

Albert Brahms und die Orkanflut von 1717

Von Günter Luck und Hanz Dieter Niemeyer

Inhalt

1. Vorbemerkung	205
2. Einführung	206
3. Der Deichbaumeister	206
4. Ingenieur-Hydrographie	208
4.1 Wasserstandsmessungen	208
4.2 Sturmzeitenklassifikation	210
4.3 Seegangsbeobachtungen	211
5. Deichbau	213
5.1 Funktionelle Gestaltung	213
5.2 Deichbau und Deichunterhaltung	215
6. Optimierung und Nutzen-Kosten-Analyse	216
7. Schlußbemerkung	220
8. Schriftenverzeichnis	221

1. Vorbemerkung

Seit der Orkanflut vom 17. Februar 1962 ist es üblich geworden, daß die deutschen Küstenländer die in einem solchen Zusammenhang gewonnenen Einsichten durch „Ingenieurkommissionen“ berichtsmäßig zusammentragen und beurteilen lassen. Diese Berichte, in welchen das Sturmflutereignis dokumentiert ist und die eingetretenen Schäden in Ursache und Wirkung gedeutet sowie Folgerungen für den Insel- und Küstenschutz gezogen sind, werden dann durch Veröffentlichung der fachlichen Diskussion zugänglich gemacht. Sie sind auch häufig Grundlage von Empfehlungen für die funktionelle und konstruktive Gestaltung von Küstenschutzwerken, für die Katastrophenabwehr und den Sturmflutwarndienst. So geschah es nach den Orkanfluten von 1962, 1973 und 1976.

Eine in Aufbau und Aussage vergleichbare Arbeit wurde nach der Orkanflut von 1717 durch den damaligen Deich- und Sielrichter der Sandumer Sprengel (Jeverland), Albert BRAHMS (1692 bis 1758), geleistet. Die Auswertung der 1717 und im Zuge der Deichwiederherstellung gewonnenen Erfahrungen sowie sein in diesem Zusammenhang erarbeitetes Wissen faßte er schließlich zusammen in seinem 1754/57 erschienenen Werk „Anfangs-Gründe der Deich- und Wasser-Baukunst“, das wohl als erstes Fachbuch des Küsteningenieurwesens bezeichnet werden kann. Die in ihm gegebenen Deutungen des Naturgeschehens sowie die die Beobachtungen stützenden theoretischen Erwägungen waren damals richtungweisend und haben an Aktualität seither nichts eingebüßt. Albert BRAHMS hat hierdurch den wissenschaftlichen Rang des Küsteningenieurwesens begründet.

LÜDERS (1958) hat anläßlich des 200. Todestages das Lebensbild von Albert BRAHMS gezeichnet und die Frage gestellt: „War dieser BRAHMS mit seinem Wissen seiner Zeit um 200 Jahre voraus, oder sind wir Heutigen in den verflossenen 200 Jahren nicht recht weitergekommen?“ In der Tat, es gibt kein Problem des modernen Küsteningenieurwesens, mit welchem sich BRAHMS nicht schon befaßt und zu welchem er sich nicht geäußert hätte, wobei es erst heute oftmals gelingt, seine Auffassungen durch den Einsatz neuartiger Geräte und Verfahren voll zu bestätigen bzw. abzuschließen.

Es ist nicht verwunderlich, daß in unserer schnellebigen Zeit, deren wichtigstes Instrumentarium in den klimatisierten Sälen der Rechenzentren zu finden ist, das Werk von Albert BRAHMS zwar nicht vergessen ist, aber nur noch selten seine gebührende Würdigung erfährt. In Abwandlung des LESSING'schen Aphorismus' auf KLOPSTOCK kann auch von BRAHMS gesagt werden: „Wer wird nicht einen BRAHMS loben, doch wer wird ihn lesen? Er will nicht gelobt, er will gelesen sein!“

Sinn dieser Arbeit ist es daher, das Werk von Albert BRAHMS erneut in Erinnerung zu bringen und durch einige Beispiele sowie unter Verwendung wörtlicher Zitate seine Auffassung mit späteren – verfahrensmäßig oder inhaltlich gleichartigen – Untersuchungen zu vergleichen. Die „Modernität“ seines Werkes kann nicht besser verdeutlicht werden.

2. Einführung

In der Weihnachtsnacht 1717 wurde die Nordseeküste durch die bis dahin schwerste bekannte Orkanflut heimgesucht. Von der Zuidersee bis zur Tonderner Marsch brachen die Deiche, und die in ihrem Schutz liegenden Niederungsgebiete wurden überflutet. Allein in Ostfriesland waren 2752 Menschenleben zu beklagen, und 930 Häuser fielen der zerstörenden Kraft des Wassers zum Opfer. Ungeheure Verwüstungen hinterlassend, hatte die Orkanflut das landeskulturelle Generationenwerk der damaligen Küstenbewohner vernichtet. Die Wiederherstellung der Küstenschutzwerke lief tatsächlich auf einen völligen Neuaufbau hinaus. Große Ausdeichungen mit Rückverlagerung der Deiche waren an vielen Stellen der Küste erforderlich, um die gewünschte Landessicherheit in kurzer Zeit wieder gewährleisten zu können. Die organisatorische und finanzielle Leistungsfähigkeit der Küstenbewohner wurde in den folgenden Jahren bis an die äußerste Grenze des Tragbaren beansprucht. Der damals 25jährige Albert BRAHMS verbrachte diese Weihnachtsnacht mit seiner jungen Frau und dem eben erst geborenen Kinde in der Unwirtlichkeit des Dachbodens seines Bauernhauses, das in der Nähe der Ortschaft Sande am westlichen Jadebusen gelegen war. Der Sorge um die Familie folgte diejenige um deren wirtschaftliche Existenz, denn sein ganzes Land war überflutet worden und auf längere Zeit verdorben, und auch an seinem beweglichen Vermögen erlitt er großen Schaden (LÜDERS, 1958).

Für Albert BRAHMS waren diese Ereignisse das Schlüsselerlebnis für seinen weiteren Lebensweg. Er folgerte: „Kein Deich, kein Land, kein Leben“ und widmete sich tatkräftig der schnellen und ausreichenden Wiederherstellung der in der Weihnachtsnacht zerstörten Deiche. Bereits 1718 wurde er zum Deich- und Sielrichter der Sandumer Sprengel bestellt und verblieb in diesem Amte bis 1752. Erst danach entschloß er sich, seine großen Erfahrungen und sein theoretisches Wissen schriftlich niederzulegen. Bereits 1754 konnte er dann den 1. Teil seines Werkes „*Anfangs-Gründe der Deich- und Wasser-Baukunst*“ veröffentlichen. Der 2. Teil erschien 1757. Es war ihm nicht vergönnt, auch den 3. Teil noch fertigzustellen. Am 3. August 1758 – im 66. Lebensjahr – nahm Albert BRAHMS Abschied von dieser Welt und von seinem Werk.

3. Der Deichbaumeister

Albert BRAHMS hat erstmals das Berufsbild des Küsteningenieurs gezeichnet, wie er seinen „Deichbaumeister“ heute wohl nennen würde. Er forderte, das Erfahrungswissen des Küsteningenieurwesens nicht allein auf subjektive Einsichten zu gründen, sondern es zunehmend auf wissenschaftliche Grundlagen zu stellen (Vorrede, T. I):

„Es ist also gar nicht zu verwundern, wann man in denen historischen Nachrichten aus denen älteren Zeiten so viele Einbrüche und Ueberschwemmungen, Untergang und Verlust vieler schöner Länder antrifft; der Mangel benötigter Erfahrung, die schlechte Regiments-Verfassung, und Uneinigkeiten, die Nachlässigkeit im Observiren, experimentiren, und annotiren, und endlich der Mangel benötigter Wissenschaften der damaligen Zeiten sind Schuld daran, daß es mit dem Deichbau nicht weiter kommen, als es gekommen ist.“

Hieran anschließend entwickelte er den Gedanken, daß die Deichbaukunst eine eigenständige Wissenschaft mit einer ihr eigenen Problematik sei. Insofern hat BRAHMS den heute allgemein anerkannten wissenschaftlichen Rang des Küsteningenieurwesens begründet (Vorrede, T. I):

„Dieses mag allhier genug seyn, um zu zeigen, daß die Deich-Bau-Kunst eben so wol, als die Civil- und Militair-Bau-Kunst auf gewisse untrügliche Grund-Sätze, und die eben so wol in regelmässiger Ordnung gebracht werden können, als jene, beruhe.“

BRAHMS entwirft sogar ein umfangreiches Curriculum des Küsteningenieurwesens, das in vielen Bereichen immer noch dem Lehrstoff des heutigen Grundlagenstudiums entspricht (§§ 5-7):

„Arithmetic, practische Geometrie, Trigonometrie, Mechanic, Static, Hydrostatic, Hydraulic, Analysis, höhere Geometrie, Infinitesimal-Rechnung.“

Neben dieser eingehenden Beschäftigung mit den Grundlagen empfiehlt er ergänzend dazu (§ 7):

„Observationes und Experimente mit Verstand und Judicio anzustellen.“

um zu

„denen theoretischen und practischen Wissenschaften eines geschickten Deich-Bau-Meisters“

zu gelangen (Überschrift 2. Kapitel). In der gegenseitigen Durchdringung von Theorie und der durch Naturbeobachtung gewonnenen Erfahrung sieht BRAHMS somit die unerläßliche Grundlage erfolgreicher Tätigkeit im Küsteningenieurwesen. Dieser heute beinahe trivial erscheinende Gedanke war seinen Zeitgenossen sicherlich nicht selbstverständlich. Für die Ingenieurausbildung folgert er weiter (§ 8):

„Wenn nun einer durch obige Wissenschaften einen guten Grund geleet, so will die Nothdurft erfordern, daß er sich auch zur würrklichen Ausübung und Praxi habil und geschickt mache, denn da die Werke der Kunst durchgängig einer solchen Natur und Eigenschaft sind, daß eine Fertigkeit durch die würrkliche Uebung entstehet, so muß einer auch ebenfalls allhier diesen Weg gewisser massen einschlagen. Zu dem Ende ist nöthig, daß er sich alles und jedes, was zum würrklichen Deichbau gehöret, wohl bekant mache, dabey sich nicht schäme zu lernen, was er noch nicht weiß, und vor allen Dingen sich für närrischen Hochmuth und Einbildung hüte, die angelegten Werke in unterschiedlichen Ländern und Provinzen in Augenschein nehme, alle und jede Umstände wohl remarquire, und sich deren erkundige, und also durch diesen Weg um so viel gewisser und sicherer dasjenige, was practicabel, nöthig, sicher, gut und nützlich; von demjenigen, was impracticabel, untauglich, mangelhaft, überflüssig, unsicher, gefährlich, oder zu kostbar und beschwerlich, zu unterscheiden und zu beurtheilen lerne; welches alles ohne sonderbare Mühe alsdann leichte geschehen kann, in so ferne durch obige Wissenschaften dazu ein guter Grund geleet worden.“

Nur in einer Beziehung hat sich Albert BRAHMS beim Berufsbild seines „Küsteningenieurs“ nicht festgelegt, nämlich bei der Wahl eines „angemessenen“ Titels (Zusatz T. I, Art. I, Anmerkung):

„Durch den Deich-Baumeister wird allhier diejenige Person verstanden dem das Directorium und Ober-Aufsicht aufs Deichwesen zu führen anvertrauet ist, von welchem mit Recht gefordert werden kan, daß er eine hinlängliche Wissenschaft, Einsicht und Erfahrung in allen dahin gehörigen Sachen haben müsse; übrigens thut nichts zur Sache, was für ein Character oder Titel demselben beygeleet worden, nur daß behörige Achtung und Pouvoir dadurch erhalten werde.“

Wegen der vielleicht willkürlich erscheinenden, zunächst verbalen Gleichsetzung des Deichbaues im Sinne von BRAHMS und des modernen Küsteningenieurwesens seien bereits hier einige grundsätzliche Bemerkungen eingefügt. Der Deichbaumeister des späten Mittelalters und der frühen Neuzeit war in seiner Tätigkeit nicht auf den eigentlichen Deichbau beschränkt. In seiner Obhut lagen auch der Sielbau und damit die Entwässerung und als Folge davon auch die landeskulturelle Erschließung des geschützten Landes. Gelegentlich mögen auch Forderungen des Hafenaufbaues von ihm erfüllt worden sein, wenn sich auch der Verkehrs- wasserbau damals noch auf niedriger Entwicklungsstufe befand. Da die Deichbaumeister sich neben rein handwerklichen Tätigkeiten aber auch mit Fragen etwa der Wasserstände, des Wellenauflaufes und insbesondere des Bodens als Baustoff und Basis der Deiche zu befassen hatten, ist es nicht abwegig, ihre Tätigkeiten in den großen Rahmen des Küsteningenieurwesens derzeitigen Verständnisses einzufügen.

Durch die Wahl seines Buchtittels, in welchem BRAHMS den Deich- und Wasserbau ausdrücklich als „Kunst“ apostrophiert, geht er in seinen Forderungen an das Können des Ingenieurs weit über das alltägliche hinaus. Kunst verlangt Prädestination, den schöpferischen Menschen. Theoretisches Wissen oder praktische Erfahrung vor Ort allein befähigen noch nicht zur schöpferischen Gestaltung. Erst das dem erfolgreichen Wasserbauingenieur eigentümliche und in Theorie und Praxis geschulte „Fingerspitzengefühl“ befähigen ihn zu der im Sinne von „Wasserbau-Kunst“ geforderten Leistung.

Die Auffassung von BRAHMS hinsichtlich der Einheit von Theorie und Praxis verdient auch deshalb besonders hervorgehoben zu werden, weil das derzeitige Küsteningenieurwesen zunehmend in „Theoretiker“ und „Praktiker“ zu zerfallen scheint. Seine Mahnung, die Praxis habe auf der Theorie aufzubauen und die Theorie finde ihren tieferen Sinn erst in der praktischen Anwendung, bedarf keiner Ergänzung.

4. Ingenieur-Hydrographie

Albert BRAHMS hat neben seinen theoretischen Erwägungen das Naturgeschehen eingehend beobachtet und auch zu messen versucht. Trotz einiger quantitativer Unzulänglichkeiten, die sich aus apparativen Gründen erklären, sind seine Meinungen besonders wegen der angewandten Verfahren bemerkenswert.

4.1 Wasserstandsmessungen

BRAHMS hatte zu Wasserstandsmessungen bereits einen Grenzwert-Pegel konstruiert (§ 98), der gegen den Seegang gedämpft war und das „Äquilibrium“ aufzeichnete. Mittels eines herausziehbaren, benähten Pfahles hat BRAHMS das Tidehochwasser mit einer Genauigkeit von 1 Zoll \approx 2,5 cm feststellen können (Abb. 1). Hierdurch sind die Scheitelwerte einiger Sturmtiden überliefert, deren höchste die Weihnachtsflut 1717 war. Sie erreichte eine Höhe über der „ordinairen täglichen Fluth“ von 12 Fuß und 4 Zoll (etwa 3,87 m). Gerade diese Angaben von BRAHMS haben entscheidend dazu beigetragen, für das Jadegebiet den Nachweis zu führen, daß der Anstieg der Orkanflutsscheitel im Verlauf der Jahrhunderte der säkularen Entwicklung des mittleren Tidehochwassers parallel verlaufen ist (LÜDERS, 1971).

BRAHMS stellte damals bereits die Forderung nach einem dichten Pegelnetz entlang der Küste, um Klarheit über die jeweils örtlich auftretenden Sturmtidewasserstände zu gewinnen (Zusatz T. I, Art. IV):

„Von denen unumgänglich notwendigen Observationen, die beym Deich- und Wasserbau nicht aus der acht zu lassen sind.

Der Deich-Baumeister besorget, daß alle 2 bis 3 Meilen ohngefehr nachdem es nöthig erachtet wird Fluth-Mässer oder solche Maschinen, womit zu jederzeit die eigentliche oder wahre Höhe derer Sturm-Fluthen nach dem Aequilibrio oder ebenen und stillem Wasser gerechnet, accurat abgemessen werden können,...

Weiterhin hat BRAHMS den Wasserstandsverlauf fortlaufend gemessen und so erstmals eine Tide für einen Ort im Jadebusen aufzeichnen können (§ 96, s. auch Abb. 2).

THW - PEGEL
nach Albert Brahms (1754)

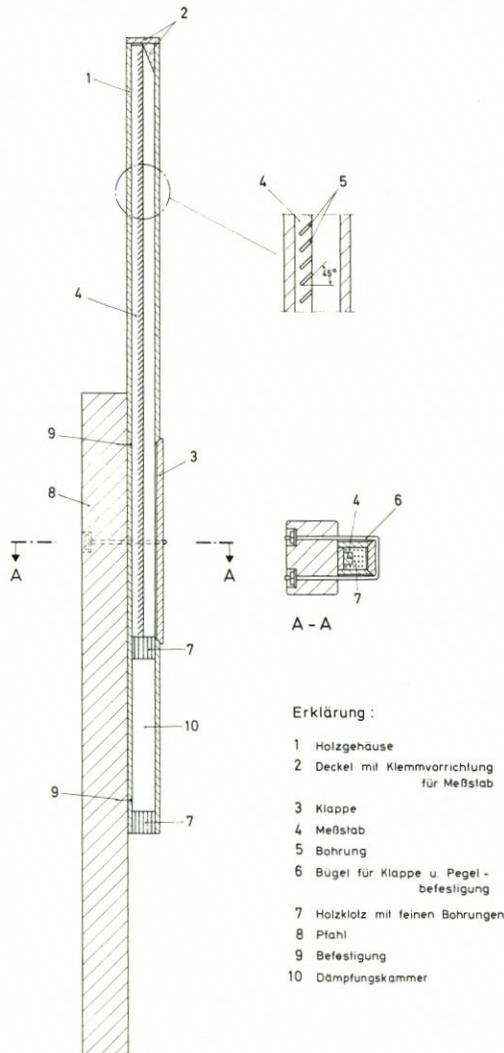


Abb.: 1.

TIDEKURVE AN DER JADE

nach Aufzeichnungen von Albert Brahms (1754)

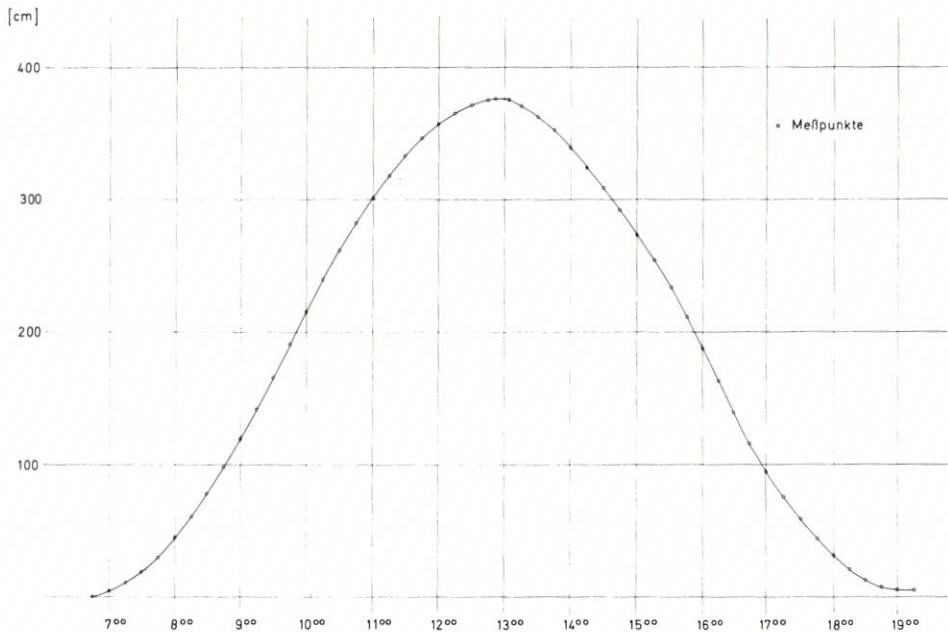


Abb.: 2.

4.2 Sturmtidenklassifikation

Albert BRAHMS hat seine Wasserstandsmessungen langfristig ausgewertet und aus ihnen erstmals eine Sturmtidenklassifikation entwickelt. Er teilte die Sturm- oder See-Fluthen, wie er sie nannte, in folgende Höhenstufen ein (§ 100):

„Es versteht sich aber auch zugleich von selbst, daß sothane Deiche sufficient und stark genug seyn müssen, nicht nur geringe und mittelmäßige, sondern hauptsächlich auch grosse und totale Fluthen zu widerstehen. Durch geringe Fluthen werden diejenigen verstanden, die etwa nur 6, 7, 8 bis 9, durch mittelmäßige die 9, 10, bis 11, und durch grosse und totale diejenige, die 11, 12 bis 13 reinländische Fuß nach dem Aequilibrio gerechnet, über der ordinären täglichen Fluth steigen: denn eben diese sind es, die Land und Leuten so zu sagen den Hals brechen, unwiederbringlichen Schaden, Untergang und Verderben anrichten; unter welchen letztern die grosse Fluth vom 25. Dec. 1717 billig mit gerechnet werden muß (§ 48. fqq.). Die ersten kommen öfters, die andern seltener, und die letztern am allerseltensten; indessen ist man doch niemals davor sicher, und können entstehen, ehe man sich versiehet.“

LÜDERS (1975) hat die Höhenangaben von BRAHMS auf metrische Maße umgerechnet und ebenfalls den Bezug zum MThw hergestellt. Hieraus ergeben sich folgende Grenzen:

„geringe Fluthen“: $\text{Thw} < \text{MThw} + 1,09 \text{ m}$

„mittelmäßige Fluthen“: $\text{MThw} + 1,09 \text{ m} \leq \text{Thw} < \text{MThw} + 1,72 \text{ m}$

„große Fluthen“: $\text{MThw} + 1,72 \text{ m} \leq \text{Thw} < \text{MThw} + 2,35 \text{ m}$

„totale Fluthen“: $\text{MThw} + 2,35 \text{ m} \leq \text{Thw}$

Ergänzend zu der Höheneinteilung der Sturmtiden hat BRAHMS auch eine Häufigkeitseinteilung vorgenommen (§ 182):

„1) Das Wasser steigt in der Höhe in der ordinären täglichen Flut, alle höhere, oder etwas niedrigere mit eingerechnet, jährlich über 700 mal, und unter solcher ordinären Fluts-Höhe kan nichts wachsen oder grünen, daß den Grund decken und schützen könnte, also müssen die Ufern allwo es nöthig ist, bis auf dieser Höhe mit erforderliche Ufer-Baue versehen seyn, welches allhier die Steine verrichten.

2) Zu 1 bis 2 Fuß hoch über der täglichen Flut, steigt es so oft nicht, jährlich kaum 100 mal. Diese Höhe wächst schon dichte und grün aus. Es versteht sich aber leicht, daß diese unter obigen 700 und etlichen mit begriffen sind.

3) Von 2 bis 3 Fuß kömmts Jahr aus, Jahr ein, durcheinander gerechnet, keine 40 mal; diese sind unter eben gedachten 100 mitgerechnet.

4) Von 3 bis 4 Fuß nicht über 20 mal.

5) Von 4 bis 5 Fuß kaum 10 mal.

6) Von 5 bis 6 Fuß keine 5 mal.

7) Von 6 bis 7 Fuß selten 2 mal.

8) Von 7 bis 8 Fuß höchstens 1 mal.

9) Von 8 bis 9 Fuß, alle 2 bis 3 Jahr ein mal.

10) Von 9 bis 10 Fuß, etwa ums 5te Jahr ein mal; und

11) Von 10 bis 11 Fuß, kaum alle 10 Jahre ein mal. Dieses alles nach ebenen oder stillem Wasser gerechnet.“

BRAHMS stellte hiermit nicht nur eine rein „akademische“ Betrachtung an, sondern folgte aus seinen Beobachtungen für den praktischen Deichbau (§ 35):

„Denn obwol die kleinern Fluthen, so den Fuß des Deichs nur ein wenig übersteigen, und etwa nicht über die halbe Höhe des Deichs steigen, eben keine so grosse Gewalt haben, als wenn sie höher und der Kappe näher kommen, so ist doch aber auch gewiß, daß jene desto öfterer sich einstellen, und den niedrigen Theil des Deichs nicht so feste und dichte sich verbinden lassen, als den obern Theil: ...“

Der Versuch einer Sturmtidenklassifikation ist in der Vergangenheit mehrfach und zuletzt von LÜDERS (1975) unternommen worden, wobei sich letzterer stark den Werten von BRAHMS nähert. Diese Versuche haben in den Fachkreisen erstaunlicherweise selten Verständnis oder Widerhall gefunden. Das muß um so mehr überraschen, als schon BRAHMS erkannte, daß die funktionelle Gestaltung der Außenböschung der Deiche wesentlich an den Eintrittshöhen und -häufigkeiten der Tidehochwasserstände zu orientieren ist. Das heute allein gebräuchliche Häufigkeitsverfahren zur Sturmtidenklassifikation steht in nur geringem innerem Bezug sowohl zu den erzeugenden Kräften als auch zu den Beanspruchungsbereichen der Küstenschutzwerke.

4.3 Seegangsbeobachtungen

Die meßtechnischen Voraussetzungen, mit welchen BRAHMS sein Wissen um den Ablauf des Naturgeschehens zu bereichern suchte, zogen ihm damals – im 18. Jahrhundert – recht enge Grenzen. Um so mehr widmete er sich der Beobachtung der für die Sicherheit der Küste bedeutsamen Vorgänge. Das gilt insbesondere für die Zusammenhänge zwischen Seegang, Brandung, Wellenauflauf und Deichgestaltung. Lediglich durch Beobachtung und logische Überlegung kam er hier zu ersten Ergebnissen, die im großen und ganzen noch heute gültig sind. Für ihn kann somit nicht gelten, was GÖHREN (1974) über die Generationen von Küsteningenieuren sagte, die nach dem Tode von BRAHMS die Küstenforschung prägten: „Wir verfügen in der Küstenforschung seit rund 100 Jahren über den Tidepegel, ein Meßgerät, welches die Gezeitenschwingung und Windstauwellen einwandfrei aufzeichnet. Erst seit rund 10 Jahren sind wir in der Lage, mit erträglichem Aufwand und genügender Genauigkeit den Seegang zu messen. Dieses Ungleichgewicht hat die Arbeit – ja sogar das Denken – in der

Küstenforschung bis tief hinein in die Gegenwart geprägt. Es bedurfte unter anderem der Sturmfluten mit ihren schweren Seegangsschäden an den Seedeichen und sonstigen Küstenschutzwerken, um zu erkennen, welche Bedeutung die Seegangsforschung hat. Man kann – um ein Beispiel zu nennen – eine Deichhöhe nicht zuverlässig bemessen, wenn man nicht weiß, welche Wellenhöhen vor dem Deich auftreten. Und das weiß man – leider – heute immer noch nicht bzw. nicht genügend genau.“

Albert BRAHMS hat versucht, anhand der örtlichen Randbedingungen die möglichen Wellenhöhen vor dem Deich abzuschätzen. Er erkannte bald, daß die maximal mögliche Wellenhöhe im Flachwasser eine Funktion der örtlichen Wassertiefe ist und mit ihr steigt oder fällt. Damit nähert er sich bereits einer Betrachtungsweise, die sich in den rund 200 Jahren später entwickelten Brecherkriterien für den Flachwasserbereich wiederfindet (§ 71):

„Wie hoch aber bey allerley Wasser-Tiefen solche Wasser-Wellen eigentlich gehen können, ist wol nicht leicht zu determiniren möglich; nimt man folgende Umstände an: 1) daß das Wasser einen geraumen freyen Lauf habe, und vom Winde recht bewegt und getrieben werden könne, und 2) die Wellen entweder völlig oder beynabe perpendicular aufstossen, so wird es bey gleicher Stärke des Windes wenig differiren, oder es erheben sich die Wasser-Wellen in ratione, wie die Radices Quadratae der Wasser-Höhen: das ist, wann auf einer Wasser-Tiefe von 16 Fuß die Wellen sich 4 Fuß hoch erheben, so werden auf einer Tiefe von $12\frac{1}{4}$ Fuß sich selbige erheben $3\frac{1}{2}$ Fuß und auf

9 Fuß = 3 Fuß

$6\frac{1}{4}$ --- = $2\frac{1}{2}$ ---

4 --- = 2 ---

$2\frac{1}{4}$ --- = $1\frac{1}{2}$ ---

Wornach alles übrige leichtlich wird ausfündig zu machen seyn, wobey es sich von selbst versteht, daß diese angegebene Regel unter gleicher Stärke vom Winde verstanden werden muß.“

Wenn auch die von FÜHRBÖTER (1974) vorgeschlagene Beziehung für die mögliche Wellenhöhe vor Deichen

$$H_{\max} \approx h$$

erheblich höhere Werte ergibt, so ist für die Abschätzung des Seegangs vor Deichen, die durch Inseln oder hochliegende Watten geschützt sind, die Abschätzung von BRAHMS

$$H_{\max} = \sqrt{h}$$

wobei H_{\max} = max. Wellenhöhe; h = Wassertiefe

eher zutreffend, wie der Vergleich umfangreicher Naturmessungen vor Schar- und Vorlanddeichen (NIEMEYER, 1977 u. 1979) gezeigt hat (Abb. 3).

Ebenso wie der Aufzeichnung der Sturmzeitenwasserstände maß BRAHMS der Beobachtung des Wellenaufbaus für die Festlegung der Bestickhöhe große Bedeutung bei (§§ 30 u. 98):

„... dannhero muß zuvorderst dem Deiche eine genugsame Höhe gegeben werden, damit er nicht überströmet werden möge. Als, es könne an einem Ort das Wasser, nach dem ebenen und stillen Wasser gerechnet, 12 Fuß über dem flachen Mey-Felde, worauf der Deich gelegen, aufschwellen, und die Höhe der auflaufenden Wellen betrüge über gedachtem Wasser-Paß noch 4 Fuß: so müßte dem Deiche an einem solchen Orte eine Höhe, die nicht minder als 16 Fuß über das Mey-Feld sich betrüge, gegeben werden, und unter dieser Höhe darf man den Deich nicht kommen lassen.“

„Zur accuraten Abmessung solcher hohen Sturmfluthen werden erfordert 1) deren Höhe über der ordinären täglichen Fluth, so wie dieselbe §. 54. beschrieben und bezeichnet worden, nach ebenem oder stillem Wasser gerechnet; und sodann 2) die Grösse oder Höhe derer aufschlagenden Seewellen über sothanes Aequilibrium des Wassers.“

Zur Festlegung dieses Wellenaufbaus empfiehlt BRAHMS bereits die Einmessung von Teekgrenzen. Dieser Vorschlag, der in der Literatur erst wieder in den „Allgemeinen

SEEGANGSABSCHÄTZUNG NACH BRAHMS (1754)
Vergleich mit Naturmessungen

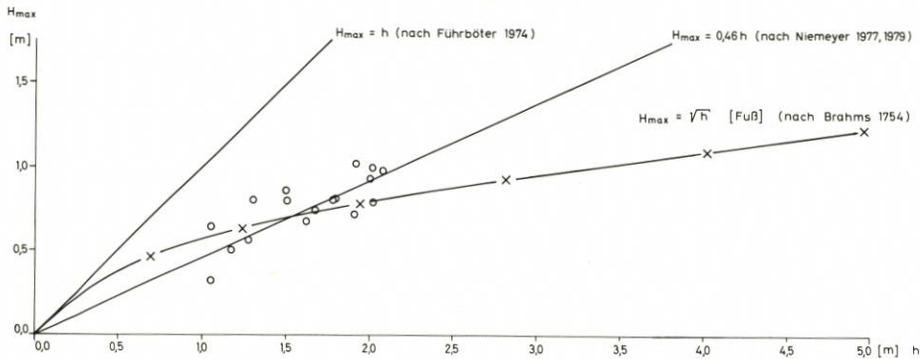


Abb.: 3.

Empfehlungen für den deutschen Küstenschutz“ (Arbeitsgruppe „Küstenschutz“ 1955) auftaucht, ist bis in die jüngste Zeit zur systematischen Erfassung des örtlichen Wellenaufbaus angewandt (ERCHINGER, 1974; KRAMER, KRAUSE u. LUCK, 1976) und zur Abschätzung des Bemessungswellenaufbaus herangezogen worden (NIEMEYER, 1976).

5. Deichbau

Obwohl ein großer Teil des Werkes von BRAHMS dem Siel- und Schleusenbau sowie dem Kanalbau gewidmet ist, wird doch der Deichbau allem anderen übergeordnet. Hierfür hat er Anregungen und Vorschläge entwickelt, die seiner Zeit weit voraus waren.

5.1 Funktionelle Gestaltung

BRAHMS versuchte, die Deichgestaltung weitgehend durch Wissenschaft und Beobachtung zu begründen. Zwar ist sein „Bemessungswert“ inhaltlich anders zu beurteilen als der aus dem Vergleichsverfahren entwickelte „Bemessungswasserstand“ heutigen Verständnisses, doch ist die Festlegung der Bestickhöhe (§ 98):

Bestickhöhe nach BRAHMS:

HHThw + maximaler beobachteter Wellenauflauf

Bestickhöhe nach Vergleichsverfahren 1962:

HHThw + Zuschlag + maximaler beobachteter Wellenauflauf
(KRAMER, LIESE u. LÜDERS, 1962)

für die damalige Zeit bemerkenswert, wobei BRAHMS die Berücksichtigung eines Sack- und Setzmaßes nicht vergaß (§§ 44 u. 45):

„Es muß also dem Deiche eine feste Höhe von 17 Fuß ohne Sinkung über der täglichen Fluth gegeben werden, . . .“

„Die Einsinkung ehe der Deich festen Grund und Boden bekommt, beträgt 11 Zoll, . . .“

Wegen der bei dem damaligen Stand der Bodenmechanik nicht auszuschließenden

Unwägbarkeiten eines geschätzten Sack- und Setzmaßes empfahl BRAHMS, die Deichhöhe im Hinblick auf Sackungen und Setzungen regelmäßig zu überprüfen (§ 53):

„Da auch die Erfahrung lehret, daß die Deiche, wenn sie gleich einmal in einen guten Stand gesetzt worden, nicht jederzeit darinn verbleiben: sondern durch Sinkung, Abspülung, Regen und Wind an einem Orte mehr, am andern weniger, von Zeit zu Zeit schwächer und unhaltbarer werden, so muß wenigstens ums andere oder dritte Jahr eine accurate Deich-Visitation und Nachmessung vorgenommen werden: und zwar, damit man erfahre, ob und wie viel an einem jeden Orte der Deich an Stärke abgenommen habe?“

Da er diese Nachmessungen am MThw zu orientieren empfahl (§ 54):

„Damit man auch zu allen diesen Abmessungen ein zuverlässiges Fundament habe: so habe dazu kein besseres, beständigeres und so man auch in folgenden Zeiten leicht wieder finden kann, zu erdenken vermogt, als die Höhe der ordinären täglichen Fluth:“

wäre bei konsequenter Anwendung auch der Bezug zum säkularen Anstieg des Meeresspiegels hierdurch erfaßt worden.

Daß sonst ausreichend bemessene Deiche gelegentlich trotzdem bei voller Beanspruchung brachen, führt BRAHMS neben anderen Ursachen auf überschwappende Wellen und zu steile Binnenböschungen zurück. Hierzu führte er aus (§ 37):

„... : denn daferne selbige zu steil, können sie 1) wenn bey starken und hohen Fluthen sie vom Wasser durchdrungen werden, leichte herunter schiessen; worauf denn nothwendig ein Durchbruch entstehen muß: 2) bey übertriebenen Wasser-Wellen stürzt die Kappe eines Deiches, daferne derselbe nicht inwendig eine genugsame Fläche hat, überaus leichte hinweg, woraus denn Ueberschwemmungen erfolgen müssen.“

In diesem Zusammenhang schlägt er vor, die Außenböschungen der Deiche konvex zu gestalten (Abb. 4). Erst HENSEN (1955) hat diesen Gedanken aufgegriffen und in Modellversuchen nachgewiesen, daß die konvexe Form der konkaven tatsächlich überlegen ist. BRAHMS, § 35:

„Je höher das Wasser steigt, je stärkere Wellen es führet: und weil der obere Theil des Deiches mehr von der Bewegung des Wassers gegen selben auszustehen hat, als der niedrige, so müste billig jenem eine grössere Dossirung gegeben werden als diesem. Die Gefährlichkeit, worin der Deich geräth, wenn die Kappe einstürzt, und das Wasser bis in die inneren Theile durchdringen kan, erbeischt ebenfals dieses: Dannenhero dem Deiche mit Raison eine Figur nach der Wasser-Seite gegeben werden könnte, wie Tab. 1. Fig. 11. ausweist.“

ENTWURF EINES SEEDEICHPROFILS
nach Albert Brahms (1754)

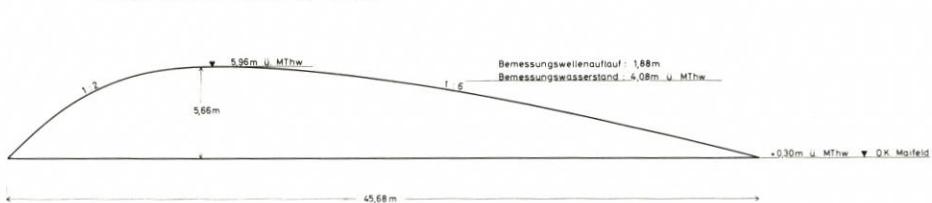


Abb.: 4.

Ebenso hat FÜHRBÖTER (1974) in seiner Arbeit „Küstenschutz auf neuen Wegen“ in Zusammenhang mit der Druckschlagbelastung von Seedeichen vorgeschlagen: „Da diese Zone höchster Belastung auf der Höhe des Ruhewasserspiegels der Bemessungssturmflut liegt, empfiehlt sich auch hieraus das konvexe Deichprofil, . . .“

Die Wechselwirkungen von Deichneigung und Seegang sind BRAHMS qualitativ bereits bis zu einem Grad klar gewesen, wie er aus heutigen Untersuchungen (vgl. FÜHRBÖTER, 1974) zum Druckschlagproblem bekannt ist. So schlägt er bereits Neigungen von 1:4 bis 1:6 – je nach Kleiqualität – bei seegangsexponierten Deichen vor (§ 36 u. Fig. 11 [Abb. 4]):

„Dahingegen aber wann ein grosses und gewaltiges Wasser von etwa 15, 16 und mehr Fuß hoch bey starkem Sturm-Winde einem Deiche unter freyem offenem Lauffe fast perpendicular aufstösset, da können die Dossirungen besonders wenn die Deich-Erde etwas schlecht seyn solte, nicht unter 4, 5 bis 6 Fuß auf jeden Fuß Höhe genommen werden; welches man der Klugheit und Erfahrung eines geschickten Deich-Baumeisters überlassen muß. Ueberhaupt kann man nur so viel davon sagen, daß alle auswendige Dossirungen eines Deichs so stark genommen werden müssen, daß die auswendige Fläche desselben so wenig als möglich von der Gewalt des Wassers angegriffen werden könne: wobey dasjenige, so von der äussern Figur des Deichs § 35. erinnert worden, in reifliche Consideration zu ziehen ist.“

In Abb. 5 ist ein von BRAHMS vorgeschlagenes Deichprofil für folgende hydrographische Randbedingungen wiedergegeben (§ 105): Bei HHT_{hw} = 13 Fuß = 4,08 m ü. MThw und einem beobachteten maximalen Wellenauflauf von 6 Fuß = 1,88 m sowie einer Wassertiefe am Deichfuß von 12 Fuß = 3,77 m beträgt die maximale Wellenhöhe dort (§ 71):

$$H_{\max} \approx 3 \frac{1}{2} \text{ Fuß} = 1,10 \text{ m}$$

In Analogie zur DELFTER Formel ergibt sich für die vorgegebene Außendeichneigung von 1:6:

$$A = \frac{H_{\max}}{n} \cdot \alpha$$

$$1,88 = \frac{1,10}{6} \cdot \alpha$$

$$\alpha = 10,33$$

worin: A = Wellenauflauf
 H_{\max} = maximale Wellenhöhe
 n = Neigung
 α = dimensionsloser Beiwert zur Bestimmung des Wellenaufbaus

sind.

Der Wellenaufbau nach BRAHMS beträgt somit

$$A = \frac{H_{\max}}{n} \cdot 10,33,$$

was etwa der DELFTER Formel in der an Naturmessungen orientierten Fassung (NIEMEYER, 1976)

$$A = \frac{H_{\max}}{n} \cdot 8$$

entspricht.

5.2 Deichbau und Deichunterhaltung

Neben seinen eingehenden grundsätzlichen Überlegungen hat BRAHMS Fragen des praktischen Deichbaus und der Deichunterhaltung nicht vernachlässigt. Wenn auch im modernen

Seedeichbau die maschinentechnischen Verfahren andere und effektivere Möglichkeiten erschließen, so sind doch einige Auffassungen von BRAHMS auf diesem Gebiet immer noch beachtenswert. Als Beispiel sei der Vorschlag angeführt, Grassoden für den Deichbau in Stärken von 4 bis 6 Zoll (etwa 10 bis 15 cm) zu stechen (§ 56),

„und werden die dicken nicht so leichte von dem Wasser ausgehoben, als die dünnern“.

Im „Fachgespräch am runden Tisch“ (LÜDERS, 1959) wird hervorgehoben, daß bei Deichen, die starkem Wellenangriff ausgesetzt sind, sich Soden von 15 cm bei Neueindeckung bewährt haben.

Sehr eingehend hat BRAHMS sich mit der Vorlanderhaltung befaßt. Zwar kannte er den Begriff des „aktiven Küstenschutzes“ noch nicht, doch halten die von ihm herausgestellten Vorteile von Deichvorländern modernen Auffassungen stand (LÜDERS, 1957 b). Er nennt u. a. folgende Gründe, die für die Erhaltung von Deichvorländern sprechen:

1. Dämpfung des Seegangs (§ 195)
2. Nahegelegene Entnahmefähigkeiten von Klei und Soden für Deichreparaturen und -erhöhungen (§ 60)
3. Verhinderung von Strombrüchen bei Deichbruch (§ 86)
4. Ersparnis schwerer Holzungen (heute Deckwerke) an „Wasserdeichen“ (Schardeichen), da selbst bei drohendem Vorlandabbruch der Schutz dort durch leichtere Holzungen erfolgen kann (§ 60)

BRAHMS gibt deswegen grundsätzlich dem Vorlanddeich den Vorzug, wobei allerdings bedacht werden muß, daß die heutige bewährte Form von Schardeichen erst durch neue Bauverfahren und -techniken ermöglicht wurde.

In jüngeren Untersuchungen ist nachgewiesen, daß bei Orkanfluten der Seegang auf Vorländern nicht wesentlich gedämpft wird (NIEMEYER, 1977, 1979). Die Auffassung von BRAHMS ist in dieser Beziehung jedoch seit mehr als 200 Jahren richtungweisend.

6. Optimierung und Nutzen-Kosten-Analyse

Wie LÜDERS (1958) berichtet, hatte BRAHMS mit seinen Deichbauplänen bei den Deichpflichtigen erhebliche Widerstände zu überwinden, da sie die Kosten hierfür nicht tragen wollten. Diese Widerstände suchte er mit Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu überwinden, die heute als Nutzen-Kosten-Analysen und Optimierungen bezeichnet würden.

So gibt er bereits Hinweise auf den Zusammenhang zwischen Ausbau- und Unterhaltungskosten von Deichen (§ 102):

„Die Dossirungen eines Deichs müssen so genommen werden, daß sie die allerwenigste Kosten verursachen: diese Kosten bestehen in unterschiedene Arten von Ausgaben; als zu vorderst in dem ersten Anbau, und hiernechst in der jährlichen Unterhaltung; Je gelinder, oder stärker man im ersten Anbau die Dossirung nimmet, je weniger oder mehr Geld dieselbe kosten, und zwar in der Proportion, wie die Grösse solcher Dossirungen genommen werden. . . .

Solchemnach müssen die ersten Anbau-Kosten notiret, und aufgeschrieben werden, die jährliche Reparatur- und Unterhaltungs-Kosten aber müssen als Zinsen von einem aufgenommenen Capital betrachtet, und dieses Capital zu gedachten Anbau-Kosten hinzu gethan werden, so muß sodann diese Summa die geringste seyn, so möglich ist, daferne die Dossirung aufs beste angeordnet worden. . . .

Damit auch dieses um so viel klärlicher in die Augen falle, ist auf unterschiedene Grössen derer auswendigen Dossirungen folgendes Täflein berechnet.

Auf jeden Fuß Höhe Dossirung	Macht an Dossirung zu 16 F. hoch	Jährliche Un- terhaltungs- Kosten	Macht an Capital	Erste Anbau- Kosten	Summa in Tot.
Fuß	Fuß	Rthlr.	Rthlr.	Rthlr.	Rthlr.
2	32	2 $\frac{13}{20}$	53	10 $\frac{2}{3}$	63 $\frac{2}{3}$
2 $\frac{1}{2}$	40	1 $\frac{24}{29}$	36 $\frac{16}{29}$	13 $\frac{1}{3}$	49 $\frac{27}{29}$
		<i>usw.</i>			
6	96	$\frac{53}{148}$	7 $\frac{6}{37}$	32	39 $\frac{6}{37}$

So viel die inwendige Dossirungen, und die Dicke des Deichs oder obere Breite der Kappe betrifft, davon ist § 37. und 38. hinlängliche Nachricht gegeben worden, da nun die niedrigen steilen und dünnen Deiche, nicht alleine dem Lande schlechte Sicherheit verschaffen, sondern auch noch überdem weit kostbarer und beschwerlicher zu unterhalten sind, als recht gute haltbare Deiche, so erhellet aus obigem zur Gnüge, wie unrichtige Begriffe, und geringe Einsicht diejenige vom Deich-Bau haben müssen, die vor der Hand die erforderliche Kosten scheuen, und um nur vor erst einen Thaler zu ersparen und weniger Zeit mit gedoppelten, und noch mehrfachen Kosten und Schaden, man wolle oder wolle nicht, dennoch nothwendig hingeben muß.“

Diese „Optimierung“ ist ein in modernen Volkswirtschaften übliches Verfahren, das auch im Küsteningenieurwesen angewandt wird, wie z. B. in den Untersuchungen von KRAMER (1977) über die Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Deichformen.

Eine eingehende Nutzen-Kosten-Analyse entwickelte BRAHMS an den Beispielen einer geplanten Eindeichung und einer notwendigen Deicherhöhung, wobei er die Baukosten zu den Erträgen eines neu einzudeichenden Landes bzw. zu dem materiellen Schaden einer Überflutung in Beziehung setzt. Da dieses Verfahren seinerzeit grundsätzlichen Charakter hatte, werden seine Auffassungen und Berechnungen sehr ausführlich zitiert (§§ 46 bis 49):

„Um auch zu wissen, wie viel Pflüge an Arbeitern man anzusetzen hat, so wird ordinair die Arbeit am Haupt-Deich primo May angefangen, und so eingerichtet, daß die Erd-Arbeit innerhalb 10 bis 11 Wochen mit der völligen Mannschaft verrichtet seyn könne: Also kommen auf etwa 10000 Pütten, so mit Schub-Karren einzubringen (da indessen der Ueberrest mit Wüppen eingefahren werden kan) auf jede Woche etwa 1000 Pütten. Ein jeder Pflug von 9 Mann kan wöchentlich einbringen 6 Pütten 1 bis 2 Schacht: folglich werden zur Keuer-Arbeit erfordert etwa 160 Pflüge, jedweden Pflug zu 9 Mann, machen in allen 1440 Mann.

Jedweder Pflug braucht 640 Fuß Keuer-Dielen; machen in allen 102400 Fuß. Davon 40 Fuß frey zur Stelle auf einen Reichthaler gerechnet, machen zusammen an Gelde 2560 Rthlr.

Jedweder Mann braucht eine Schub-Karre, und auf jeden Pflug eine in Reserve fürs Brechen: Dagegen sich die Arbeiter solche während der Arbeit selber unterhalten müssen: folglich in allen 1600 Schub-Karren. Diese kosten frey zur Stelle a 18 Schaf; macht in allen 1066 Rthlr. 18. Sch.

Für 180 Arbeiter-Hütten an Stroh, Latten und Nagel, jedwede 2 $\frac{1}{2}$ Reichthaler; machen zusammen 450 Rthlr.

Also für Keuer-Diehlen	2560 Rthlr.	— Sch
Für Keuer-Karren	1066	18 —
Für Hütten bey der Arbeit	450	— —

Summa Materialien kosten 4076 Rthlr. 18 Sch.

Die Erde, so mit Wüppen eingefahren werden kan, ist viel vorteilhafter, als diejenige, welche mit Schubkarren angebracht werden muß: denn 1) werden die Materialien von Karren und Brettern erspart, 2) wird nicht so viel Volk dazu erfordert, 3) wird der Deich ungemein viel stärker, solider und dichter. Es kommt aber theils auf den Grund und Boden, theils auch auf die Witterung an, ob dieselbe gebraucht werden können oder nicht.

Der Kay-Deich, so in allen 836 Ruthen, a 20 Fuß, lang, kostet inclusive der durchzudammen- den Rillen und Balgen per Ruthe 5 Rthlr., thut 4180 Rthlr.

Der Rein- oder Zug-Schloot wird 20 Fuß vom inwendigen Fuß des Deichs ab, oben 12 unten

im Boden 7 Fuß weit, und 4 Fuß tief gemacht: und woferne der Grund und Boden feste, wird derselbe das erste Jahr bey der Bedeichung, wo aber dem Grunde nicht zu trauen stehet, das folgende Jahr, geöffnet; und da die Erde mit zum Deich employret wird, so kömmt desfalls nichts im Anschlage.

910 Ruthen Fahr-Weges durch das neue Land, so zu beyden Seiten mit Graben versehen werden, kosten per Ruthe 12 Schaf, und also in Summa 404 Rthlr. 12 Sch. Für eine Abwässerungs-Pumpe, so Landwerts zu legen, 400 Rthlr. Endlich für Extra-Kosten in allen 2000 Rthlr. Solchemnach betragen die Kosten

1. An Füll-Erde	49396 Rthlr.	13 Sch.	3 $\frac{1}{4}$ Witt.
2. An Belegungs-Kosten mit grünen Rasen	2108 ———	9 ———	— ———
3. Für Materialien	4076 ———	18 ———	— ———
4. Die Kay-Deichs-Kosten	4180 ———	— ———	— ———
5. Anlegung des Fahr-Weges	404 ———	12 ———	— ———
6. Zu einer Abwässerungs-Pumpe	400 ———	— ———	— ———
7. Und auf Extra-Kosten überhaupt	2000 ———	— ———	— ———
Summa totalis	62565 Rthlr.	25 Sch.	3 $\frac{1}{4}$ Witt. (§ 46)

Die Größe des zu gewinnenden Landes, so innerhalb des Bezirks derer Rein-Schlöte belegen, ist befunden worden nach 20füßigen Rheinländischen Ruthen, wovon 120 □ Ruthen auf ein Matt gerechnet werden, in Summa 795 Matt 60 □ R.

Davon gehet ab für Fahr-Wege	13 Matt	5 □ R.
An grossen Balgen, so zu halb Land angeschlagen werden, 12 Matten,		
62 □ Ruthen, machen halbscheidlich	6 Matt	31 □ R.
Summa Abgang	19 Matt	36 □ R.
Also bleibt an gut Land	776 Matt	24 □ R.

Unter vielen Projecten, wie das Land am vortheilhaftesten zu nutzen, ist am convenabelsten befunden worden, dasselbe auf hinlängliche Terminen, bey anständigen Parcelen zu verkaufen, und nach erlegten Terminen einen leidlichen jährlichen Canonem darauf zu legen. Allhier soll die Kauf=Summe in 8 Jahren bezahlet, und der Anfang auf Martini des Jahres, darinnen die Bedeichung geschiehet, gemacht werden: Weiter wird in diesen Jahren nichts davon entrichtet; nach geendigten Zahl=Jahren aber wird im 9ten Jahre zum ersten male, und folglich alle Jahre in Perpetuum ein Reichsthaler pro Canone, und weiters nichts, gegeben.

Unter diesen Bedingnissen kan das Matt allhier gelten 120 Reichsthaler, als:

		Rthlr.	Sch.	Witt
Das erste Jahr gleich baar	15 Rthlr., machen	15 ———	— ———	— ———
Das zweyte Jahr	15 ——— sind so gut, als gleich baar	14 ———	7 ———	14 $\frac{6}{21}$
Das dritte Jahr	15 ——— — — —	13 ———	17 ———	3 $\frac{7}{11}$
Das vierte Jahr	15 ——— — — —	13 ———	1 ———	3 $\frac{11}{23}$
Das fünfte Jahr	15 ——— — — —	12 ———	13 ———	10
Das sechste Jahr	15 ——— — — —	12 ———	— ———	— ———
Das siebente Jahr	15 ——— — — —	11 ———	14 ———	10 $\frac{10}{13}$
Das achte und letzte Jahr	15 ——— — — —	11 ———	3 ———	— ———
Summa baar gegen 5 pro Cent Courtage Rthlr.		103 ———	3 ———	2 $\frac{1}{8}$

Folglich machen 776 Matten 24 □ Ruthen in allen 80037 Rthlr. 26 Sch. = Wit.
Davon abgezogen die Bedeichungskosten, als 62565 Rthlr. 25 Sch. 3 $\frac{1}{4}$ Wit.

Bleibt übrig 17472 Rthlr. 0 Sch. 16 $\frac{1}{4}$ Wit.
Und da der Groden unbedeicht jährlich 200 Rthlr. einbringen können, so an Capital zu 5 pr. C. beträgt 4000 ——— = ——— = ———
Abgezogen, bleibet Profit 13472 ——— = ——— 16 $\frac{1}{4}$ Wit.

ohne den nachherigen jährlichen Canonem, daferne diese Unternehmung glücklich von Statten gehet. Man siehet also, das unter solchen Umständen es rathsamer sey, ein sothanes Stück Land zu bedecken, als länger liegen zu lassen. Uebrigens wird es nicht schwer seyn, jedesmal, wenn nur alle und jede dabey einschlagende Umstände wohl überleget werden, ausfündig zu machen, ob eine dergleichen Bedeckung der Mühe und Kosten werth sey, oder nicht.“

„Es ist aus der Erfahrung mehr als zu bekannt, wie oftermalen bald hier, bald dort Einbrüche vom Wasser geschehen, wobey man jedoch keines weges gedenken muß, als ob selbige allemal ganz und gar unvermeidlich gewesen wären. Es ist im Gegentheile aus der Hydraulic zur Gnüge bekant, und auch Cap. 3. angewiesen worden, daß das Wasser doch nur eine abgemessene und determinirte Kraft habe. Also kommt es nur auf folgende Stücke an:

- 1) Daß man untersuche, zu welcher Höhe und Kraft das Wasser an diesem und jenem Orte zu einiger Zeit gestiegen, oder in denen allergrössten und schweresten Fluthen, davon Nachricht vorhanden, angewachsen sey, damit man daraus urtheilen könne, durch welche Verstärkung der Deiche einem solchen Gewässer hätte Widerstand geschehen können und mögen. Sodann
- 2) Ob es vortheilhaft und profitabel, daß man die übrige, und zur Verstärkung annoch erforderliche Kosten anwende, oder die Deiche nur so im Stande lasse, wie sie sind, und es darauf ankommen lasse.“

„Damit ihr aber in einer so importanten Sache um so viel gewisser gehet, so setzet, wie gesagt

1. Zum Fundament eine solche Fluth, als euch eine aus denen aufgezeichneten Nachrichten und Erfahrungen bekant ist, und merket an, zu welcher Höhe dieselbe gestiegen.
2. Bestimmt das Besteck eines Deichs, so hinlänglich, einer solchen Fluth an dem gegebenen Orte zu widerstehen, welches geschehen kann, wenn ihr die Höhe und Force des aufgeschwollenen Gewässers zu determiniren wisset.
3. Calculiret, wie groß die Kosten seyn müssen, die erfordert werden, um euren bisherigen geringen Deich in einen so verbesserten und verstärkten Zustand zu bringen.
4. Erweget aus denen aufgezeichneten Nachrichten und Erfahrungen die Grösse des Unglücks, Verlusts und Schadens, so durch eine dergleichen grosse Fluth verursacht worden, und rechnet solches, so gut sichs thun lässet, zusammen.
5. Vergleichet den Verlust und Schaden mit denen anzuwendenden Kosten, um die Deiche einer Provinz in einen haltbaren Stand zu setzen; so wird sichs finden, daß insgemein die anzuwendenden Kosten dem besorglichen Unheil und Schaden bey weitem nicht gleich kommen; es also weit besser sey, solche anzulegen, als Land und Leute der Gefahr zu exponiren.

Dieses mit einem Exempel zu erläutern, so lasset eine Landschaft oder Provinz seyn, deren ganzer Deich-Band 8000 Ruthen ausmacht, und dabey 40000 Matten Landes in sich begreift, so alle vom Wasser überströmet werden können, und Schaden nehmen. Diese Deiche, so von unterschiedlicher Grösse und Stärke sind, müssen theils 2, 2½ bis 3 Fuß höher, und nach Proportion auch so viel stärker und dicker seyn, als sie bis daher gewesen. Hiezu werden nach gemachten Ueberschlag 11½ Rthlr. Kosten, nach einem Durchschnitt gerechnet, auf jede Ruthe erfordert: machen also 8000 Ruthen 90000 Rthlr.; Und daß hiedurch die Deiche in einen solchen Stand gesetzt werden, daß sie eine solche Wasserfluth, als im Jahr 1717 gewesen, abhalten, und das Land für Ueberschwemmung decken können.

Der Schade, so durch angeregte Fluth in der Provinz verursacht worden, bestehet in folgenden:

	Rthlr.	Sch.	W.
1. Für 455 Pferde, so ertrunken, durcheinander gerechnet jedes zu 25 Rthlr. machet	11375	—	— =
2. 2896 Stück Horn-Vieh, so zu der Zeit theuer, das Stück zu 15 Rthlr. beträgt	43440	—	— =
3. 2019 Stück Schaaf und Schweine à 2½ Rthlr.	4542	— 20	— 5
4. 262 ganz und gar hinweg gespülte Häuser	30000	—	— =
5. Der Verlust an denen zum Theil ruinirten und beschädigten Häusern macht über	30000	—	— =
6. An verlorenen, hinweggeschwemmeten, und im Wasser verdorbenen Sachen und Hausgeräthe in allen überhaupt nur	20000	—	— =
7. An Heu und Früchten, so im Wasser verdorben, nur	20000	—	— =
8. Für Herstellung von 7500 Ruthen Deiche weniger und mehr durcheinander gerechnet per Ruthe zu 9 Rthlr. macht	67500	—	— =

9. Für Anlegung von 500 Ruthen Einlage-Deichs, nebst Stopfung der eingerissenen Brüche und Kolken, und was dem mehr anhängig . . .	87000	—	=	—	=
10. An hinweggegangenen und zerrissenen Syhlen, und was dahin gehörig, wenigstens	20000	—	=	—	=
11. Für 500 Grasen guten Landes, so ausgedeicht werden müssen, und nicht wieder hergestellt werden können, daß Graß nur zu 50 Rtblr. angeschlagen, beträget	25000	—	=	—	=
12. Endlich ist der Schade an den Früchten des Landes und dem Lande selbst unter allen der beträchtlichste: Da nicht allein alle Winter-Saat von Raap-Saat, Winter-Gersten ec. ruiniret worden, sondern auch das Land dermassen seine Fruchtbarkeit verloren, daß die besten Lande in etlichen Jahren wenig Frucht tragen wollen. Item an allerhand Arten von Bäumen und andern Gewächsen. Dieser Schade wird nicht zu hoch angeschlagen, wenn er gesetzt wird auf	200000	—	=	—	=
Summa Summarum	558857	—	20	—	5

Dann ist hiebey noch in Erwegung zu ziehen, wie viele Menschen bey grossen Ueberschwemmungen ihr Leben im Wasser verlieren müssen. Wie denn deren Anzahl bey der Wasserfluth von Anno 1717 in dieser Provinz sich auf mehr als dreyzehenthalb hundert Seelen erstreckt hat.

Vergleichen man den erlittenen Verlust und Schaden mit denen anzuwendenden Kosten, wodurch selbiger aller Vermuthung nach verhütet werden können, so zeigt sich, daß jener diese wohl 6 und mehrmalen übertroffen habe. Und hiebey ist nicht einmal in Anschlag gebracht worden, was an Capitalien, ausstehende Schuldforderungen, Intradan, Gefällen und Praestationen verloren gegangen.“

7. Schlußbemerkung

Ziel dieser Arbeit war, das Werk von Albert BRAHMS vor der Vergessenheit zu bewahren bzw. in die Erinnerung zurückzurufen. Aus diesem Grunde ließen die Verfasser vor allem ihn selbst zu Wort kommen. Beabsichtigt war aber auch, darzutun, welch hohen Wissensstand dieser Deichbaumeister der frühen Neuzeit den nachfolgenden Generationen überliefert hat. Durch den Vergleich seiner Auffassungen mit modernen Arbeitsergebnissen ist sein Werk in den großen Zusammenhang langjähriger Küstenforschung gestellt worden. Wie weit Albert BRAHMS seiner Zeit voraus war, soll abschließend durch die Gegenüberstellung zweier Zitate deutlich gemacht werden.

LÜDERS (1957 a) formulierte die Grundgedanken des modernen Küstenschutzes wie folgt: „Wir warten nicht ab, bis das Unglück eingetreten ist, sondern versuchen, unter Heranziehung all unserer wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnisse die zu erwartenden Orkanfluten ihrer Höhe nach abzuschätzen, schon heute die danach sich ergebenden notwendigen Deichhöhen herzustellen und somit vorausschauend ein neues Unglück nach menschlichem Ermessen abzuwehren.“

BRAHMS schrieb hierzu 1754 in der Vorrede seines Werkes:

„Wer an einem vorgegebenen Ort einen guten proportionirten Deich angeben will, der muß vor allen Dingen die Grösse und Force des anfallenden Gewässers an den vorgegebenen Ort gründlich kennen und wissen. . . .

Man kan, soll und muß nicht allein für geringe und mittelmässige, sondern auch für grosse und totale Fluthen deichen. . . .

Alle Deiche, die noch nicht im Stande sind, solche grosse und starke Sturm-Fluthen auszuhalten, und der Beschädigung vom Wasser so sehr exponiret, müssen so bald möglich, in solchem guten Stande gesetzt werden.“

8. Schriftenverzeichnis

- BRAHMS, A.: Anfangs-Gründe der Deich- und Wasser-Baukunst, I. und II. Teil. Aurich, 1754 u. 1757.
- Arbeitsgruppe „Küstenschutz“ des Küstenausschusses Nord- und Ostsee (BOTHMANN, KATTENBUSCH, LORENZEN, LÜDERS, SCHAUBERGER, SNUIS, THILO): Allgemeine Empfehlungen für den deutschen Küstenschutz. Küste, Jg. 4, 1955.
- ERCHINGER, H. F.: Wellenauflauf an Seedeichen – Naturmessungen an der ostfriesischen Küste. Mitt. d. Leichtweiß-Inst., H. 41, 1974.
- FÜHRBÖTER, A.: Küstenschutz auf neuen Wegen. VDI-Z. 116, H. 8, 1974.
- GÖHREN, H.: Das Meßwesen in der Küstenforschung. Jb. d. Hafentechn. Gesell. 1972/73, 23. Bd., 1974.
- HENSEN, W.: Modellversuche zur Bestimmung des Einflusses der Form eines Seedeiches auf die Höhe des Wellenaufbaus. Mitt. d. Franzius-Inst., H. 7, 1955.
- KRAMER, J.: Sicherheit von Seedeichen gegen Sturmfluten. Küste, H. 31, 1977.
- KRAMER, J., LIESE, R., LÜDERS, K.: Die Sturmflut vom 16./17. Februar 1962 im niedersächsischen Küstengebiet. Küste, H. 1, 1962.
- KRAMER, J., KRAUSE, G., LUCK, G.: Erfahrungen aus den Sturmfluten vom November/Dezember 1973 und Folgerungen für die niedersächsischen Küstenschutzwerke. Küste, H. 29, 1976.
- LÜDERS, K.: Die Wiederherstellung der Deichsicherheit an der deutschen Nordseeküste von der holländischen Grenze bis zur Elbe. Wasser u. Boden, H. 2, 1957 (a).
- LÜDERS, K.: „Passiver“ oder „aktiver“ Deichschutz? Wasser u. Boden, H. 19, 1957 (b).
- LÜDERS, K.: Wer war Albert Brahm? Wasser u. Boden, H. 7/8, 1958.
- LÜDERS, K.: Wie dick sollen Rasensoden sein? Wasser u. Boden, H. 2, 1959.
- LÜDERS, K.: Über die Gültigkeit des „Bemessungswasserstandes für Seedeiche“ an der niedersächsischen Nordseeküste. Jber. 1969 d. Forsch.-Stelle f. Insel- u. Küstenschutz Norderney, Bd. XXI, 1971.
- LÜDERS, K.: „Sturmtiden“ – Begriffserläuterung und Einteilung in Höhenstufen. Jber. 1974 d. Forsch.-Stelle f. Insel- u. Küstenschutz Norderney, Bd. XXVI, 1975.
- LÜDERS, K. u. LUCK, G.: Kleines Küstenlexikon, 3. erw. Aufl., Hildesheim, 1976.
- NIEMEYER, H. D.: Zur Abschätzung des maximalen Wellenaufbaus an Seedeichen aus der Einmessung von Teekgrenzen. Küste, H. 29, 1976.
- NIEMEYER, H. D.: Seegangsmessungen auf Deichvorländern. Jber. 1976 d. Forsch.-Stelle f. Insel- u. Küstenschutz Norderney, Bd. XXVIII, 1977.
- NIEMEYER, H. D.: Untersuchungen zum Seegangsklima im Bereich der ostfriesischen Inseln und Küste. Küste, H. 34, 1979.