

Erfahrungen mit Deichschlußverfahren beim Seedeichbau

Von Fritz-Ferdinand Zitscher

Summary

The experience in final gap closing of sea dikes at the North Sea Coast of Germany increased during the last six years. Especially the final gap closing by deep sill method operating by special ships and the use of plastic material mattresses was more developed. By that it was possible to construct a bottom protection against a water velocity of about 5 m/sec.

1. Einleitung

Bis in die Zeit vor dem 2. Weltkrieg sind an der deutschen Nordseeküste ausschließlich Bedeichungen durchgeführt worden, die zum Ziele hatten, neue Köge bzw. Polder als landwirtschaftliche Nutzfläche zu gewinnen. Vorangegangen waren diesen Maßnahmen stets umfangreiche Landgewinnungsarbeiten, und es galt als Maßstab, möglichst nur solche Flächen einzudeichen, die natürlich entwässern konnten.

In unserer Zeit sind nur noch wenige Vorhaben mit der früheren Zielsetzung, der Bedeichung landwirtschaftlich nutzbarer Flächen, vergleichbar. Das letzte Projekt dieser Art an der schleswig-holsteinischen Westküste ist die Bedeichung des Friedrich-Wilhelm-Lübke-Kooges (Abb. 1), die 1954 vor sich ging. Ganz andere Aufgaben stehen bei den danach verwirklichten Vorhaben im Vordergrund, nämlich die Verkürzung der Deichlinie und das Herstellen von Speicherbecken zur Steuerung des Hochwasserabflusses aus den küstennahen Gebieten (1, 2). So entstand 1958/59 in Nordfriesland der Hauke-Haien-Koog. Anlaß für diese Bedeichung war allein das Ziel, für das 82 000 ha große Einzugsgebiet der Soholmer und Lecker Au mündungsnahe Speicherbecken herzustellen (3). Von dem rund 1200 ha großen Bedeichungsgebiet entfallen 700 ha auf die Speicherflächen während als „Nebenprodukt“ der landwärts gelegene Teil landwirtschaftlich erschlossen worden ist.

Bei dieser Maßnahme wurde erstmals das früher geltende Grundprinzip verlassen, den zu bauenden Seedeich mit seiner Basis möglichst nicht tiefer als etwa 0,50 m unter MThw verlaufen zu lassen. Galt es doch, möglichst tief liegende Speicherflächen in die Bedeichung mit einzubeziehen.

2. Vordeichung zur Verkürzung der Küstenlinie

Als größtes Vorhaben dieser Art befinden sich die Arbeiten in der Meldorfer Bucht in der Ausführung. Veranlassung für diese Maßnahme sind die unzulängliche Wehrhaftigkeit der vorhandenen Seedeiche an der inneren Meldorfer Bucht und die mangelhafte Entwässerung der hinter den Deichen und im Geestrandgebiet liegenden Niederungen.



Abb. 1. Westküste Schleswig-Holsteins mit dem Verlauf der ehemaligen Deichlinie und ihrer Verkürzung durch den „Generalplan“

2.1. Ein Mehrzweckvorhaben

Kernstück des Projektes ist der Bau eines 14,8 km langen Seedeiches durch das Watt, etwa 2 bis 3 km vor der heutigen Seedeichlinie (Abb. 1). Diese Lösung hat folgende besonderen Vorzüge:

- a) Verkürzung der vorhandenen Seedeichlinie in der inneren Meldorfer Bucht von 30,6 auf 14,8 km und dadurch Senkung des Risikos von Deichschäden bei Sturmflut sowie der Unterhaltungskosten.
- b) Schaffung von insgesamt rund 5 Millionen m³ Wasser fassender Speicherbecken in den tief liegenden Gebieten des neuen Kooges, die groß genug sind, um das aus dem Binnenland zufließende Wasser auch bei ungewöhnlich lang andauernden erhöhten Außenwasserständen aufzunehmen, ohne daß Überschwemmungen im Einzugsgebiet auftreten. Damit Einsparungen der sonst notwendigen Kosten für den Bau und Betrieb von Schöpfwerken.
- c) Zusammenfassen der bisherigen sechs Entwässerungsschleusen in den Deichen zu zwei neuen Schleusen; dadurch Konzentration des Spülstromes und leichteres Offenhalten der Außenpriele.
- d) Als willkommener Nebeneffekt winterfeste Bedeichung von rund 600 ha Sommerkoogsländereien und Neueindeichung von rund 1600 ha landwirtschaftlich nutzbarer Vorlandflächen, wodurch eine Strukturverbesserung der Landwirtschaft dieses Raumes möglich wird. Außerdem werden 1470 ha sandiges Watt von geringem Nutzwert und 1130 ha bleibende Wasserflächen eingedeicht.

2.2. Der Bau des Seedeiches

Mit dem Bau des südlichen Abschnittes des neuen Seedeiches vom Auguste-Viktoria-Koog bis zum Helmsander Damm ist 1969 begonnen worden (Abb. 2). Diese Deichbauarbeiten sind im Jahre 1972 abgeschlossen worden. Der Zeitpunkt der Fortführung der Arbeiten nördlich des Helmsander Dammes läßt sich noch nicht angeben.

Mitentscheidend für das Durchdämmen der verhältnismäßig tiefen Meeresgebiete ist die Entwicklung modernster Maschinen. Für den Erdbau und zur Beförderung großer Sandmassen hat sich der Einsatz von Schneidkopfsaugbaggern bewährt (5). Die an der Küste vorhandenen Sand- und Meeresböden sind jedoch sehr unterschiedlich in ihrer Qualität, die als Baumaterial für den Körper des Seedeiches brauchbareren befinden sich meist tiefer als 20 m unter dem Meeresboden. Deshalb sind Saugbagger entwickelt worden, die mit Unterwasserpumpen bis zu 35 m Wassertiefe arbeiten und zusätzliche Druckwasserdüsen zum Lösen des Materials besitzen.

Der Kern des Seedeiches aus Sandboden wird durch eine Schicht aus 1 m tonhaltigem Boden bedeckt, und die Oberfläche wird durch Rasensoden gesichert (6).

2.3. Probleme des Deichschlusses

Am Beispiel der Bedeichung der südlichen Meldorfer Bucht zeigt sich, welche umfassenden Vorkehrungen getroffen werden müssen, um diesen bisher größten Deichschluß im Wattbereich zu vollziehen.

Nach Abwägung aller Vor- und Nachteile ist die Methode des Aufbaus einer Steinschwelle mittels Wasser- und Landfahrzeugen gewählt worden. Dieses Verfahren gliedert sich in zwei Phasen, nämlich:

- a. Der Aufbau einer Unterwasserschwelle durch Schiffe und



Abb. 2. Weit vor der Küstenlinie, durch tiefes Wasser, entsteht der neue Deich im südlichen Teil der Meldorfer Bucht. Zwischen Leitdämmen wird Spülboden eingebracht

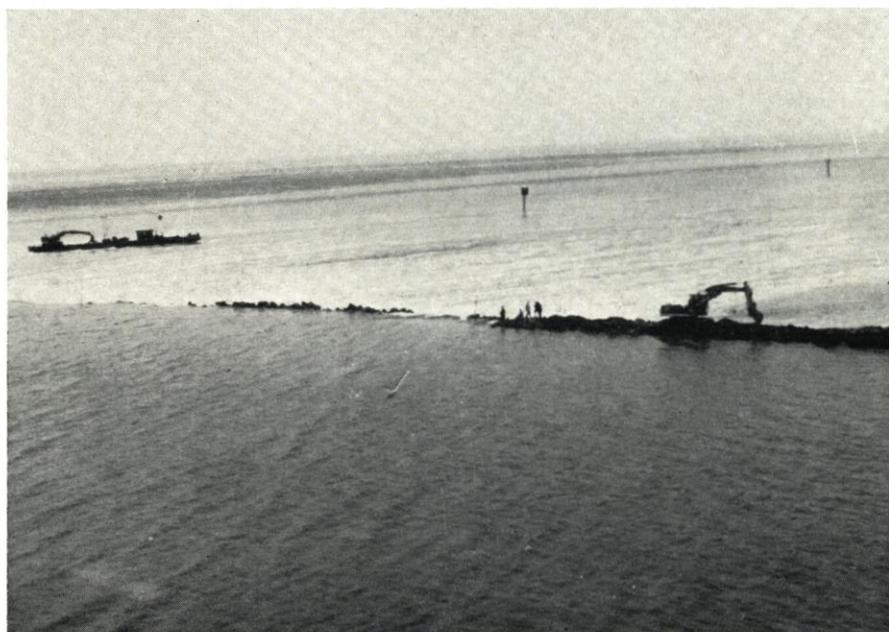


Abb. 3. Die kritische Phase des Deichschlusses ist erreicht. Der Steindamm wird durch die letzte Lücke vorgetrieben, und zwar durch Seetransporte und auf der Dammkrone

b. die Herstellung eines Steindammes, der von beiden Seiten her durch den Einsatz von Großraumkippern (Abb. 3) bewältigt wird.

Als erstes muß die Sohle gegen die spülende Kraft des in der Deichlücke schnell fließenden Wassers gesichert werden. Dies ist stets dann notwendig, wenn der anstehende Boden gegenüber den auftretenden Wassergeschwindigkeiten erosionsgefährdet ist. Bei der Durchführung dieses Verfahrens kommt es darauf an, folgende Punkte zu beachten:

1. Die gesamte Deichschlußlücke so zu bemessen, daß entweder der anstehende Boden durch die Wassergeschwindigkeit nicht erodiert wird bzw. eine Sohlsicherung anzubringen, die Auswaschungen verhindert.
2. Die Sohlsicherung hinsichtlich ihres Gewichts, der Stabilität ihrer Filterfunktion sowie bezüglich ihrer Ausmaße so zu bemessen, daß die über die Steinschwelle stürzenden Wassermassen mit Sicherheit eine Bodenerosion nicht herbeiführen können.
3. Die Steinschwelle durch Schiffe gleichmäßig aufzuschütten, um zu verhindern, daß sich durch etwaige Senken eine gebündelte Strömung schnell fließenden Wassers bildet.
4. Das Wachsen der Höhe der Steinschwelle zeitlich so abzuwickeln, daß die kritischen Höhenlage, in der die max. Wassergeschwindigkeiten durch das Ausbilden eines unvollkommenen Überfalls auftreten, möglichst schnell durchfahren wird.
5. Die Herstellung des Steindammes durch Landfahrzeuge von beiden Seiten her so zu bewirken, daß diese letzte Phase des Schließvorganges sich so kurz wie möglich gestaltet. Hierbei treten bekanntlich durch die horizontale Einschnürung die höchstmöglichen Fließgeschwindigkeiten des Wassers auf.

Die Deichschlußöffnung war mit einer Breite von 450 m auf NN + 2,0 m und von 350 m auf NN - 2,0 m geplant. Die Sohle ist durch Sinkstücke gesichert worden, die im Bereich der Deichschlußöffnung eine Breite von 58 m erhalten haben. Beim Deichschluß sind nacheinander mehrere horizontale Schichten von Steinen eingebaut worden. Die Sohlsicherung besteht aus Sinkstücken, deren Hauptbestandteil ein Gewebe aus Polypropylenfäden ist (10). Darauf liegt eine Geröllschicht mit folgenden Steinschichten:

| Lage | Steingewicht (kg) | Geschwindigkeit (m/s) |
|-----------------|-------------------|-----------------------|
| bis NN - 1,20 m | 30/200 | 2,50 |
| bis NN - 0,40 m | 80/400 | 4,50 |
| bis NN + 0,50 m | 80/400 | 4,40 |
| bis NN + 2,00 m | 30/200 | bis 0 abklingend |

Die Steingewichte ergeben sich aus den Strömungsgeschwindigkeiten des über die Steinschwelle fließenden Wassers. Sie sind durch Modellversuche ermittelt worden.

Das vorbeschriebene Verfahren ist an der deutschen Küste erstmals angewendet worden und hat insofern außerordentlich interessante Aufschlüsse über die Praktiken dieser Deichschlußmethode gegeben, als das Verfahren in einem ersten Versuch fehlschlug (Abb. 3). Die oben erwähnten Kriterien waren alle beachtet worden, dennoch trug das Zusammenwirken unvorhersehbarer Faktoren dazu bei, daß das Bauwerk in der kritischen Phase des Schwellenaufbaues durch Erosionskräfte zerstört wurde. Ein in dieser Phase des Deichschlusses unvorhersehbar einsetzender höherer Wasserstand erzeugte dann in dieser Senke der Schwelle eine so hohe Geschwindigkeit, daß die Sohlsicherung an ihrem Ende unterhöhlt wurde und eine rückschreitende Erosion eintrat.

Der Verbau durch eine Steinschwelle birgt diese Gefahr grundsätzlich in sich (11). Sofern es gelingt, die Filterregeln für durchströmte Sinkstücke besser zu erfassen, wird das Risiko entsprechend gesenkt werden können (12, 13, 14).

Das Verfahren für den endgültigen Deichschluß ähnelt dem ursprünglichen sehr weitgehend. Es wurden nämlich erneut Sinkstücke abgesenkt, und zwar von Spezial-

pontons aus, und es erwies sich hierbei als notwendig, die Sinkstücke in der üblichen bewährten Weise durch Faschinenbündel schwimmfähig zu machen bzw. sie auszusteifen. Die Beschwerung dieser Sinkstücke geschah durch eine 150 kg schwere Schicht aus Geröll, während das Einzelsteingewicht des hierauf aufzubauenden Steindammes bis zu 600 kg betrug. Die Wassergeschwindigkeit erreichte während der Verbauzeit der Lücke Werte bis zu etwa 5,0 m/sec, so daß es deshalb nötig war, Senksteine mit so hohen Einzelgewichten auszuwählen.

3. Abdämmung von Flußmündungen

Durch das mündungsnah Abdämmen von Flußmündungen läßt sich die Seedeichlinie in großem Maße verkürzen. Dies wird am Beispiel der Eidermündung besonders deutlich (Abb. 1). Das im Damm errichtete Sperrwerk wird einen wesentlichen Beitrag leisten, um die seit dem Bau der ersten Abdämmung (1936) eingetretenen Entwässerungsschwierigkeiten des 2000 km² großen Gebietes zu beheben (4).

3.1. Die Abhängigkeit der Wasserwirtschaft

Die Eider ist der größte Fluß Schleswig-Holsteins. Ursprünglich waren die weiten Eiderniederungen unbedeicht, und der Einfluß von Ebbe und Flut reichte weit ins Land hinein. Große Niederungsflächen wurden bei Sturmfluten überflutet. Das verhinderte zwar eine beständige Nutzung dieser Flächen, jedoch ergaben sich hieraus bei jeder Überflutung Ablagerungen von Ton, die in weiten Gebieten zu fruchtbarem Land an Stelle der Moorflächen führte.

Schließlich wurde aber damit begonnen, diese Niederungsflächen gegen den Zugriff der Sturmfluten zu sichern. Als erstes wurde die Treene bei Friedrichstadt im Jahre 1570 gegen den Tideeinfluß bedeicht. Hierdurch wurde jedoch ein bedeutender Flutsperrraum ausgeschaltet.

Der wohl tiefgreifendste Eingriff in die hydrographischen Verhältnisse des Eidergebietes war die Erbauung des Nord-Ostsee-Kanals von 1887 bis 1895. Insgesamt werden der Eider rund 120 000 ha Einzugsfläche entzogen. Hierdurch wurde der Sturmflutsperrraum weiter erheblich verkleinert. Die Folge war ein höheres Auflaufen der Sturmfluten, wodurch die Bewohner an der Eider gezwungen wurden, ihre Deiche zu erhöhen. Dies wurde jedoch schließlich wegen der tiefen Moorschichten, die das Gewicht der Deiche nicht tragen konnten, unmöglich, so daß die 1936 fertiggestellte erste Eiderabdämmung bei Nordfeld den endgültigen Hochwasserschutz sicherstellte.

3.1.1. Die Versandung der Außeneider und ihre Folgen

Die anfangs günstige Entwicklung der Wasserwirtschaft seit der Abdämmung der Eider schlug durch eine bis dahin verborgen gebliebene Kraft langsam und unaufhaltsam in das Gegenteil um.

Mit Ausführung der Abdämmung bei Nordfeld wurde der abgedämmte Teil der Eider dem Gezeiteneinfluß entzogen. Hierdurch wurde die Tidewassermenge um 12 Millionen m³ verkleinert. Die Tidewelle veränderte sich dergestalt, daß das Tideniedrigwasser

auf NN -1,59 m absank und das Tidehochwasser auf NN + 1,65 m anstieg. Vorher lagen diese Wasserstände an der Abdämmstelle etwa bei NN - 1,00 m bzw. NN + 1,25 m. Durch die Veränderung der Tidewelle erfuhr der Ebbstrom gegenüber dem Flutstrom eine beachtliche Geschwindigkeitsabschwächung, so daß der vom Flutstrom von den Nordseewatten her mitgeführte Sand sich im inneren Mündungsschlauch der Eider abgelagerte und vom schwächeren Ebbstrom nicht mehr zurückgetragen wurde. So hat sich von 1936 bis heute eine Sandmenge von mehr als 40 Millionen m³ in der Tideeider von der See her bis zur Abdämmung abgelagert (9).

3.1.2. Die künstliche Spülung der Tideeider

Das Problem der Versandung der Außeneider war nicht allein dadurch gelöst, indem man die Entwässerung im Eidergebiet auf Schöpfbetrieb durch Pumpwerke umstellte. Durch die Versandung wurden ja auch die anderen, außerhalb des Eiderverbandes, unterhalb von Nordfeld an der Tideeider, gelegenen Niederungsgebiete betroffen. Es handelt sich hierbei um Teile der Marschen in Norderdithmarschen und Eiderstedt sowie um das Gebiet der Treene (Abb. 4).

Durch die Einführung eines künstlichen Spülbetriebes mit der Sielanlage in Nordfeld ist es immerhin gelungen, die Abflußquerschnitte im Bereich von Nordfeld bis Friedrichstadt soweit auszuräumen, daß den Umständen nach einigermaßen ausreichend entwässert werden kann.

Dem künstlichen Spülbetrieb liegt der Gedanke zugrunde, die Kraft des Ebbstromes dadurch zu verstärken, daß in den Zeiten geringeren Oberwasserabflusses durch Zusatz von Spülwasser aus der abgedämmten Eider der Strom so verstärkt wird, daß er ausreicht, die mit dem Flutstrom eingewanderten Sandmassen wieder seewärts zu transportieren.

3.2. Die mündungsnahe Abdämmung

Im Rahmen des „Generalplans“ (1) wird die 4,8 km breite Mündung der Eider abgedämmt. Auch dieses Vorhaben ist 1972 fertiggestellt worden (7). Das Verfahren zum Schließen des Dammes ist ausführlich beschrieben worden (8).

3.2.1. Zusammenwirken von Sperrwerk und Speichern

Das Abflußgeschehen in der Eider bis zur bisherigen Abdämmung bei Nordfeld sowie der Treene bis zu ihrer Mündung bei Friedrichstadt wird in bedeutender Weise unterstützt durch Speichervorgänge. Hierfür stehen in der Binneneider nicht nur die Räume zwischen den Deichen zur Verfügung, sondern es sind kleinere Seen vorhanden, und im übrigen trägt der Grabenraum der weit ausgedehnten Niederungen zum Speichern bzw. Rückhalten von Niederschlagswasser bei. Die Verhältnisse in der Treene sind im Vergleich zur Binneneider vor allem wegen des Verhältnisses Geest und Niederung im Niederschlagsgebiet ganz anders gelagert.

Trotz der genannten natürlichen Speicherräume und der künstlich geschaffenen, ist es in beiden Flußsystemen nicht möglich gewesen, Hochwasserspitzen schadlos abzuführen. In der Binneneider geschah eine Bewältigung solcher Spitzen durch Abschalten der Schöpfwerke, während im Treeneraum die Nutzflächen unmittelbar überschwemmen.

zeichnet wird, werden zukünftig Meßwerte zum Eidersperrwerk gemeldet, wodurch die Steuerung erfolgt. Inwieweit für das Sperrwerk alle verfügbaren Tiden ausgenutzt werden müssen, um die Außenvorflut offenzuhalten oder eine bestimmte Anzahl für das Leerhalten des Speichers „Tideeider“ bereitgehalten werden können, wird der Betrieb innerhalb der ersten Monate aufzeigen. Eine entsprechende Überwachung und Auswertung der Geschehnisse ist sichergestellt.

4. Schluß

Die durch den Generalplan der Landesregierung Schleswig-Holstein ins Leben gerufenen Maßnahmen zur Verkürzung der Deichlinien an der Nordseeküste haben die Problematik des Schließens von Deichlücken gegenüber früheren Verfahren wesentlich geändert. Dies liegt vor allem daran, daß wesentlich größere Wassermassen abgeriegelt werden müssen und dadurch tiefer liegende Meeresgebiete zu durchdämmen sind.

Die im einzelnen entwickelten Techniken unterscheiden sich wesentlich, ob es sich um einen Deichschluß handelt oder ob Wasserströme umzuleiten sind. Für die eine ist die südliche Meldorfer Bucht ein Beispiel, während die Eiderabdämmung ein Muster des anderen Falles darstellt.

Aus beiden Maßnahmen konnten wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit von Deichschlußverfahren gewonnen werden. Dabei sind jeweils Modelluntersuchungen herangezogen worden, um die hydraulischen Vorgänge während der kritischen Phasen des Verbaus zu studieren. Es sind nicht nur umfassende Erfahrungen mit dem Einsatz von Großgeräten gewonnen, sondern auch Sinkstück-Bauweisen erprobt worden, um den Meeresboden im Bereich des Deichschlusses vor Erosion zu schützen. Beides ist geeignet, um weitere Projekte des Generalplanes sowohl in der Planung als auch in der Ausführung zu unterstützen.

Schrifttum

1. SUHR, H.: Generalplan Deichverstärkung, Deichverkürzung und Küstenschutz in Schleswig-Holstein vom 20. 12. 1963. Wasser und Boden 16 (1964), 8, S. 249-254.
2. PETERSEN, P.: Vordeichung Meldorfer Bucht - Stand der Bauarbeiten. Bauwirtschaftliche Informationen Nr. 11/1972, Ausgabe A.
3. LEBHERZ, D.: Hochwasserentlastung Bongsiel an der schleswig-holsteinischen Westküste. Wasser und Boden 8/1964.
4. ENGEL, H.: Über die Landgewinnung im Wattengebiet, Mitt. d. Franzius-Inst., H. 22, 1963, S. 4-85.
5. BRÖSKAMP, K.-H.: Naßbaggerei und Bodentechnik, Mitt. des Franzius-Instituts, H. 25, 1965, S. 127-146.
6. WOHLBERG, E.: Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage. Die Küste (13), 1965, S. 73-102.
7. PETERSEN, M.: Der Eiderdamm Hundeknöll-Vollerwiek als Folge künstlicher Eingriffe in den Wasserhaushalt eines Tideflusses. Materialsammlung der Agrarsozialen Gesellschaft e. V., H. 62, 1967, S. 158-173.
8. CORDES, F.: Eiderdamm - Hundeknöll-Vollerwiek. Sonderdruck aus: Die Bautechnik, H. 11 + 12/1970, 9, 10 + 11/1971, 7 + 8/1972.
9. o. V.: Gutachten über die Vorschläge zur Behebung der Schwierigkeiten in der Eider. Küstenausschuß Nord- und Ostsee, Gutachtergruppe Eider (12), 1964, S. 30-61.
10. ZITSCHER, F. F.: Kunststoffe für den Wasserbau, Heft 125 der Schriftenreihe Bauingenieur-Praxis, Verlag W. Ernst & Sohn, Berlin 1971.

11. BRETH, H., und KLÜBER, T.: Die Standsicherheit durchströmter Steinschüttdämme, Wasserwirtschaft 63 (1963), H. 3, S. 71-83.
12. o. V.: De voorbereidingen en het sluitingsschema voor de afsluiting van het Brouwershavense Gat. Driemaandelijks Bericht, Nr. 55, Febr. 1971, S. 227-233, Deltawerken, Den Haag.
13. FRANKE, E., und MANZKE, D.: Zwei interessante Beispiele von den Erdbauaufgaben am Elbe-Seitenkanal, Mitteilungsheft 30 der Bundesanstalt für Wasserbau.
14. BATEREAU, C., und LATTERMANN, E.: Über die Anwendung von Kunststoffen beim Bau kleiner Erdstaudämme, Wasserwirtschaft und Wassertechnik 23 (1973), H. 2, S. 51-53.
15. TERZAGHI: Bodenmechanik in der Baupraxis, S. 534-547.