Ergänzung und redaktionelle Überarbeitung am 10. März 1989

Ergänzung im April 1996