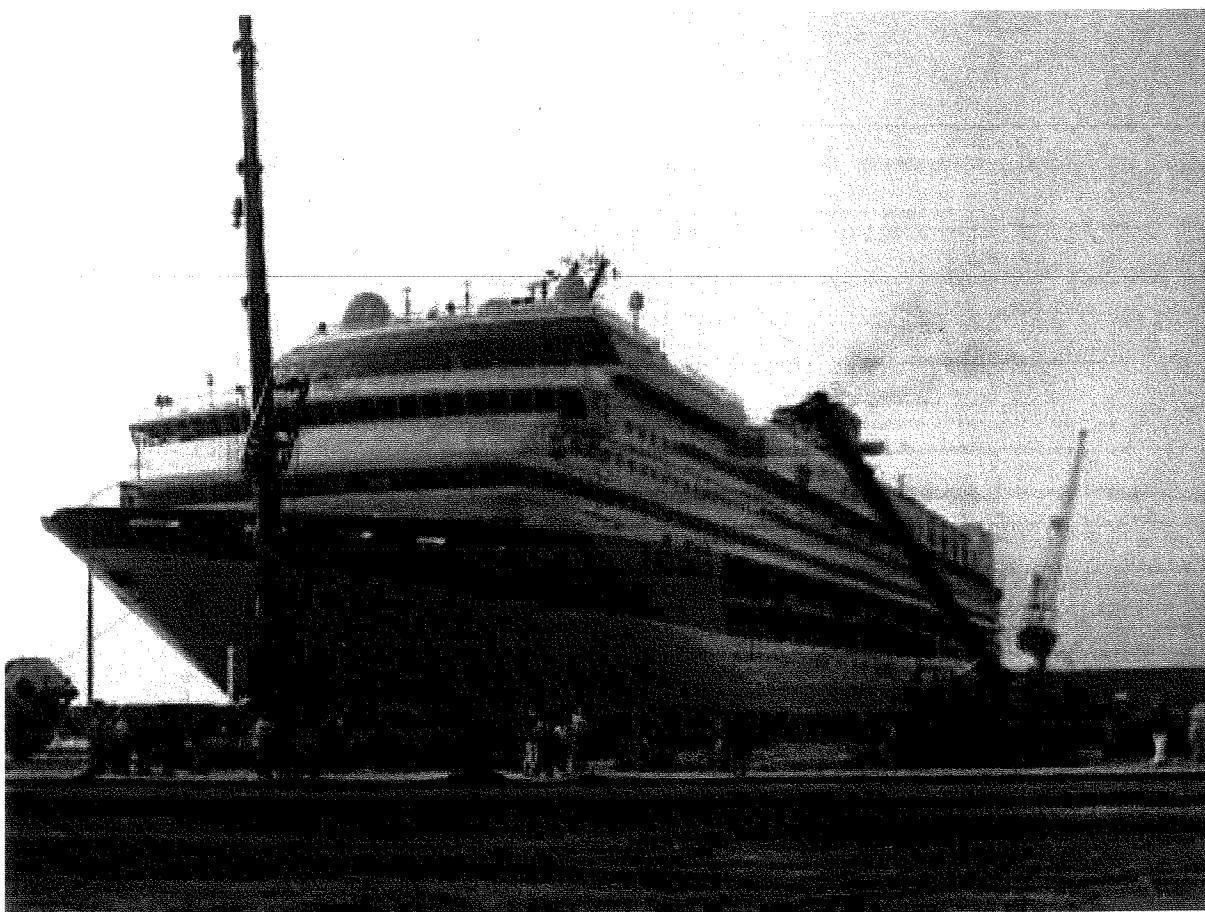


## **Het stuwen van de Unterems**

Studie naar de problematiek omtrent de afvaart van Meyer-werf schepen over de Unterems

---



L.M.R. Pronk (stud.nr.: 672477)  
september '99

**Voorwoord.**

In het kader van het afstuderen aan de faculteit der Civiel techniek van de Technische Universiteit Delft is dit het eindrapport van de studie naar de problematiek omtrent opstuwen van de Unterems ten behoeve van de afvaart van schepen van de Meyer-werf (NW Duitsland).

Het onderzoek wordt uitgevoerd in opdracht van Dhr. Bezuyen, lid van de Nederlandse MER-commissie. Deze commissie houdt zich bezig met de milieueffecten van de geplande Emskering.

Het onderzoek staat onder begeleiding van prof.drs.ir. J.K. Vrijling (vakgebied: constructieve waterbouwkunde/ probabilistisch ontwerpen) , ir. K.G. Bezuyen (vakgebied: constructieve waterbouwkunde) en dr.ir. N. Booij (vakgebied: computermodellering / vloeistofmechanica).

Ik dank mijn begeleiders voor de hulp die ik heb mogen ontvangen tijdens het onderzoek.

Student:

L.M.R. Pronk (stud.nr.:672477)

Afstudeerrichting: Constructieve waterbouwkunde.

## **Samenvatting.**

In de monding van de Unterems (estuarium in NW Duitsland) is een kering gepland welke zowel als stormvloedkering en als stuw moet kunnen dienen. De stormvloedkerende functie dient de veiligheid van het achterland te garanderen zonder dat verdere dijkverhogingen stroomopwaarts van de kering noodzakelijk zijn. De stuwend functie dient om een bijdrage te leveren aan de oplossing voor de steeds groter wordende problemen omtrent de afvaart van zeer grote schepen van een bovenstrooms gelegen scheepswerf (Meyer-werf) naar open zee.

De Duitse plannen (van hoofdzakelijk de BAW: Duitse equivalent van Rijkswaterstaat) voor het mogelijk maken van de afvaart van de in de nabije toekomst geproduceerde schepen ( $L=300m$ ,  $B=38m$ ,  $D=8.3m$ ) zijn als volgt. Over het traject van de scheepswerf naar de open water wordt een bodemverlaging doorgevoerd (maximaal ongeveer 0.7~0.8m) en in het gecreëerde stuwpand (Emskering, Ledakering en stuwdam te Hebrum) wordt het water ca. 1m boven hoogwater-springtij opgestuwed. Op deze manier is een waterdiepte van ca. 9.0m bereikt (bodemligging 6.3m-NN; stuweil 2.7m+NN; NN =Normal Null ≈MSL). Dit stelt het schip met een diepgang van 8.3m in staat om tot afvaart te komen.

Deze plannen stuiten echter op nogal wat ecologische- en financiële bezwaren. De voornaamste bezwaren richten zich vooral op de volgende punten.

- De bodemverlaging in het traject heeft tot gevolg dat er naar alle waarschijnlijkheid een afname van de bodemkwaliteit (toename slibbodems) en een afname van de waterkwaliteit (afname zuurstofgehaltes) plaatsvindt. Tevens is een toename van onderhoudsbaggerwerkzaamheden te verwachten.
- Voor het opstuwen van het waterpeil in het gecreëerde stuwpand zijn pompen in de Emskering gepland om water op te pompen. Dit heeft tot gevolg dat de ecologie (mariene leven) benadeeld wordt. Tevens vormen de pompen een behoorlijke kostenpost.
- Bij het opstuwen van het water tot een hoog peil komen de uiterwaarden langere tijd onder water te staan, zodat een afname van natuurwaarde optreedt.
- Het afslaten van het stuwwolume aan het eind van de stuwfase kan (nog onderwerp van discussie) ecologische bezwaren geven in de vorm van een te snelle verandering van zuurstofgehaltes en zoutgehaltes benedenstrooms van de kering.

De Duitse plannen behelzen eveneens een groot aantal mitigerende- en compenserende maatregelen (verwijderen van visnetten, stuwen slechts in winterperiode i.v.m. ontzien van broedvogels op uiterwaarden etc.) echter deze kunnen de genoemde bezwaren niet wegnemen.

De essentie van de problemen is het gebrek aan waterdiepte. Er zijn drie parameters te herkennen, welke in verschillende verhoudingen een afvaart mogelijk kunnen maken nl.:

1. Bodemligging.
2. Hoogte van het stuweil.
3. Diepgang van het schip.

Doel van deze studie is om een dusdanige combinatie van bodemverlaging, stuweilverhoging en diepgang-verkleining van het schip in combinatie met aanvullende maatregelen te construeren, dat er voldoende waterdiepte ontstaat om een afvaart zonder ecologische bezwaren en grote kosten mogelijk te maken.

Teneinde de Duitse plannen voor de stuwfase/afvaart te verbeteren zijn de drie parameters in combinatie met aanvullende maatregelen beschouwd. Enkele van deze aanvullende maatregelen hebben tot doel om de bezwaren van een bodemverlaging weg te nemen. Andere hebben tot doel om een zo hoog mogelijk stuweil te bewerkstelligen zonder het gebruik van pompen in de Ems-kering en zonder dat de natuurwaarde van de uiterwaarden afneemt. Tevens zijn er maatregelen bekeken die een diepgang verkleining van het schip mogelijk maken.

Bij de selectie van aanvullende maatregelen is gebruik gemaakt van de volgende criteria:

1. In welke mate dient de maatregel het doel.
2. Welke kosten brengt de maatregel met zich mee.
3. Welke ecologische effecten veroorzaakt de maatregel zelf.
4. Ondervindt de Meyer-werf nog voordelen of nadelen.
5. Welke andere functies van het estuarium (scheepvaart, afvoer water) worden beïnvloed.

Vervolgens zijn er verschillende combinaties van bodemligging, hoogte van het stuweil en diepgang van het schip in combinatie met aanvullende maatregelen vergeleken, waaruit de beste strategie (combinatie van de 3 parameters en aanvullende maatregelen) is gekozen. Bij deze keuze is vnl. een afweging gemaakt tussen de kosten van de strategie en de ecologische effecten die een stuwfase met deze strategie nog met zich meebrengt.

De gekozen strategie dient als alternatief voor de Duitse plannen voor de stuwfase.

De gekozen alternatieve strategie bestaat uit de volgende combinatie:

- Een stuweil van ca. 0.8m boven hoogwater-springtij in combinatie met het aanleggen van zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen. Deze maatregel heeft tot doel het benodigde volume water voor het opstuwen te verkleinen en tevens voorkomt deze maatregel een afname van de natuurwaarde van de uiterwaarden als gevolg van het langdurig stuwen.
- Afvoer van de rivier de Ems, benodigd voor het opstuwen van de Unterems, optimaal benutten. Deze maatregel houdt hoofdzakelijk in dat de stuwfase slechts in de periode december tot 16 april mag plaatsvinden. Het nut van deze maatregel is om de in deze periode over het algemeen grote debieten te gebruiken voor het opstuwen van de Unterems.
- Diepgangverkleining van het schip van 0.7m door het na afvaart in Eemshaven verder af te bouwen. Deze maatregel voorziet in het apart afvaren van 15 van de in totaal ca. 110 ‘building blocks’ m.b.v. pontons. Het nog niet geheel afgebouwde schip heeft dan een diepgang van 7.6m (i.p.v. 8.3m) en wordt in deze staat afgevaren. In Eemshaven worden de met interieur voorziene ‘building blocks’ m.b.v. een kraan of drijvende bok op het schip gemonteerd.
- De huidige bodemligging blijft gehandhaafd.
- De bij de Duitse plannen geplande mitigerende- en compenserende maatregelen zijn grotendeels overgenomen.

Met deze combinatie kan een waterdiepte van 8.3m worden bereikt (bodemligging huidige situatie 5.8m-NN; stuweil 2.5m+NN). Dit stelt een schip met een diepgang van 7.6m in staat om tot afvaart te komen.

De Ems-kering (Duitse ontwerp) blijkt niet lichter/goedkoper uitgevoerd te kunnen worden als gevolg van de alternatieve strategie voor de stuwfase. Er is gekeken naar eventuele aanpassingen aan de bodembescherming en de keringsmiddelen.

	Duitse plan	Strategie3
<i>Algemeen:</i>		
Bodemligging	6.3m-NN (excl.overdiepte)	5.8m-NN
Stuwpeil	2.7m+NN	2.5m+NN
Diepgang schip	8.3m	7.6m
<i>Financieel:</i>		
Kosten eenmalig (miljoenen gulden)	66miljoen	37miljoen
Jaarlijkse kosten (miljoenen guldens)	7miljoen	56.5miljoen
<i>Ecologische effecten:</i>		
Invloed op natuurwaarde uiterwaarden:	-25%	+10%
Invloed op waterkwaliteit en mariene leven in Unterems:	-25%	-10%
Invloed op kwaliteit van de bodem van de Unterems:	-25%	0%
Invloed op waterkwaliteit en mariene leven in de Außenems en Dollard:	- 0 tot 35%	- 0 tot 20%
<i>Overige:</i>		
Invloed afvoer capaciteit:	+5%	0%
Invloed opbrengst gewassen op uiterwaarden:	-15%	+10%
Invloed op scheepvaart:	Maximale wachttijden voor de scheepvaart van 3 etmaal i.v.m. stremming t.b.v. de stuwfase	

Tabel: Vergelijking Duitse plannen en alternatieve strategie.

In vergelijking met de Duitse plannen zijn de kosten van de alternatieve strategie een stuk hoger. De jaarlijkse kosten van de alternatieve strategie (56.5miljoen) vinden hun oorzaak voornamelijk in de kostbare diepgang verkleining van het schip (in Eemshaven assembleren van het schip). De eenmalige kosten moeten vooral gemaakt worden voor de aanleg van zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen.

De eenmalige kosten van de Duitse plannen zijn vooral te vinden in de bodemverlaging en het inpassen van de pompen in de Ems-kering. Terwijl de jaarlijkse kosten (7 miljoen) slechts bestaan uit het onderhouden van de bodemligging en pompen.

Tenzij het elders afbouwen van Meyer-werf schepen goedkoper uitgevoerd kan worden, is het ontzien van ecologie door het gebruik van de alternatieve strategie een zaak die veel extra geld kost.

***Inhoudsopgave.***

	Pagina
HF 1: Inleiding	8
HF 2: Situatiebeschrijving	11
2.1 Inleiding	11
2.2 De rivier de Ems	11
2.3 Het estuarium de Unterems	12
2.4 Het Leda-Jumme gebied	15
2.5 Außenems	16
2.6 Getijbeweging	16
2.7 Scheepvaart	17
2.8 Meyer-werf	17
HF 3: Duitse plannen	20
3.1 Inleiding	20
3.2 De Ems-kering	20
3.2.1 De lokatie	20
3.2.2 Het ontwerp	20
3.3 Het Waterbeheer	21
3.3.1 Algemeen	21
3.3.2 Bodemverlaging	21
3.3.3 Waterstandsverhoging	22
3.3.4 Tijdsplanning	23
3.4 Conclusie	24
HF 4: Ecologie	25
4.1 Inleiding	25
4.2 De beïnvloede gebieden	25
4.3 Beschrijving ecologie van de gebieden	26
4.3.1 Algemeen	26
4.3.2 Flora	28
4.3.3 Fauna	28
4.4 De ecologische gevolgen van de Duitse plannen	29
4.4.1 Algemeen	29
4.4.2 Oorzaken en gevolgen	29
4.4.3 Mitigerende- en compenserende maatregelen	31
4.5 Conclusie	31
HF 5: Probleemanalyse	34
5.1 Probleemstelling	34
5.2 Doelstelling	35
5.3 Uitgangspunten	35
5.4 Plan van aanpak	36
5.4.1 Algemeen	36
5.4.2 Besluitvormingsproces	36

	Pagina
HF 6: Modellering	37
6.1 Inleiding	37
6.2 Opzet van het model	37
6.2.1 Type model	37
6.2.2 Schematisering	37
6.3 Controle van het model	39
6.3.1 Algemeen	39
6.3.2 Controle	39
6.4 Kalibreren van het model	43
6.4.1 Algemeen	43
6.4.2 Kalibreren van model aan de hand van getijgegevens	44
6.4.3 Evaluatie	46
6.5 Gevoeligheid model	46
6.5.1 Algemeen	46
6.5.2 Numerieke gevoeligheden	47
6.5.3 Evaluatie	48
6.6 Conclusie	49
 HF 7: Besluitvorming omtrent stuwfase	50
7.1 Inleiding	50
7.2 Besluitvormingsproces	50
7.3 Cyclus 1: Identificatie mogelijke maatregelen	51
7.3.1 Probleemanalyse	51
7.3.2 Ontwerp fase	51
7.3.3 Evaluatie + analyse	53
7.3.4 Conclusie	55
 HF 8: Cyclus 2: Testen effecten en gevolgen van maatregelen	56
8.1 Inleiding	56
8.2 Opzet eliminatie van maatregelen	57
8.2.1 Het proces	57
8.2.2 Toetsing effect aan de hand van criteria	57
8.3 Bodemverlaging in combinatie met maatregelen ter voorkoming van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van de rivierbodem	59
8.3.1 Algemeen	59
8.3.2 Huidige situatie	59
8.3.3 Analyse effecten van bodemverlaging op morfologie	60
8.3.4 Analyse van de effectiviteit van maatregelen ter voorkoming van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden als gevolg van bodemverlaging	67
8.4 Stuwen in combinatie met maatregelen ter vermindering van pompen in de Ems-kering	77
8.4.1 Algemeen	77
8.4.2 Huidige situatie	77
8.4.3 Maatregelen ter vermindering van pompen in de Ems-kering	79

	Pagina
8.5 Stuwen van de Unterems in combinatie met maatregelen ter voorkoming van afname van natuurwaarde van de uiterwaarden	94
8.5.1 Algemeen	94
8.5.2 analyse van maatregelen	94
8.6 Diepgang schip verkleinen	97
8.6.1 Algemeen	97
8.6.2 Maatregelen	97
8.7 Evaluatie en conclusie	102
8.7.1 Evaluatie	102
8.7.2 Conclusie	104
 HF 9: Cyclus 3: Strategieën	 105
9.1 Inleiding	105
9.1.1 Herhaling doelstelling	105
9.1.2 Resultaten van cyclus 2	105
9.2 Het vormen van strategieën	106
9.2.1 Algemeen	106
9.2.2 Theoretisch mogelijke strategieën	107
9.3 Selectie van een strategie	114
9.3.1 Algemeen	114
9.3.2 Criteria	114
9.3.3 Beoordeling van strategieën	116
9.3.4 Keuze strategie	120
9.4 Toelichting strategie 3	122
9.4.1 De maatregelen	122
9.4.2 Het waterbeheer	124
9.5 Terugkoppeling / conclusie	128
9.5.1 Algemeen	128
9.5.2 Toetsing strategie aan doelstelling	128
 HF 10: Invloed alternatieve strategie op ontwerp Ems-kering	 130
10.1 Inleiding	130
10.2 De Ems-kering	130
10.3 Maatgevende scenario's	132
10.4 Strategie 3: afleiden van eisen t.a.v. de Ems-kering	134
10.4.1 Algemeen	134
10.4.2 Eisen Ems-kering voor de twee scenario's	135
10.5 Duitse plannen: afleiden van eisen t.a.v. de Ems-kering	142
10.5.1 Algemeen	142
10.5.2 Eisen Ems-kering voor twee scenario's	142
10.6 Afleiden van eisen voor de Ems-kering voor een stormvloed	148
10.7 Gevolgen verschillende eisen voor Ems-kering	149
10.7.1 Algemeen	149
10.7.2 Gevergelen voor de kering	149
10.8 Conclusie	152

	Pagina
HF 11: Strategie 3 versus Duitse plannen	153
11.1 Inleiding	153
11.2 Financiële voordelen aanpassen ontwerp Ems-kering aan strategie 3	153
11.3 Vergelijking van kosten van de plannen voor de stuwfase	154
11.3.1 Algemeen	154
11.3.2 Plannen in relatie tot criteria	155
11.3.3 Schematische vergelijking	157
11.4 Conclusie	158
HF 12: Conclusie en aanbevelingen	159
12.1 Conclusie	159
12.2 Aanbevelingen	161

**Bijlagen.**

- I      Kaart :            Overzicht gebied
- II     Kaarten:           Unterems  
                              außenems
- III    Literatuurlijst
- IV    Technisch tekeningen van Duitse ontwerp van Ems-kering
- V     Foto's:            Ems  
                              Unterems
- VI    Foto:              Dollard & Außenems
- VII   Foto's:            Meyer-werft  
                              Meyer-werf schepen
- VIII   Foto: brug over de Unterems
- IX    Getijgegevens + overstromingsfrequentie
- X    Kansverdeling afvoer Ems
- XI   Intensiteit scheepvaart
- XII   Bodemligging Duitse plannen & huidige situatie
- XIII   Modellering Rijkswaterstaat Dollard, Unterems en Außenems
- XIV   Indeling gebied in secties
- XV   Bezinksnelheid slib in Unterems
- XVI   Berekening keel clearance
- XVII   Berekening diepgang ~~verkleining~~ schip
- XVIII   Berekening kosten pomp
- XIX   Grafiek watertemperatuur en zuurstofgehaltes
- XX   Verdeling zoutgehaltes bij het afslaten van het stuwvolume

## 1. Inleiding.

In het noordwesten van Duitsland, stroomt het riviertje de Ems. De Ems gaat bij het plaatsje Hebrum over in het door getijden beïnvloede estuarium de Unterems (zie kaart bijlage I). Vervolgens volgt een ca. 45km lang smal estuarium voordat dit (te Pogum) overgaat in de Außenems en de Dollard.



Fig.1.1: Foto Unterems te Hebrum.

N.B.: Zie bijlage V voor meer foto's van het gebied.

In de monding van de Unterems (42km benedenstrooms van Hebrum) bij de plaatsjes Papenburg en Nendorp is een stormvloedkering/stuw gepland. De beweegredenen voor deze keuze zijn de volgende.

Een stormvloed in januari 1994 zorgde voor hoge waterstanden , welke in bepaalde delen van de Unterems nog nooit waren geregistreerd. Een waterstand van 4,58m+NN (NN=Normal Null≈MSL) in het bovenstroomse gedeelte van de Unterems zorgde voor bezorgdheid bij de omwonenden. De hoogte van de dijken zijn in dit bereik 6,76m+NN. Vervolgens zijn de opgetreden waterstanden in 1994 vergeleken met de waterstanden van een ‘legendarische’ stormvloed in februari 1962. Daarna zijn er twee theoretische stormvloeden gesimuleerd, gebaseerd op nieuwe veiligheidfilosofieën, om te controleren welke waterstanden de waterkeringen moeten kunnen keren. Hieruit volgde de conclusie dat de huidige waterkeringen (dijken) niet hoog genoeg zijn.

Naast de noodzaak om maatregelen te treffen om aan de nieuwe veiligheidseisen te voldoen, lijkt een economische factor de doorslag te hebben gegeven voor de keuze van de stormvloedkering / stuw i.p.v. dijkverhogingen. Een tweede functie die een kering kan vervullen is namelijk het vasthouden van het springtij in het dan ontstane stuwpand (Ems-

kering - Leda-kering - Stuw te Hebrum) teneinde een grotere waterdiepte in de Unterems te bewerkstelligen. Dit biedt mogelijkheden voor een scheepswerf gelegen nabij het plaatsje Papenburg (ca. 45km bovenstrooms van Emden), welke steeds grotere problemen krijgt met de afvaart van zijn schepen naar open zee i.v.m. de steeds grotere diepgang van de geproduceerde schepen. De manier om te voorkomen dat de werf gedwongen moet verhuizen - in z'n geheel of gedeeltelijk (ontwikkelen van een tweede standbeen) - teneinde niet in z'n groei geremd te worden, is om o.m. voldoende waterdiepte te garanderen in de Unterems. Het garanderen van deze waterdiepte kan geschieden door een combinatie van bodemverlaging, vasthouden van hoogwater en het opstuwen van het water in het door de Ems-kering gecreëerde stuwpand.

In 2002 is de afvaart van een schip gepland met een lengte van 300m een breedte van 38m en een diepgang bij afvaart van 8.3m (typerend voor de verwachte grootte van de toekomstig geproduceerde schepen).

In 1997 is door de Duitse overheden het besluit genomen om de Ems-kering (welke zowel een stuwend als een stormvloedkerende functie kan vervullen) te Gandersum-Nendorp te bouwen. Echter van bouwen is nog niet veel terecht gekomen aangezien de kering en de plannen tot het opstuwen van het water (de stuwfase) op veel protesten stuitten vnl. vanuit de hoek van milieu- en ecologieorganisaties. Tevens is de verplichte goedkeuring van de Nederlandse MER Commissie (noodzakelijk vanwege de grensoverschrijdende invloed) nog niet verkregen. Nadat een gerechtelijke uitspraak de Bundesanstalt fur Wasserbau - belast met o.m. het ontwerp van de Ems-kering - heeft verplicht tot het verder zoeken naar alternatieven voor de stormvloedkering/stuw, ligt de bouw volledig stil (datum: zomer 1999).

Er ligt reeds een ontwerp voor de kering (gedateerd 1998), welke bij eventuele gerechtelijke toestemming voor de bouw tot uitvoering wordt gebracht (Duitse ontwerp Ems-kering zie bijlage IV).

De voornaamste bezwaren zijn gericht tegen de Duitse plannen voor de stuwfase t.b.v. de afvaart van Meyer-werf schepen (het opstuwen van de Unterems in een 2~3 dagen lange periode). Het probleem is namelijk dat een combinatie van een bodemverlaging en stuwepeilverhoging in de Unterems behoorlijk ingrijpende veranderingen oplevert voor de ecologie. Deze ecologische veranderingen die de stuwfase met zich meebrengt zijn ogenschijnlijk onderschat. Het is waarschijnlijk dat als er meer aandacht wordt besteedt aan de stuwfase, er een oplossing gegenereerd kan worden dat minder belasting voor de natuur mogelijk maakt.

Doel van deze studie is om met inachtneming van de te verwachte ecologische bezwaren van het opstuwen van de Unterems, een alternatief plan te genereren dat afvaart van Meyer-schepen mogelijk maakt.

Het onderzoek is op de volgende wijze gestructureerd:

In de situatiebeschrijving (HF2) is de huidige situatie van het gebied beschouwd. In HF 3 zijn de Duitse plannen m.b.t. de stuwfase geanalyseerd, waarna in HF 4 de ecologische gevolgen van deze plannen zijn toegelicht. Naar aanleiding van HF 2 t/m 4 is in HF 5 de probleemstelling en doelstelling alsmede een plan van aanpak geformuleerd. In HF 6 is het Duflow model van de Unterems en omstreken dat gebruikt wordt toegelicht. In HF 7 is een besluitvormingsproces toegelicht, dat dient om op een gestructureerde wijze tot een oplossing te komen. Eveneens is in dit hoofdstuk cyclus 1 van dit proces toegelicht, waarin een brainstorm van alle mogelijke maatregelen is opgenomen. In HF 8 is in cyclus 2 van het besluitvormingsproces een groot aantal aanvullende maatregelen getest op effectiviteit.

---

In HF 9 is cyclus 3 van dit besluitvormingsproces uiteengezet, waarin van de effectieve maatregelen strategieën zijn gevormd. Uit deze strategieën is de beste gekozen, welke als alternatief voor de Duitse plannen dient. In HF 10 is de invloed van deze alternatieve strategie op het ontwerp van de Ems-kering bekeken. In HF 11 zijn de Duitse plannen vergeleken met de alternatieve strategie. Tot slot zijn in HF 12 de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

## 2 Situatiebeschrijving.

### 2.1 Inleiding.

Teneinde tot een goede formulering en analyse te komen van de problemen die (kunnen) ontstaan door de bouw en het beheer van de Ems-kering moet allereerst de huidige situatie bekend zijn. De huidige situatie van het gebied is eveneens belangrijk voor het creëren van oplossingen voor de te verwachte problemen.

In dit hoofdstuk wordt de rivier de Ems (vnl. de natuurlijke afvoer), het estuarium de Unterems (vnl. de bodemligging en de bruggen), het Leda-Jumme gebied, de Außenems en de Dollard belicht. Tevens wordt de getijbeweging en de scheepvaart op de Unterems beschouwd alsmede de te Papenburg gelegen Meyer-werf.

### 2.2 De rivier de Ems.

De rivier de Ems vindt z'n oorsprong in het gebied ten noordoosten van Dortmund met het Eggegebirge als bron. De rivier de Ems heeft een stroomgebied van ca. 12,650km<sup>2</sup>. Circa 150km ten noorden van de 'bron' gaat de rivier te Hebrum over in het estuarium de Unterems (zie fig.2.1).

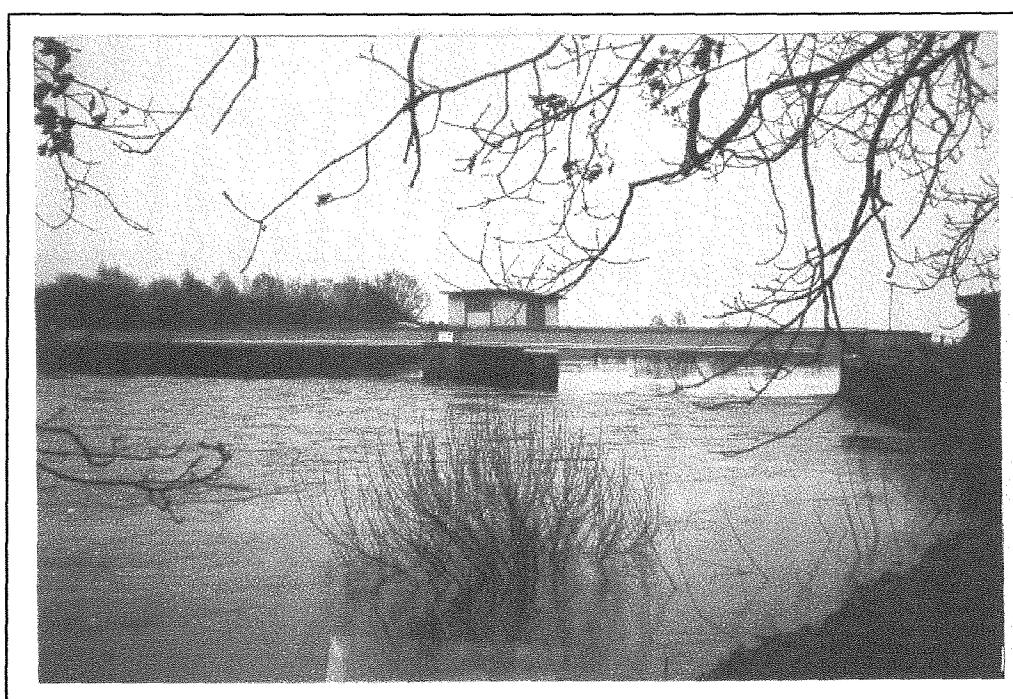


Fig 2.1: Foto stuw te Hebrum.

Het debiet van de Ems varieert gemiddeld genomen door het jaar als volgt: zie fig. 2.2.

Extreem lage afvoer:	$5,20\text{m}^3/\text{s}$
Gemiddelde lage afvoer:	$15,10\text{m}^3/\text{s}$
Gemiddelde afvoer:	$78,80\text{m}^3/\text{s}$
Gemiddelde hoge afvoer:	$369,0\text{m}^3/\text{s}$
Extreem hoge afvoer:	$1200,0\text{m}^3/\text{s}$

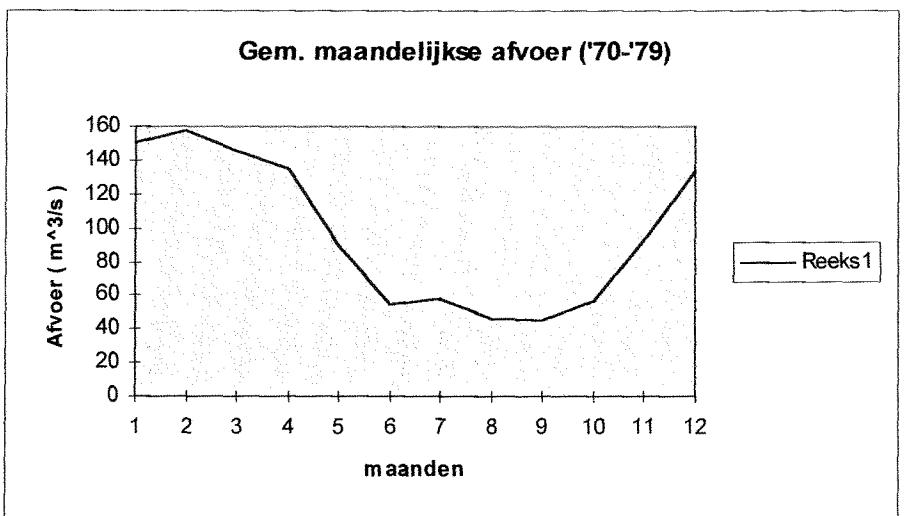


Fig. 2.2: Grafiek maandelijks gemiddelde afvoer voor de periode 1970-1979 [bron:lit.1]

### 2.3 Het estuarium de Unterems.

Het estuarium met de benaming Unterems strekt zich uit van Hebrum (de stuwe) tot Pogum (5km ten oosten van Emden) en heeft een lengte van ca. 45km (zie kaart volgende blz.).

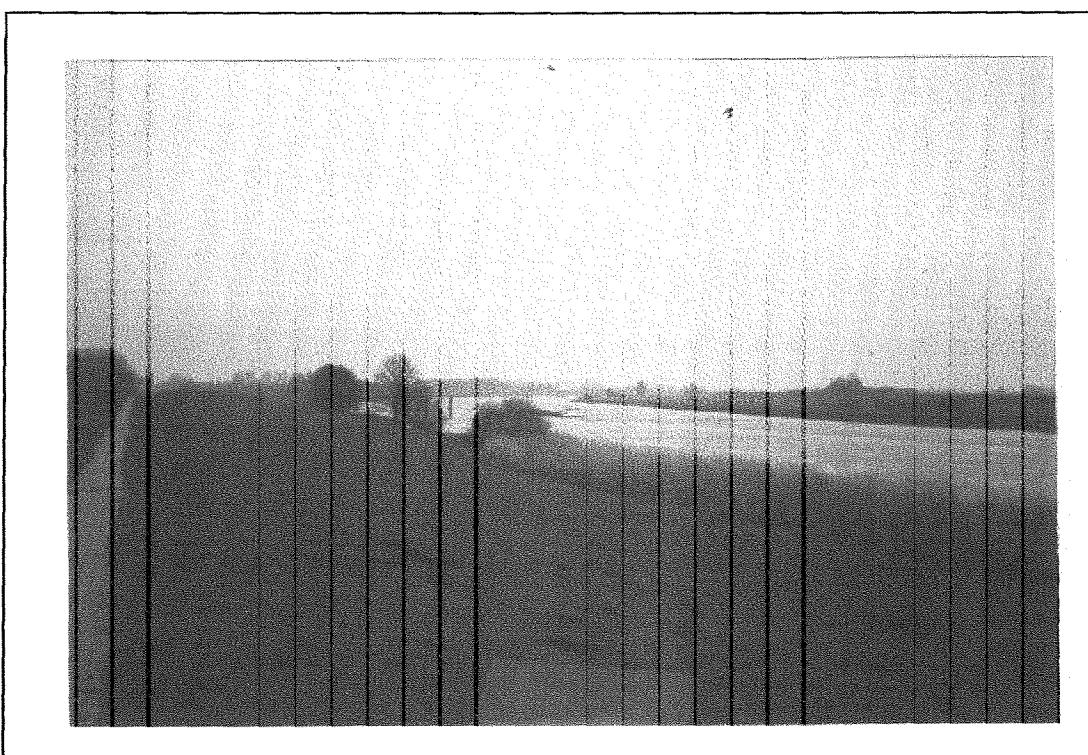
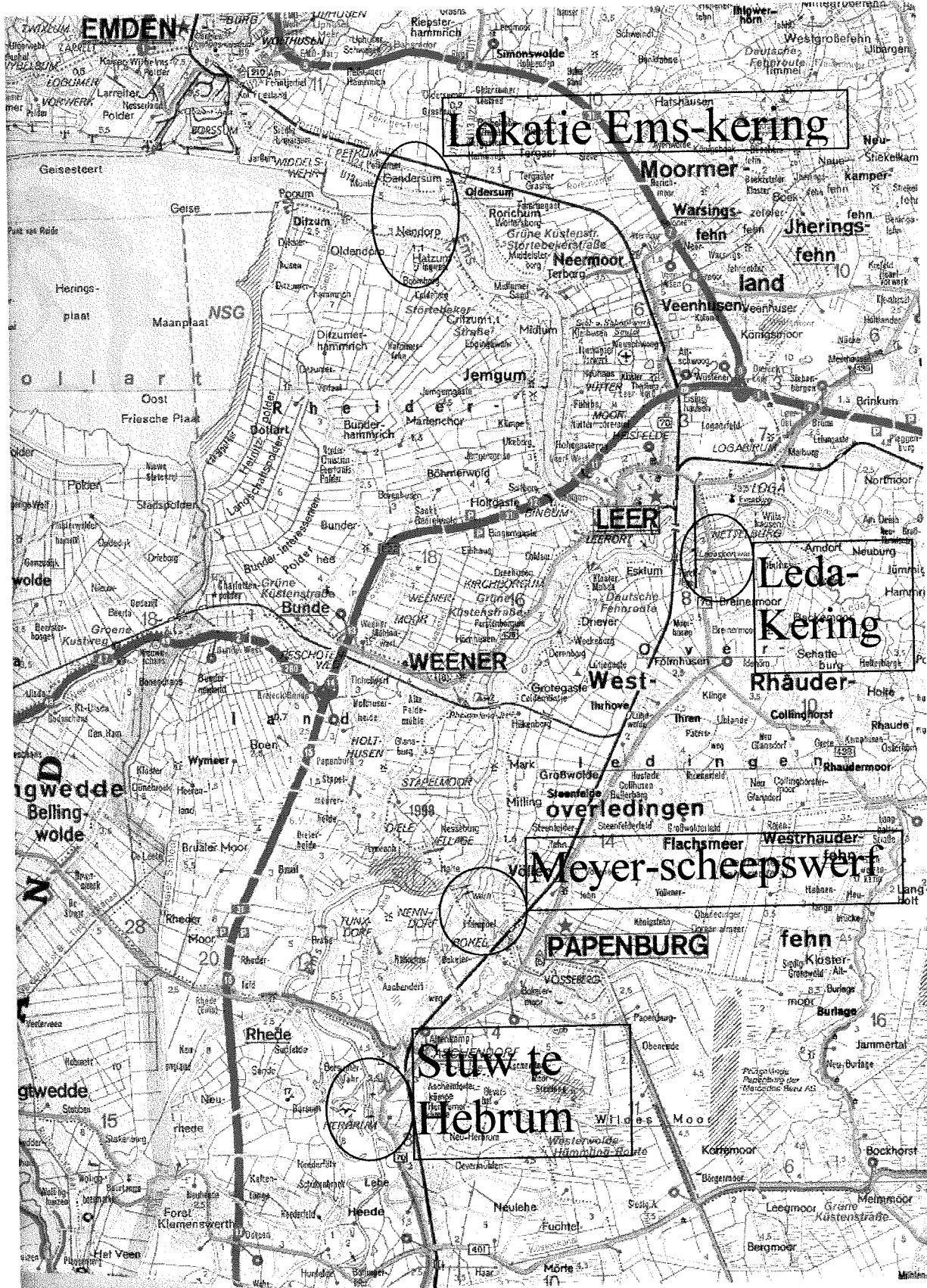


Fig.2.3: Foto Unterems te Weener



In de 19<sup>e</sup> eeuw was op het traject Papenburg-Emden (tegenwoordig Unterems) een minimale waterdiepte van 3.5m beschikbaar (vermoedelijk bij HW) en bestond de tegenwoordig benaamde Unterems uit vele bochten. Ter bevordering van de navigatie en de waterbeweging zijn in de 20<sup>e</sup> eeuw enkele bochten afgesneden en is de waterdiepte tot 6m (bij HW) vergroot. Tegenwoordig bestaat het estuarium de Unterems te Hebrum uit een licht slingerend smal water met een breedte van 50m oplopend naar een breedte van ca. 600m te Pogum. De totale breedte van de uiterwaarden (aan beide kanten) varieert van 1km tot enkele tientallen meters.

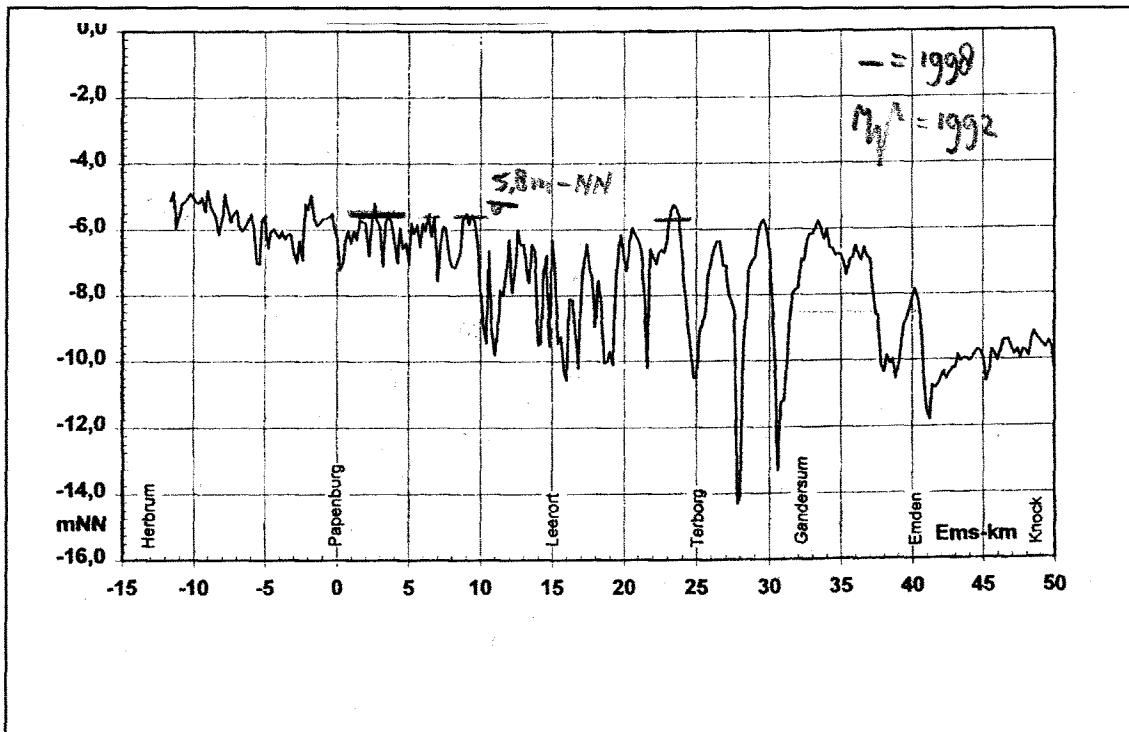


Fig.2.5:Lengteprofiel bodemligging van de vaargeul van de Ems 1992 en 1998[bron:lit.22]

De bodemligging van 1998 wordt als uitgangspunt genomen bij deze studie.

Over de Unterems bevinden zich twee bruggen nl:

De ‘oude’ spoorbrug te Weener,  $B_{doorvaart}=23\text{m}$  (foto zie bijlage VIII) en de recentelijk vernieuwe brug(1990) te Leer,  $B_{doorvaart}=40\text{m}$ . (foto zie fig.2.6)

Tevens is er een tunnel te Bingum voor een snelweg [31] . Deze ligt op een dusdanige diepte dat dit geen problemen oplevert bij een eventuele bodemverlagingen.



Fig. 2.6: Foto brug te Leer

#### **2.4 Het Leda- Jumme gebied.**

Halverwege dit estuarium bevindt zich een aftakking van de Leda, welke de getijbeweging tot ver in het achterland (het Leda-Jumme veengebied) laat doordringen. De Leda (en de Jumme) hebben tezamen slechts een kleine natuurlijke afvoer ( $Q_{\max,\text{gem}}=30\text{m}^3/\text{s}$  en  $Q_{\min,\text{gem}}=0\text{m}^3/\text{s}$ ). Vlak na de aftakking van de Unterems staat een stormvloedkering, welke het Leda-Jumme gebied moet beschermen tegen wateroverlast.

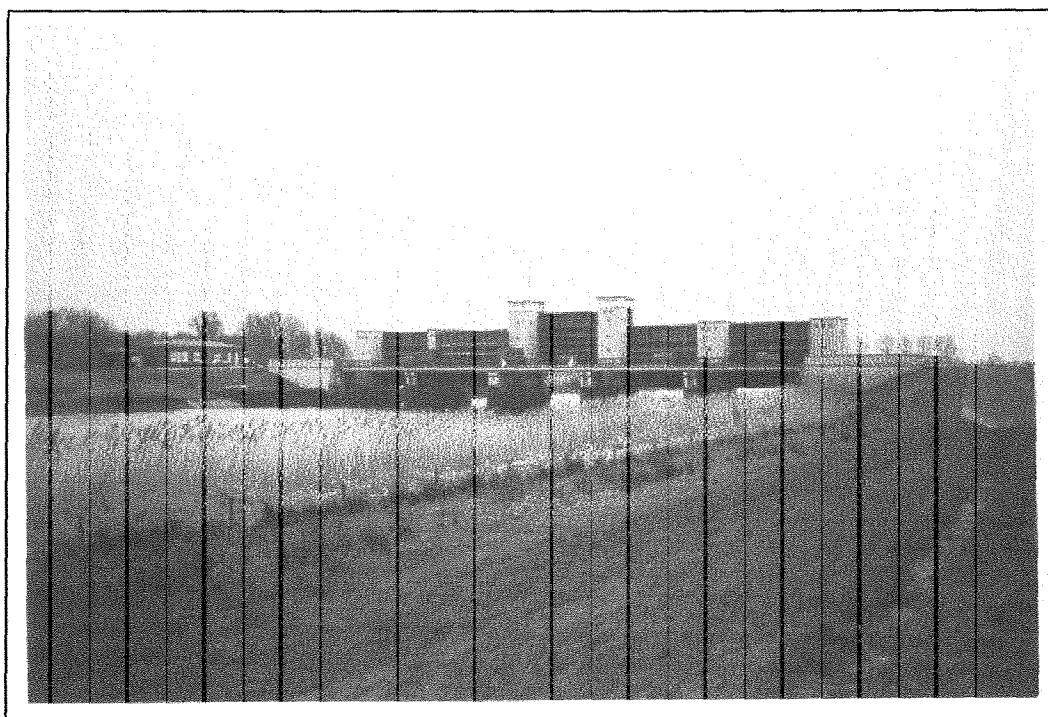


Fig.2.7: Foto Leda-kering.

## 2.5 De Außenems en Dollard.

Het gebied vanaf Pogum tot aan het waddeneiland Borkum wordt benaamd de Außenems. Dit estuarium herbergt de havens Eemshaven, Delfzijl en Emden (zie kaart bijlage II).

De Dollard is gelegen op de overgang van de Unterems en de Außenems echter is door een lange strekdam (Geise Leitdamm) gescheiden van het Emder Fahrwasser. De Dollard is een groot slakkengebied (oppervlakte van 5000~6000ha) dat voor grote delen droogvalt bij eb. Het is een gebied met grote natuurwaarde met nagenoeg geen scheepvaart.

## 2.6 Getijbeweging.

In de Außen- en Unterems heerst een getij met een gemiddelde periode van ongeveer 12h 25'. De getijcurve is asymmetrisch wat in dit geval inhoud dat de vloedperiode gemiddeld 55 minuten korter duurt dan de ebperiode. Gevolg hiervan is dat ter plaatse van Pogum (monding van de Unterems) de max. vloedstroom sterker is dan de max. ebstroom.

Vloedstroom: 1,50m/s

Ebstroom: 1,20m/s

De getijgolf doet er ruim 1 ½ uur over om het traject Emden-Hebrum af te leggen. Laagwater treedt in Hebrum een kleine drie uur later op dan in Emden. Het verschil tussen GHW en GLW neemt stroomopwaarts gezien af van 3,2m te Emden tot 2,5m te Hebrum. Echter de bereikte gemiddelde hoogwaterstanden nemen toe van 1,5m+NN te Emden tot 1,9m+NN te Hebrum.

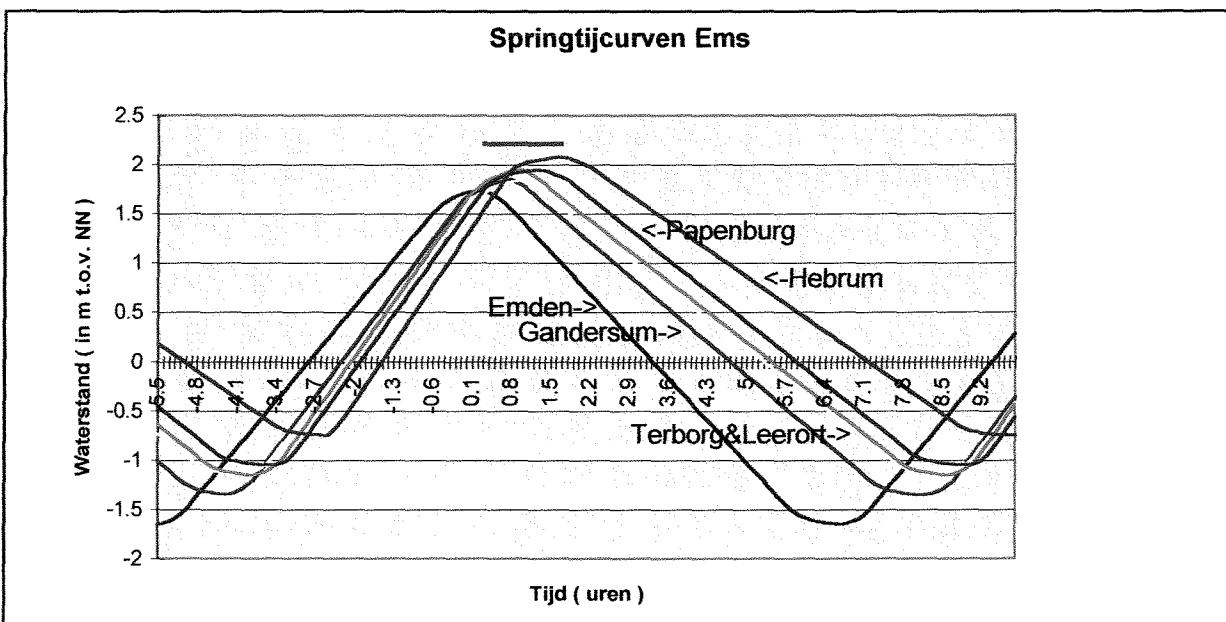


Fig.2.8: Geschematiseerd verloop van springtijcurven op verschillende lokaties.

[bron:lit.1,7,20,23]

## 2.7 Scheepvaart.

De scheepvaart bewegingen in de Unterems zijn voor deze studie zeer relevant. De scheepvaart op de Unterems bestaat voornamelijk uit binnenvaartschepen en voor een klein deel uit zeeschepen. Over 1994 t/m 1996 vonden er tussen de 9900 en de 12800 noemenswaardige scheepsbewegingen plaats per jaar. Ongeveer 10% hiervan bestond uit zeeschepen.

De grootste binnenvaartschepen hebben over het algemeen de volgende afmetingen:

Lengte max.:	95m
Breedte max.:	9,5m
Diepgang max.:	2,7m
Hoogte max.:	6,75m
Tonnages max.:	800 tot 2000 ton.

De binnenvaart heeft naast bestemmingen aan de Unterems (Leer, Papenburg enz.) ook vaak bestemmingen verder bovenstroms van Hebrum. De bestemmingen verder naar het zuiden kunnen worden bereikt via de gekanaliseerde Ems en het Ems-Dortmundkanal (max. tonnage:1000ton; klasse III) . Bestemmingen ten westen van Hebrum kunnen via het kustenkanal worden bereikt (max. tonnage:1000ton;klasse III)

De ‘normale’ zeeschepen (niet de schepen van de Meyer-werf) die bestemmingen op de Unterems aandoen hebben de volgende afmetingen:

Lengte max.:	118m
Breedte max.:	18m
Diepgang max.:	4,5m
Tonnage max.:	6000ton.

De intensiteit van de scheepvaart ter plaatse van de monding van de Ems varieert door het jaar en in de week volgens een ogenschijnlijk vast patroon. In de maanden April t/m Juli is de intensiteit ongeveer 50% groter dan de rest van het jaar, over de week gezien is de intensiteit op zaterdag 10% en op zondag 50 tot 75% kleiner dan de rest van de week.  
(Grafiek verloop scheepvaart over de week en over het jaar zie bijlage XI).

bron:lit.21.

## 2.8 Meyer-werf.

De Meyer-werf is een scheepswerf gelegen te Papenburg (voor lokatie zie bijlage I en II). Het is een familiebedrijf met een geschiedenis van reeds 2 eeuwen. De werf heeft zich de laatste decennia toegelegd/gespecialiseerd op de bouw, onderhoud en reparatie van LPG/LNG tankers, passagiersschepen en cruiseschepen (foto's schepen en werf zie fig. 2.9 en bijlage VII).

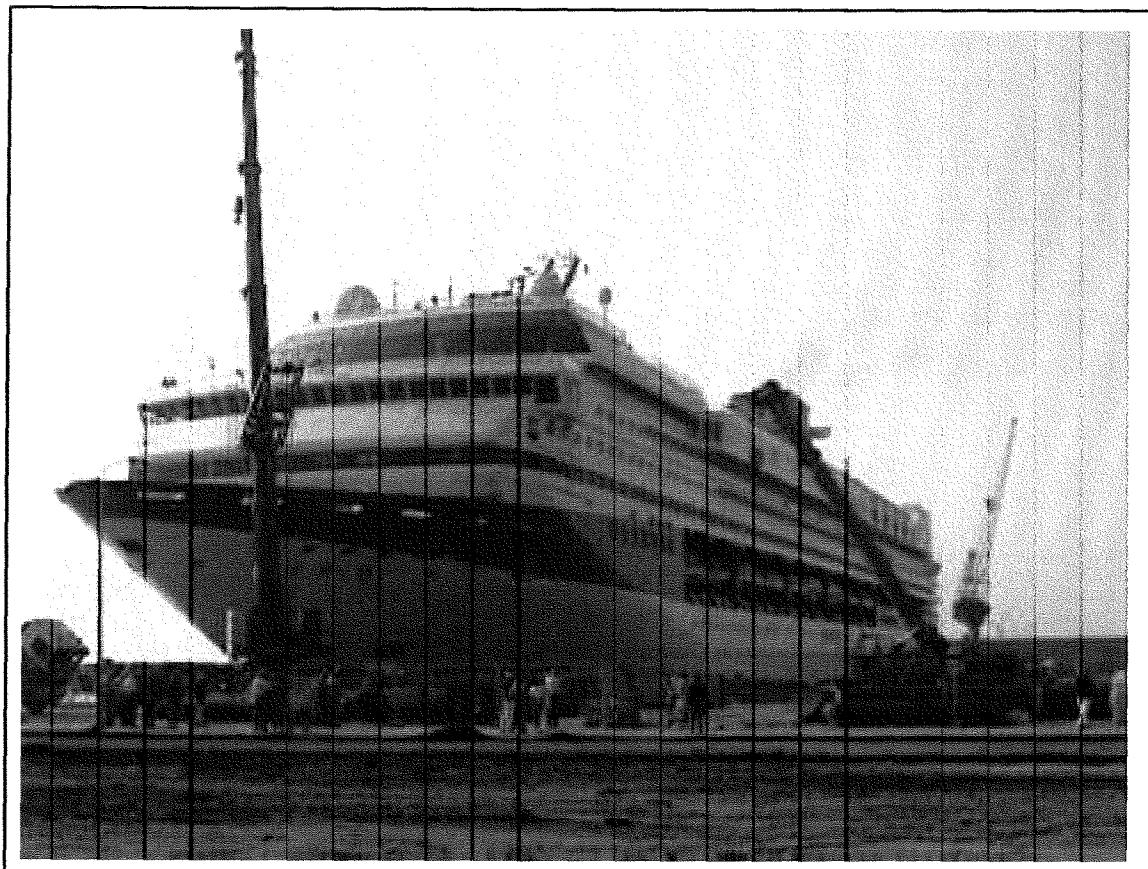


Fig. 2.9: Foto cruiseschip Leo ( $l*b*d=270m*32m*7.4m$ )

Te Papenburg is een apart havenbekken gecreëerd, welke d.m.v. een sluis is afgezonderd van de getijbeweging op de Unterems. De beschikbare diepgang in het havenbekken(1988) is 7m bij een waterstand van 0.80m+NN. In de tachtiger jaren is een zgn. side lock gebouwd met dezelfde diepgang, omdat de breedte van de sluis niet meer voldeed i.v.m. de steeds grotere geproduceerde schepen.

$$B_{sluis} = 26m$$

$$L_{sluis} \approx 150m$$

$$B_{sidelock, doorvaart} = 38m$$

$$D_{drempeI,sidelock} = 6.8m-NN$$

De afvaart en opvaart van de steeds groter wordende schepen op de Unterems heeft een drietal beperkingen opgeleverd voor de schepen van de werf nl. max. breedte, max. lengte en max. diepgang.

In de tachtiger jaren werden de afmetingen van de bruggen een probleem. De doorvaartbreedte van de brug te Weener is vergroot door het verwijderen van een sectie van de brug ten tijde van de afvaart (of opvaart). De brug te Leer is vervangen door een nieuwe eind jaren 80.

$$B_{doorvaart:brug,Weener} = 24.70m$$

$$B_{doorvaart:brug,Weener,na demontage} = 40m$$

$$B_{doorvaart:brug,Leer} = 40m$$

In de jaren tachtig zijn nog enkele rivierverbeteringen toegepast (verbetering van bochten), welke de maximale lengte van de schepen die tot afvaart konden komen vergrootte van ongeveer 200m tot ongeveer 300m.

bron:lit.18

Tegenwoordig gaat de beschikbare diepgang een probleem worden aangezien - bij de huidige omstandigheden (bodemligging 1998) in combinatie met springtij - schepen met een diepgang van maximaal 7.4m tot afvaart/opvaart kunnen komen. Dit probleem is dan ook onderwerp van deze studie.

De Meyer-werf is een economisch sterke kracht in een economisch zwakke regio en heeft daardoor veel belang voor de regio. De werf bood in 1998 werk aan ca. 1800mensen. Bij toeleveranciers werken naar schatting nog eens ruim 2500 mensen.

### 3 Duitse plannen.

#### 3.1 Inleiding.

Teneinde inzicht te krijgen in de effecten op het constructieve vlak, de invloed op de natuur (ecologie komt uitvoerig aan de orde in HF 4) alsmede om te achterhalen waar de knelpunten van de Duitse plannen liggen zijn de Duitse plannen beschouwd. Dit alles om tot een beter plan voor de afvaart van schepen van de Meyer-werf te komen.

Allereerst wordt de geplande lokatie van de Ems-kering en het ontwerp van de stuww/stormvloedkering besproken. Vervolgens worden de plannen besproken die de afvaart van het schip mogelijk maken, waarna de conclusies kunnen worden getrokken.

#### 3.2 De Ems-kering.

##### 3.2.1 De lokatie.

Het Duitse ontwerp van de stormvloedkering/stuw voorziet in een kering op de lokatie Gandersum-Nendorp (lokatie zie kaart bijlage I en II). De lokatie is met inachtneming van diverse belangen gekozen en is hoofdzakelijk gebaseerd op de volgende punten.

- De stormvloedkering beschermt een groot deel van de bovenstrooms gelegen dijken van de Unterems.
- Een natuurgebied stroomafwaarts van Gandersum (Nendorper vorland) zal door deze locatie keuze nauwelijks worden belast.
- De te ‘overbruggen’ afstand tussen de twee hoofddijken is klein: 1040m.
- Sluizen, gemalen en havens benedenstrooms van de gekozen locatie ondervinden weinig hinder.
- Met het oog op stroming en scheepvaart is de locatie gunstig gebleken.

##### 3.2.2 Het ontwerp.

De breedte van de Unterems (van dijk tot dijk ongeveer 1000m) op de geplande lokatie wordt voor een deel door een dijk afgedamd en voorziet in de overige lengte van 477m ( $\approx$ breedte Unterems waterlijn bij NN) in een afsluitwerk. In de stormvloedkering zijn 8 doorlaat openingen, waarbij de eerste en de vierde t/m de achtste opening (van noord naar zuid bekeken) als spuiopingen dienen. De tweede en de derde opening zijn hoofdzakelijk bedoeld voor doorvaart van schepen, waarvan de tweede opening de hoofddoorvaart voor de zeescheepvaart vertegenwoordigt ( $B_{doorvaartbreedte}=60m$ ;  $D_{liggingdrempe}=9m-NN$ ;  $H_{doorvaart}=\infty$ ) en de derde opening is bedoelt voor de doorvaart van de binnenvaart ( $B_{doorvaartbreedte}=50m$ ;  $D_{liggingdrempe}=7m-NN$ ;  $H_{doorvaart}\approx6.5m+NN$ ). De kering is niet voorzien van een schutsluis, zodat bij een gesloten kering doorvaart niet mogelijk is.  
(Technische tekeningen Ems-kering zie bijlage IV)

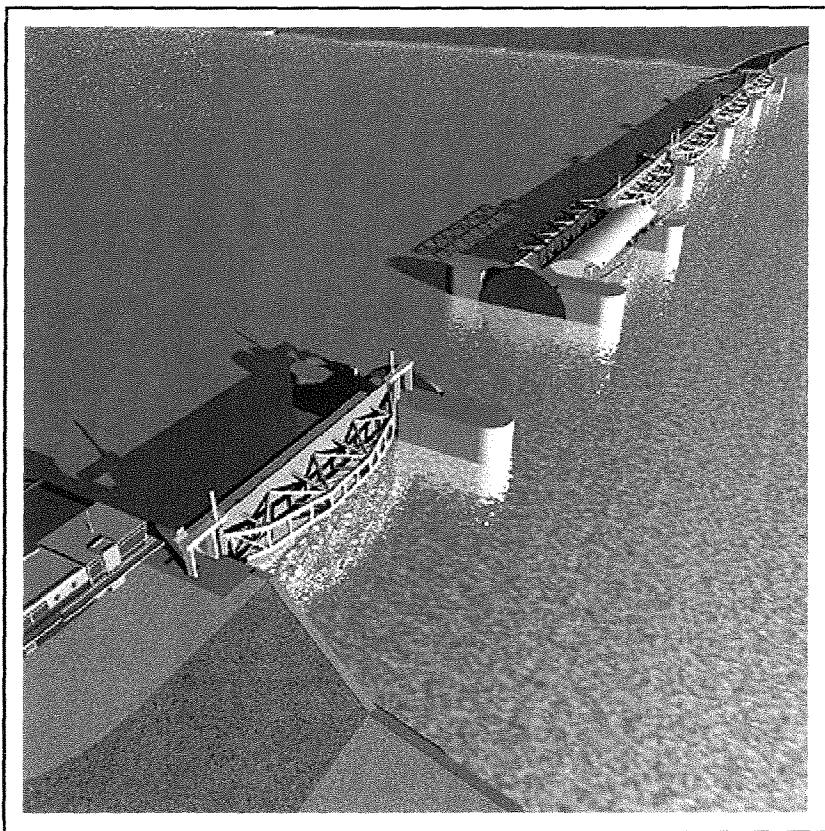


Fig. 3.1: Artists- Impression Ems-kering.

N.B. De afbeelding is niet geheel correct aangezien de achtste opening (spuiopening) aan het zuideinde (bovenaan in het plaatje) ontbreekt.

### **3.3 Het waterbeheer.**

#### **3.3.1 Algemeen.**

De problemen bij de afvaart van het schip wat in de nabije toekomst tot afvaart moet komen ( $L=300m$ ,  $B=38m$ ,  $D=8.3m$ ) liggen bij de benodigde waterdiepte. Het schip heeft een diepgang van 8.3m bij de afvaart, en teneinde problemen m.b.t. de zakking van het waterpeil en opwoelen van bodemmateriaal bij de doorvaart zoveel mogelijk te voorkomen is een keel clearance van  $\frac{1}{2}m \sim 1m$  noodzakelijk. Daarmee komt de benodigde waterdiepte voor de afvaart op 8.8~9.3m. Om deze waterdiepte te bereiken zijn er plannen opgesteld om de bodemligging te verlagen alsmede om het waterpeil in de Unterems tot 1m boven GHHW op te stuwen (stuweil 2.7m+NN).

De afvaart van grote schepen vindt plaats in de ‘winterperiode’.

#### **3.3.2 Bodemverlaging.**

De geplande bodemverlaging houdt een verlaging in tot 6.3m-NN (excl. baggertolerantie/overdiepte) wat een bodemverlaging van maximaal 0.8m ten opzichte van de situatie van 1998 inhoud (zie fig. 3.2).

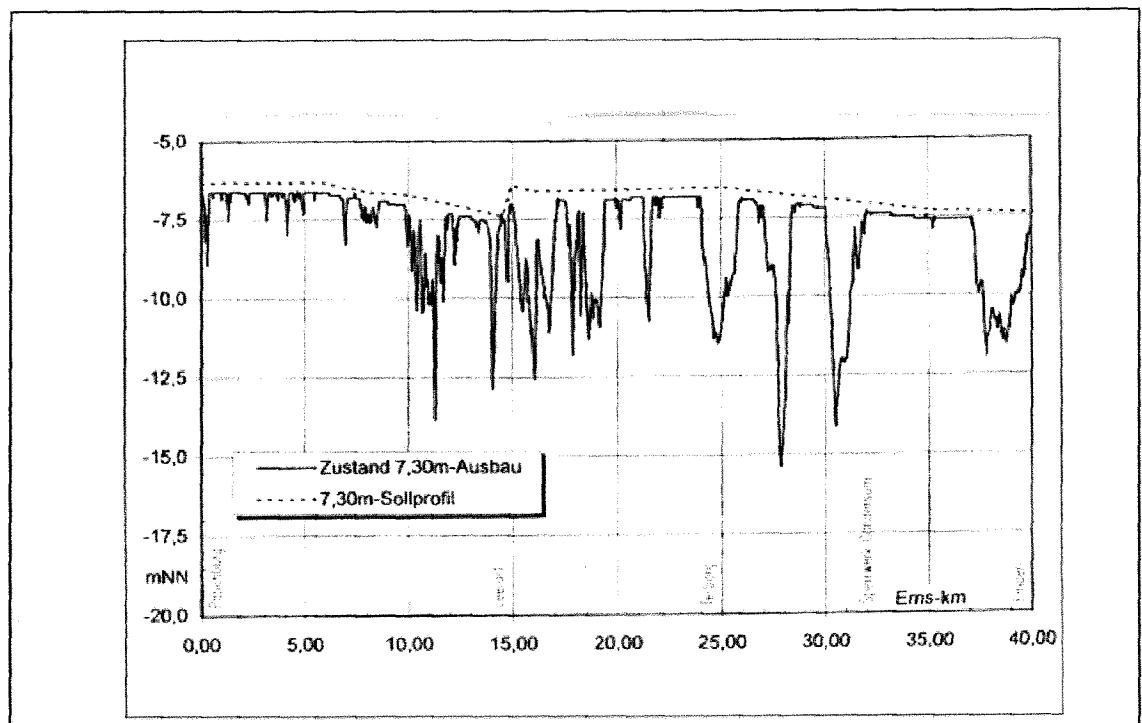


Fig.3.2: Geplante bodemligging

Voor de bodemverlaging moet ca. 2miljoen  $m^3$  bagger worden verwijderd. Tevens is er een kans dat een toename van onderhoudswerkzaamheden ontstaat, aangezien een afname van stroomsnelheden te verwachten valt.

De BAW verwert dit aangezien er naar verwachting geen verandering in de zweefstofhuishouding optreedt. Er treedt nl. naar hun zeggen nauwelijks verandering van de stroomsnelheden op, aangezien de vergroting van het stroomvoerend oppervlak (bodemverlaging) wordt gecompenseerd door een sterkere getijgolfdoordringing.

### 3.3.3 De waterstandsverhoging.

Er zijn twee scenario's voor het stuwen opgesteld een voor de 'winterperiode' 16sept. t/m 15mrt. en een voor de 'zomerperiode' 16mrt. t/m 15sept.. Deze indeling is gebaseerd op het ontzien van de natuur, belangen van overige scheepvaart en landbouwbelangen.

In de 'winterperiode' is een maximaal stuwepeil van 2.7m+NN met een maximale totale tijdsduur van de stuwfase van 3 etmaal toegestaan. In de 'zomerperiode' is een maximaal stuwepeil van 1.75m+NN met een totale tijdsduur van de stuwfase van 12u25 toegestaan.

Het stuwepeil verhogen gedurende de winterstuwfase wordt bereikt door allereerst een optredend springtij te vangen in het Leda-Jumme gebied en een getijperiode later (12u25) in de Unterems (Stuwpan: Ems-kering, Leda-kering en de stuwe te Hebrum). Vervolgens wil men het peil verhogen door water toe te voegen van de rivier de Ems, de Leda, pompen in de Ems-kering en uit omringende gebieden. De hoeveelheid water die toegevoegd moet worden is de waterschijf in het 42km lange stuwpand tussen de waterstand na sluiting van de kering 1,70m+ NN en het gewenste stuwepeil van +2,70m NN. Het toe te voegen stuwhvolume is ongeveer 24 miljoen  $m^3$  water.

De benodigde hoeveelheid van ca. 24 miljoen  $m^3$  water is men van plan op de volgende manier te bereiken.

1. Natuurlijke afvoer van de Ems:  $16,6m^3/s$  (gemiddelde van de jaarlijks laagste afvoeren over de periode '41 - '93) \*48uur = 2.9 miljoen  $m^3$  water.
2. Pompen in de Ems-kering:  $50 m^3/s * 48$  uur = 8,8 miljoen  $m^3$  water.
3. Het naast de Leda-kering geplande gemaal ( $Q_{ledagemaal}=30m^3/s$ ) \*48uur = ca. 4.0 miljoen  $m^3$
4. Het inlaten/pompen van water uit ' hoger' gelegen gebieden. +/- 2 miljoen  $m^3$  water in de Ems bovenstroms van Hebrum, +/- 2 miljoen  $m^3$  water uit het spaarbekken te Geeste, +/- 1 miljoen  $m^3$  water uit het kustenkanaal (water uit de Hunte), +/- 1 miljoen  $m^3$  water uit het Thusfelder Talsperre en +/- 2 miljoen  $m^3$  water uit hoger gelegen gebieden rond de Ems. Deze 'bronnen' welke onder de noemer hoger gelegen gebieden vallen, dragen ca. 8 miljoen  $m^3$  water bij.

In totaal is dit 23,7 miljoen  $m^3$  water.

Voor het toevoegen van het water is max. ca. 48 uur gereserveerd.

Het afsluiten van dit stuwwolume is gepland in ca. 3~5 uur. Dit levert een tweetal problemen op nl. sterke beïnvloeding van zuurstofgehaltes en zoutgehaltes in het water van Außenems, Unterems en Dollard en problemen m.b.t. de constructieve eisen van de kering. De maximale debieten (als gevolg van de getijbeweging) die normaliter optreden in de doorsnede Gandersum-Nendorp liggen in de orde van grootte van  $2000\sim3000m^3/s$  de maximale afvoeren van de Ems zijn ca.  $1200m^3/s$ .

### 3.3.4 Tijdsplanning.

De Duitse plannen m.b.t. de stuwfase voorzien in een tijdsplanning die de korte tijdsduur, welke de stuwfase((b)t/m(f)) ter beschikking staat, zo efficiënt mogelijk benut. In de stuwcyclus zijn er 7 fasen te onderscheiden nl.: (a)sluiten Leda-kering, (b)sluiten Ems-kering, (c)stuwen, (d)afvaart schip, (e)spuien, (f)openen Ems-kering en (g)openen Leda-kering.

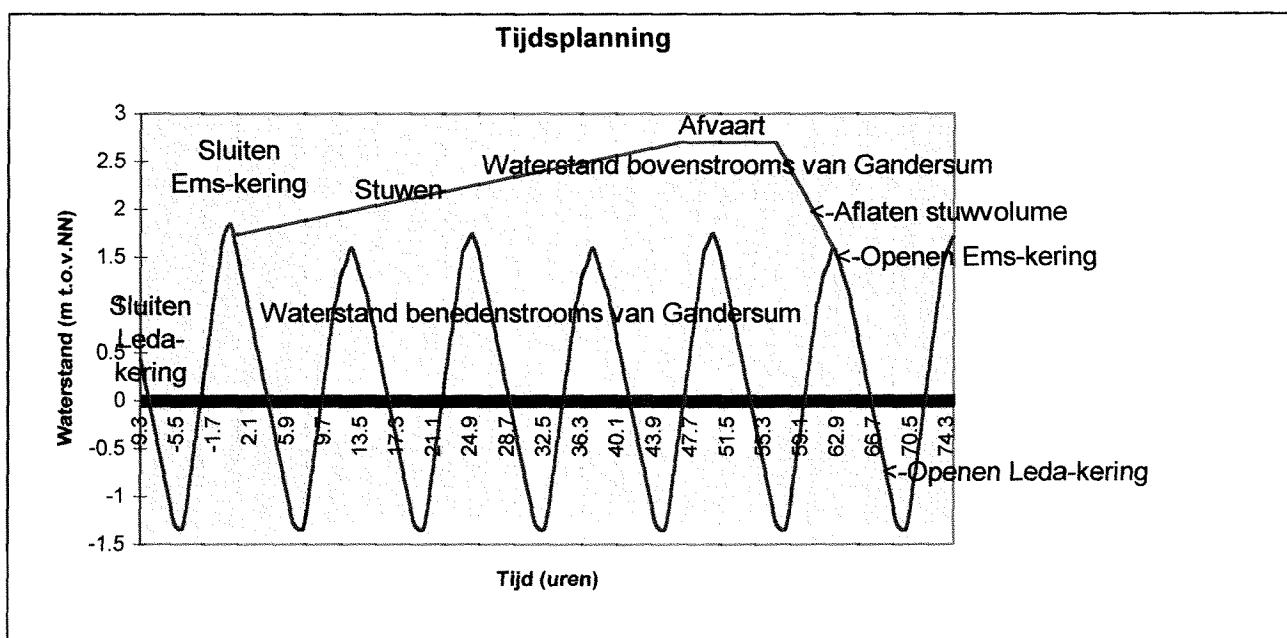


Fig. 3.3: De geplande tijdsindeling voor de ongunstigste situatie (  $Q_{ems}= 16.6m^3/s$  en  $Q_{Leda}= 0m^3/s$ ).

Voor het stuwen is ca. 48 uur gereserveerd, voor de afvaart is ca. 8uur gereserveerd en voor het afslaten van het stuwwolume is 5 uur beschikbaar. Bij hogere afvoeren van de Ems kan de tijdsduur van de stuwfase ingekort worden.

[Bron:lit.20t/m23]

### **3.4 Conclusie.**

De problemen waar de Duitse plannen op constructief - en financieelgebied op stuiten zijn de volgende.

#### *Financieel*

De kosten die de bouw van de kering met zich meebrengt zijn nog eens vergroot door de plannen pompen in de kering te plaatsen..

Er ontstaan extra kosten (naar alle waarschijnlijkheid) door de noodzaak voor uitbreiding van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden voor het handhaven van de bodemverlaging.

#### *Constructief*

Er zijn constructieve problemen te verwachten voor de kering m.b.t. het snel afslaten van het stuwwolume en de daarbij optredende vervallen en stroomsnelheden. Door grote belastingen is bijv. een zware bodembescherming benodigd.

De ecologische gevolgen van de Duitse plannen komen in het volgende hoofdstuk aan de orde.

## 4 Ecologie.

### 4.1 Inleiding.

De aanleg van de kering en het bijbehorende waterbeheer kunnen o.a. bezwaarlijk zijn voor flora en fauna in het gebied. Om de bezwaren te achterhalen is een uitgebreide studie gedaan naar de huidige stand van zaken op ecologie gebied en de te verwachte effecten van een kering.

Allereerst worden de beïnvloede gebieden aangestipt, waarna de ecologische waarde van de gebieden wordt belicht. Vervolgens worden de ecologische gevolgen van de Ems-kering voor het gebied en de geplande mitigerende en compenserende maatregelen toegelicht. Tot slot wordt de conclusie getrokken.

### 4.2 De beïnvloede gebieden.

De stuwdam/stormvloedkering heeft voor de volgende gebieden invloed op de natuur.

Op de eerste plaats gaat er als gevolg van de bouw van de stuwdam leefgebied verloren (overbouwing+indirect) bij Gandersum (de eigenlijke locatie voor de kering). Dit stuk leefgebied van de flora en fauna (o.m. beitelsand) is een gebied waar vooral veel broed- en gastvogels vertoeven. Deze kunnen vanwege de eigenlijke bouw (licht- en geluidsoverlast) en het in bedrijf zijn van de kering/stuw veel nadeel ondervinden. Verwacht wordt een verlies van leefgebied voor de vogels van ongeveer 50ha tijdens de bouw en van 13ha tijdens het in bedrijf zijn. Dezelfde problemen gelden, echter in veel mindere mate, voor de aanleg van het gemaal bij de Leda.

Op de tweede plaats wordt de Unterems en het Leda-Jumme gebied bovenstroms van de kering (traject: Gandersum - Hebrum) beïnvloed door het opstuwen van water t.b.v. de afvaart. Dit stuk ondervindt hinder van de gevolgen van de langdurige hoge waterstanden nl. verandering van het zoutgehalte, lage zuurstofgehaltes, sedimentatie op uiterwaarden en kans op ontstaan van botulisme.

Op de derde plaats wordt het gebied benedenstroms van de Emskering beïnvloed (Dollard en Außems). Dit gebied heeft vooral te maken met het risico van schade door het afslaten van het water (einde van stuwfase) met onnatuurlijke concentraties aan zuurstof, zout, zwevende stoffen en het ontstane botulisme.

Op de vierde plaats ondervinden gebieden bovenstroms van Hebrum invloed. Hieruit wordt water onttrokken voor het opstuwen.

## **4.3 Beschrijving ecologie van de gebieden.**

### **4.3.1 Algemeen.**

#### **4.3.1.1 Unterems**

Het gebied rond en om de Unterems (Hebrum-Gandersum) heeft op redelijk veel stukken een rijke plantenwereld. Dit gebied bezit vooral natuurwaarde in de vorm van uiterwaarden. Het oppervlak van deze uiterwaarden (tussen Gandersum en Hebrum) bedraagt ongeveer 1600ha. 400ha. bestaat hoofdzakelijk uit (verwilderd) grasland, moeras en rietland en 1000~1200ha wordt voor landbouwdoeleinden (vnl. veeteelt) wordt gebruikt (zie kaart indeling grondgebruik bijlage II). De landbouwgronden op de uiterwaarden worden als waardevol beschouwd.

Dit gebied wordt beïnvloed door het waterbeheer tijdens de stuwfase aangezien het gros van de uiterwaarden tussen de 1.5m+NN en de 2.7m+NN ligt en dus bij een stuweil van 2.7m+NN onder water komt te staan.

In het gebied tussen Hebrum en Papenburg zijn brede uiterwaarden te vinden met een lage landbouwkundige waarde (de voor landbouw benutte gedeelten zijn met een zomerdijk omgeven). Dit gebied met veel moerasland bezit dan ook een rijke variëteit aan biotooptypen. In het gebied van Papenburg tot Leerort zijn slechts smalle uiterwaarden te vinden, welke voor een groot deel voor de landbouw worden benut.

In het licht van de bouw van de geplande kering zijn twee belangrijke lokaties met hoge natuurwaarde aan te wijzen nl. Beitelke sand en het Petkumer vorland (rijke broed- en rustplaatsen voor vogels), die direct beïnvloed worden door de bouw van de stuweil.

Opgemerkt moet worden dat gebieden waar intensieve of extensieve veeteelt wordt bedreven wel degelijk een grote natuurwaarde kunnen hebben.

Er treedt tegenwoordig een belangrijk verschijnsel op, welke een grote invloed heeft op de waterkwaliteit in de Unterems. Met een afnemende afvoer van de rivier de Ems in het laatste decennium dringt de zouttong (welke veel zwevende stoffen met zich meebrengt) verder door in de Unterems. Dit is tezamen met de bodemverlagingen (doorgevoerd in het verleden), welke een toename van slibbodem tot gevolg heeft (zie Fig. 4.1), verantwoordelijk voor het hoge gehalte aan zwevende stoffen (extreme waarde 1000~2000mg/l) en de waterkwaliteit afname.

$$Q_{ems} \downarrow \Rightarrow \% \text{zwevende stoffen} \uparrow + \text{Bodemverlaging} \Rightarrow \% \text{slibbodem} \uparrow$$

=

$$\text{zuurstofgehaltes} \downarrow \Rightarrow \text{sterfte algen} \uparrow \\ \Rightarrow \text{kans op botulisme} \uparrow$$

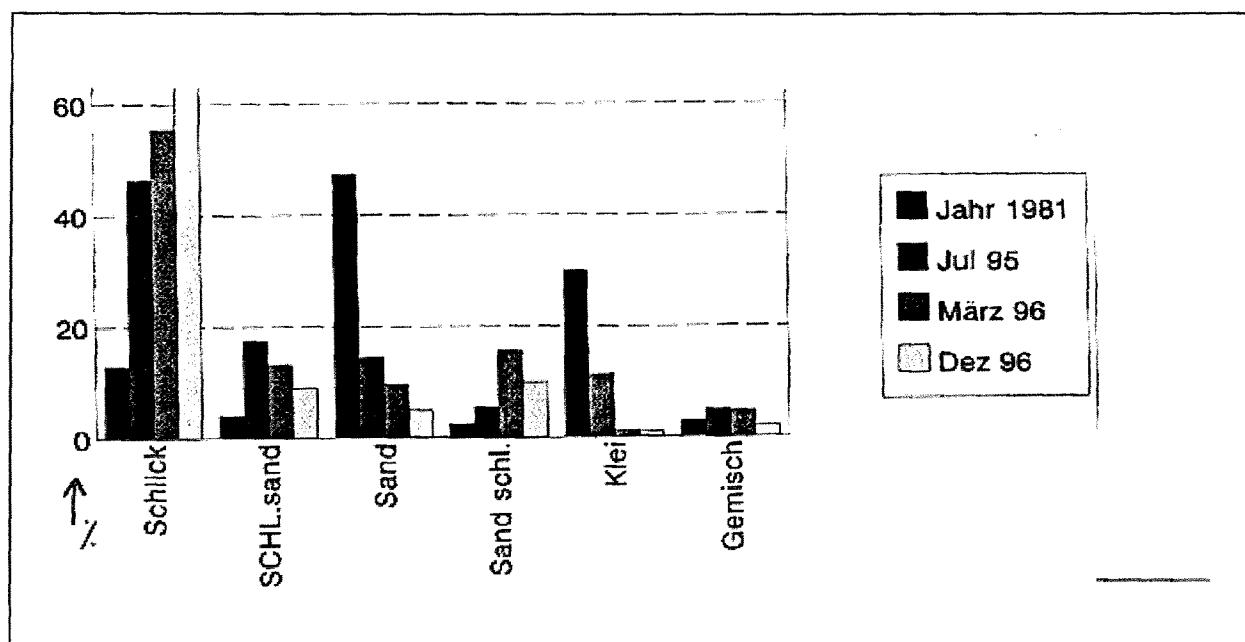


Fig. 4.1: Tabel toename slibbodems Unterems.

#### 4.3.1.2 Het Leda-Jumme gebied.

Het Leda-Jumme gebied bezit niet veel uiterwaarden en dus minder natuurwaarde buitendijks. Het waterkwaliteitsprobleem beschreven bij de Unterems is voor de Leda en de Jumme ook actueel.

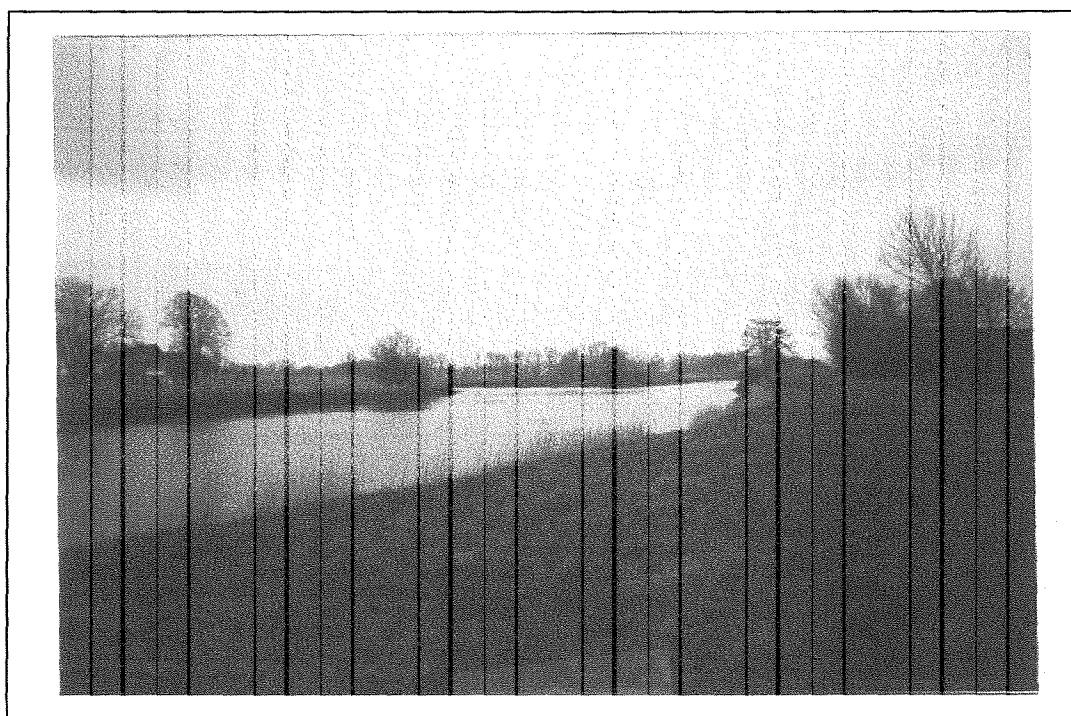


Fig. 4.2: Foto Leda-Jumme gebied.

#### **4.3.1.3 De Dollard en de Außenems.**

De Dollard en de Außenems zijn gebieden die een hoge natuurwaarde hebben en waar vele diersoorten (vnl. vogels, vissen en zeehonden) huizen.

#### **4.3.1.4 Gebieden bovenstrooms van Hebrum.**

De gebieden bovenstrooms van Hebrum waar t.b.v. het stuwen water uit wordt onttrokken (kustenkanal, Hunte, rivier de Ems, Geeste spaarbekken en de Thusfelder talsperre) worden eveneens beïnvloed.

De rivier de Ems heeft bovenstrooms van Hebrum veel oppervlak aan uiterwaarden met de bijbehorende natuurwaarde. Deze uiterwaarden zijn beschermd door zomerdijkjes met een ligging hoger dan 2.7m+NN.

Het Thusfelder Talsperre gebied is een Naturschutz gebied.

#### **4.3.2 Flora.**

Op de uiterwaarden van de Unterems is een grote variëteit aan vegetatietypen te vinden, welke vooral uit de volgende typen bestaan: grasland (belang voor de veeteelt), rietland, bomen en zoutweiden. Op het wad van de Dollard en de Außenems zijn vooral wadden te vinden zonder vegetatie. De levenscyclus van vele van de planten lopen van maart t/m oktober.

#### **4.3.3 Fauna.**

##### **4.3.3.1 Zoogdieren**

In de uiterwaarden van de Ems en Unterems komen de ‘alledaagse’ zoogdieren voor (van muizen tot reeën en vossen). In de Unterems komt de visotter nog steeds voor. In de Dollard en Außenems zijn bij tijden enkele tientallen zeehonden te vinden en sporadisch wordt de zweinswal (varkenswalvis) gesigneerd. De grootte van de populaties zijn tegenwoordig redelijk stabiel op een lichte afname van visotters en een lichte toename van zeehonden na.

##### **4.3.3.2 Vogels**

De uiterwaarden van de Unterems zijn in de periode half april - juni bevolkt met broedvogels, waarvan het voortbestaan van enkele soorten van nationaal en internationaal belang is. Tevens worden gedurende een aantal andere maanden van het jaar de uiterwaarden gebruikt door zgn. gastvogels. De reeds genoemde gedeelten Beitelke Sand en Petkumer Deichvorland spelen voor vogels een grote rol. De grootte van de populaties zijn redelijk constant.

##### **4.3.3.3 Vissen**

In de Unterems komen ca. 40 vissoorten voor. Door de slechte waterkwaliteit (gehaltes zwevende stoffen, zuurstofgehaltes etc.) slinken de populaties en zijn er vermoedelijk recentelijk enkele soorten verdwenen. Desondanks wordt er in de Unterems nog steeds visserij gepleegd, dit lijkt echter een slapend bestaan te hebben.

#### 4.3.3.4 Makrozoobenthos

Makrozoobenthos is een van de vele algentypen die voorkomt in de Unterems. Er treedt een afname van makrozoobenthos op a.g.v. de slechte waterkwaliteit en het zuurstof gebrek. Bij het afsterven van deze algen wordt ook weer zuurstof verbruikt wat het probleem dus weer vergroot.

### 4.4 De ecologische gevolgen van de Duitse plannen.

#### 4.4.1 Algemeen.

De kering, het Leda-gemaal, de geplande baggerwerkzaamheden en het waterbeheer omtrent de stuwfase - zoals bij de Duitse plannen is omschreven - beïnvloeden allerlei processen in de beschreven gebieden en hebben positieve, negatieve of geen effecten voor de ecologie. Teneinde inzicht te krijgen in vnl. de negatieve effecten van de Duitse plannen wordt getracht een duidelijk verband tussen oorzaak en gevolg te leggen.

De gevolgen en oorzaken (paragraaf 4.2.2) zijn hoofdzakelijk ontleend aan een ecologiestudie gedaan door de UVS in opdracht van BAW (Duitse overheid), echter enkele conclusies van deze studie worden door de BUND, WWF en de Waddenvereniging (milieu belangen organisaties) als incorrect betiteld. Om duidelijk de knelpunten aan te geven op ecologie gebied bij de Duitse plannen en een waarheidsgetrouw beeld te scheppen zijn deze ‘protesten’ eveneens beschouwd en zo goed mogelijk geïntegreerd.

#### 4.4.2 Oorzaken en gevolgen.

De belangrijkste oorzaken en de bijbehorende negatieve effecten op ecologie zijn uiteen gezet.

*Oorzaak: bouw van de Ems-kering.*

*Gevolg:*

1. Verstoring van leefgebieden van fauna (vissen, vogels, otter, kever, sprinkhaan enz) door overbouwing, geluid-en lichtemissies. Vermindering leefgebied fauna, direct (overbouwing) en indirect (licht- en geluidemissies): verlies 51.5ha.
2. Mogelijk verdwijnen van vogelsoorten gedurende de werkzaamheden (bouwtijd 3 ~ 5 jaar).
3. Verstoring bodem (constructie + bodembescherming).
4. Vermindering leefgebied flora.
5. Vertroebeling water.

N.B. De punten 1,3,4,5 gelden in mindere mate voor de bouw van het Leda-gemaal.

*Oorzaak: Ems-kering na bouw.*

*Gevolgen:*

1. Vermindering van leefgebied fauna 15ha (direct en indirect).
2. Doorsnijding van leefgebied fauna.
3. Verlies bodemoppervlak.
4. Vermindering leefgebied flora.

*Oorzaak: Aanleg strekdammen in Petkumer deichvorland*

*Gevolgen:*

- 1.Verstoring/verlies van leefgebied flora en fauna.

*Oorzaak: Baggerwerkzaamheden(bodemverlaging).*

*Gevolgen:*

- 1.Verwachte verdere afname van bodemkwaliteit -> verslechtering waterkwaliteit-> benadeling mariene leven.
- 2.Storten bagger in Eemsgebied -> vertroebeling.
- 3.Bodemfauna Unterems sterk benadeeld door verwachte noodzaak van herhaling van baggerwerkzaamheden.

*Oorzaak: stuwen in winterperiode.*

*Gevolgen:*

- 1.Bij lage initiële zuurstofgehaltes( $O_2 < 4 \text{ mg/l}$ ) benedenstroms van Leer kritische zuurstofgehaltes -> kans op vissterfte.
- 2.Kans op ontstaan botulisme.
- 3.Beïnvloeding grondwaterstand - kwaliteit uiterwaarden vermindering.
- 4.Omnatuurlijk lang onder water staan van uiterwaarden->afname diversiteit flora.
- 5.Lichte zoutschade aan flora op uiterwaarden in benedenstroomse delen.
- 6.Pompen van water Leda- en Ems-kering-> vissterfte(vermalen van paling).
- 7.Pompen van zout water nadelig voor gespecialiseerde vissoorten en makrozoobenthos.
- 8.Direct bovenstroms van de Ems-kering a.g.v. het inpompen/opwoelen van zwevende stoffen -> verlaging van zuurstofgehaltes.
- 9.A.g.v. de afvaart van het schip resuspensie van zwevende stoffen ->verlaging zuurstofgehaltes (kritisch benedenstroms van Leer).
- 10.Sedimentatie van slib -> benadeling van vissen en makrozoobenthos.
- 11.Achterlaten sliblaagje (vervuild) op uiterwaarden van 1 tot 3cm (afhankelijk van watersnelheid water, tijdsduur, jaargetijde ). Verstikken flora en bodem, versturen jaarcyclus kwaliteit bodem omlaag (slib-anaerobe processen- $O_{2,\text{bodem}} \downarrow$ )benadelen grassoorten, diversiteit omlaag.

*Oorzaak: stuwen in zomerperiode*

*Gevolgen:*

zie punten 1 , 2 , 9 , 10 van stuwen in winterperiode.

*Oorzaak: afsluiten van stuwwolume.*

*Gevolgen:*

- 1.Resuspensie van slib ->verlaging zuurstofgehaltes benedenstroms en bovenstroms van de Ems-kering.
  - 2.Te snelle verandering van gehaltes zwevende stoffen, zuurstof en zout -> schadelijk voor de aanwezige biotooptypen benedenstroms van Emskering.
- Dit punt is nog onderwerp van discussie van de verschillende ecologen.

*Opmerkingen m.b.t. ecologische gevolgen van ‘Duitse plannen’:*

1. Het gebied bovenstrooms van Hebrum (rivier de Ems) dat water levert voor het opstuwen van het pand, ondervindt geen nadelige effecten. De uiterwaarden bovenstrooms van Hebrum liggen hoger dan 2.7m+NN of zijn beschermd door zomerdijkjes en overstromen niet. De algemene invloed van de stuwfase op dit gebied wordt als positief betiteld. De overige bronnen Geeste spaarbekken, kustenkanal, de Hunte ondervinden geen nadelige effecten. Echter het gebruik van de Thusfelder Talsperre (naturschutz gebied) is wel omstreden i.v.m. de beschermde status die het geniet.
2. De korte stuwfase in de zomer van 12u25 bij een waterstand van 1.75m+NN heeft voor de planten langs de Unterems slechts kortdurende en overwegend positieve effecten.
3. Het optreden van geen getij (geen natuurlijke waterbeweging) op zich, gedurende bijv. 72 uur, heeft geen directe gevolgen voor de ecologie.
4. De aanwezigheid van de stuw en het beheer ervan (zowel bij stormvloeden als bij het stuwen) heeft weliswaar kleine invloed op de ‘vorm’ van de getijgolf (max. toename HW van enkele cms., echter op deze kleine schaal hebben deze effecten geen de ecologische gevolgen).
5. De lage zoutgehaltes die op kunnen treden in het stuwwolume wat in 3 tot 5uur tot afstroming komt (na de stuwfase), hebben nog discussiebare gevolgen voor ecologie in de Außerems en de Dollard (zoutconcentraties na afslaten stuwwolume zie bijlage XX).

#### 4.4.3 Mitigerende - en compenserende maatregelen.

Teneinde de gevolgen voor de ecologie te minimaliseren of teniet te doen zijn verzachtende maatregelen en compenserende maatregelen een middel. Om de genoemde gevolgen van de Duitse plannen te verzachten of te compenseren zijn de volgende maatregelen in het leven geroepen.

##### *Overbouwing stuw*

- Aanleg/ontwikkeling van rietland bij de aansluitdijken van de kering, Beitelke sand (Nendorper vorland ) en vlakken in het buitendijkse bereik van het traject Ditzum-Hatzum ( zuidoever ). Totaal 8.9 ha. Ontwikkeling van 25.8ha groenland elders en extensivering van ca. 42ha uiterwaarden.
- Aanvang van de bouw van de kering niet in broedseizoen.
- De hoeveelheid toeristen die de kering bezoeken inperken.
- Optimaliseren natuurwaarde van de resterende ongestoorde uiterwaarden in de nabijheid van de bouwplaats ( ca. 40ha )
- Los maken van bodem verdicht door bouwmaterieel en werkzaamheden.

##### *Het stuwen*

- Voorkomen van kritieke zuurstofgehaltes door toevoer van zoet water uit het Geeste spaarbekken, kustenkanal en bovenstrooms van Hebrum.
- Geen stuwfase bij reeds bestaande kritische zuurstof gehaltes benedenstrooms van Leer of bovenstrooms van Leda-kering (grens: O<sub>2</sub>/l < 4mg/l).
- Bij zeer lage afvoeren van de Leda geen stuwfase i.v.m. te lage zuurstofgehaltes.
- Kunstmatig beluchten van water vnl. teneinde het optreden van lage zuurstofgehaltes benedenstrooms van Leer en in het Leda-Jumme gebied te verhinderen.

- Zo mogelijk stuwen niet hoger dan +1.75mNN in de periode half maart - half nov. i.v.m. vegetatie seizoen. Nooit stuwen hoger dan +1.75mNN in de periode apr.-juli.i.v.m. broedvogels => Half.sept.-half mrt. stuweil max. 2.7m+NN: tijdsduur stuwfase max. 3 etmaal / Half mrt. -half sept. stuweil max. 1.75m+NN; Tijdsduur stuwfase max. 12u25.
- Niet stuwen in de zomerperiode teneinde botulisme te voorkomen.
- Opgeven van 15 van de 60 vangnetstellingen ter vermindering van de voorbelasting op de vispopulaties en makrozoobenthos.
- Aanleggen van enkele natuurlijke ( visvriendelijke ) watergebieden.
- Aanleggen van ca. 45ha ondiep water als levensruimte voor makrozoobenthos ( en evt. vis).
- Versterkt doorzetten van renaturalisatie plannen van de uiterwaarden in het traject Papenburg - Hebrum.
- 6 weken van te voren aankondigen van afvaart, zodat boeren de kans hebben hun gewassen te oogsten e.d.

[Bron:lit. 24 t/m 28]

#### **4.5 Conclusie.**

Door middel van mitigerende - en compenserende maatregelen kan benadeling van de natuur door bouwwerkzaamheden (overbouwing door /in bedrijf zijn van) ondervangen worden. Dit geschieft door het opvijzelen van natuurwaarde van 'onbeschadigde' gebieden, het herstellen van natuurwaarde van de door de bouw 'beschadigde' delen en het aanleggen van nieuwe gebieden voor flora en fauna.

Het voorkomen van sterfte onder (het nageslacht van) vogels en het verstoren van de jaarcyclus van flora kan makkelijk worden voorkomen door het stuwen tot een hoog peil slechts in de winter te doen plaatsvinden, bij voorkeur nov.-half mrt.

De benadeling van de verscheidene vissoorten, makrozoobenthos en andere plankton-achtige kan worden gecompenseerd door het weghalen van visnetstellingen en het inrichten van voor deze typen geschikte leefgebieden. Met uitzondering van enkele gespecialiseerde vissoorten.

Echter problemen die niet of moeilijk te 'ondervangen zijn' en ernstige benadeling van ecologie tot gevolg kunnen hebben, zijn door de volgende aspecten veroorzaakt:

- Lange tijd onder water staan van uiterwaarden + achterlaten van slib bij winterstuwen, wat afname van diversiteit van flora op uiterwaarden tot gevolg heeft.
- Problemen door bodemverlaging. De verwachte noodzaak om herhaaldelijk baggerwerkzaamheden uit te voeren heeft tezamen met de verslechtering van de bodemkwaliteit en afname van waterkwaliteit een afname van het mariene leven op de bodem in de Unterems tot gevolg. Problemen veroorzaakt door verdere bodemverlaging m.b.t. zuurstofgehaltes kunnen optreden. Dit speelt weliswaar niet bij de stuwfase, omdat bij te lage zuurstofgehaltes gewoon geen afvaart plaatsvindt. Echter in de zomertijd komen - bij een lage afvoer van de rivier de Ems - kritieke zuurstofgehaltes en botulisme reeds in de huidige situatie vaak voor. Deze kans neemt door de gevolgen van bodemverlaging alleen maar verder toe.

- Sterfte van vis door pompen in keringen. Benadering van enkele gespecialiseerde vissoorten en makrozoobenthos door het oppompen van zout water als gevolg van het verplaatsen van de zouttong. Het afsterven van makrozoobenthos heeft weer tot gevolg dat er afname van zuurstofgehaltes optreden.
- Het snel aftalen van een groot stuwwolume waardoor wellicht onnatuurlijk snelle veranderingen van zuurstofgehaltes, gehaltes zwevende stoffen en zoutgehaltes optreden.

Teneinde de ecologie zo min mogelijk te beladen is het zaak naast de geadviseerde mitigerende/compenserende maatregelen bij verbetering van de Duitse plannen het volgende na te streven:

1. Het voorkomen van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van rivierbodem.
2. Het beperken/voorkomen van het lange tijd onderwater staan van de uiterwaarden.
3. Het beperken/voorkomen van het gebruik van pompen in de kering.  
\*Het beperken van het stuwwolume en de ‘snelheid’ waarmee het afgelaten wordt.

Ad \*) De eventuele problematiek omtrent het aftalen van het stuwwolume wordt niet als een punt apart over genomen om de volgende redenen. De eventuele problemen m.b.t. het aftalen van het stuwwolume betreffen in het kort de volgende zaken: er wordt veel water afgelaten in korte tijd met als voornaamste bezwaar voor de ecologie =>

- te snelle verandering van concentratie zuurstofgehaltes
- te snelle verandering van het zoutgehalte

Het voorkomen van deze problemen worden grotendeels reeds door punt 1) en 3) ondervangen, aangezien punt 1 indirect het verbeteren van waterkwaliteit (zuurstofgehaltes) nastreeft en aangezien punt 3 indirect een klein stuwwolume nastreeft.

## 5. Probleemanalyse.

### 5.1 Probleemstelling.

Bij het ontwerp-proces van de BAW (Duitse rijkswaterstaat) van de Duitse geplande kering/stuw is in eerste instantie uitgegaan van de functie als stormvloedkering en in tweede instantie de functie als stuw. Echter een belangrijk probleem en wellicht een te weinig belicht onderdeel van dit project blijkt het stuwen ten behoeve van de afvaart te zijn. Een theorie (van de Nederlandse MER-commissie) is dat als de stuwfase goed doorgrond wordt er maatregelen kunnen worden genomen die onnodige ecologische schade en eventueel kosten kunnen vermijden.

Na analyse van de Duitse plannen voor de stuwfase en de afvaart van het schip met een diepgang van 8.3m en de daarbij ontstane problemen o.a. op constructief gebied, ecologisch gebied en financieel gebied, is de volgende probleemstelling af te leiden.

De beschikbare waterdiepte van de Unterems is te klein om een schip met een diepgang van 8.3m tot afvaart te laten komen. Er zijn hoofdzakelijk drie factoren die m.b.t. de afvaart een oplossing kunnen bieden nl. bodemverlaging (aanpassen door baggerwerkzaamheden), het opstuwen van de Unterems (gebruik maken van de Emskering) en diepgang verkleining van het schip.

Bodemverlaging, het opstuwen van de Unterems en diepgang verkleining van het schip brengen de volgende problemen met zich mee.

#### *Ecologie*

De bodemverlaging en stuweilverhoging t.b.v. het bereiken van voldoende waterdiepte brengen problemen voor flora en fauna met zich mee die niet door mitigatie of compensatie kunnen worden opgevangen:

1. Onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van rivierbodem en van water.
2. Lange tijd onderwater staan van de uiterwaarden.
3. Zoutindringing in de Unterems door het gebruik van pompen in de Ems-kering.

#### *Financieel*

- Bij het opstuwen van de Unterems vindt er een vergroting van kosten van de kering plaats door de noodzaak pompen te plaatsen. Tevens zijn er extra kosten te verwachten door de toename van onderhoudsbaggerwerkzaamheden (vanwege de noodzaak om de bodemverlaging te handhaven).
- Er zijn constructieve problemen te verwachten voor de kering m.b.t. het snel aftalen van het stuwwolume en de daarbij optredende vervallen en stroomsnelheden. Dit brengt o.a. het gevaar van erosie van de bodem en beschadiging van de constructie met zich mee. Om dit te voorkomen is het noodzakelijk delen van de Ems-kering zwaar uit te voeren met alle kosten van dien.

De verwachte financiële-, constructieve- en ecologische problemen zijn vnl. terug te vinden in de winterstuwfase. Om deze reden concentreert de studie zich verder slechts op de winterstuwfase en niet op de zomerstuwfase, waarbij relatief weinig problemen ontstaan.

## 5.2 Doelstelling.

Tot doel is gesteld om een dusdanige combinatie van bodemverlaging, stuwpeilverhoging en diepgang-verkleining van het schip in combinatie met aanvullende maatregelen te construeren ,dat er voldoende waterdiepte ontstaat om een afvaart zonder ecologische bezwaren en grote kosten mogelijk te maken.

Deze aanvullende maatregelen zijn er primair op gericht om de volgende effecten van bodemverlaging en stuwpeil verhoging te vermijden:

1. Het voorkomen van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van rivierbodem als gevolg van bodemverlaging als gevolg van bodemverlaging.
2. Het beperken/voorkomen van het lange tijd onderwater staan van de uiterwaarden als gevolg van stuwpeil verhoging.
3. Het beperken/voorkomen van het gebruik van pompen in de kering.

## 5.3 Uitgangspunten.

- De reeds gekozen locatie (Nendorp-Gandersum; km-stand 32,2) voor de geplande kering is aangehouden, omdat dit een weloverwogen keuze bleek te zijn en omdat dit goede vergelijk mogelijkheden biedt tussen het huidige plan/ontwerp en het te genereren plan/ontwerp.
- De bouw van een aanlegplaats ter hoogte van km-stand 31 is aangehouden.
- De bouw van een gemaal bij de Leda-kering met een capaciteit  $Q_{leda\text{-gemaal}} > 30m^3/s$  is aangehouden. De eis m.b.t. de minimale capaciteit van het gemaal is afgeleid uit hydrologische - (gemiddelde winterafvoer Leda+berging Leda-Jumme gebied) en waterbeheeraspecten (geen wateroverlast) ten tijde van sluiting van de Leda-kering.
- Bij deze deelstudie worden de afmetingen van de het Duitse ontwerp van de Ems-kering overgenomen. Tevens is het ontbreken van een schutsluis zoals in het Duitse ontwerp van de Ems-kering aangehouden.
- De studie richt zich op de winterstuwfase.
- De Duitse plannen m.b.t. het beheer van de Ems-kering ten tijde van stormvloeden zijn aangehouden.
- Een schip ( afm.: L=300m, B=38m, D=8.3m) moet van Papenburg naar open zee via de huidige Unterems. Er wordt niet gekeken naar alternatieve routes ( lateraal kanaal, vervoer over land enz. ). De diepgang van het schip staat wel ter discussie en daarmee is het ontwikkelen van een tweede vestiging eveneens onderdeel van de studie.
- Er wordt (voor zover relevant) uitgegaan van een ‘worst case scenario’.

De eerste 3 uitgangspunten zijn aangehouden ,omdat het zeer waarschijnlijk is dat de BAW/Duitse politiek bij een eventuele uitvoering van het project niet van deze drie punten zal afstappen. Teneinde de relevantie van deze deelstudie zo groot mogelijk te houden is tot zover meegegaan met de Duitse plannen.

## **5.4 Plan van aanpak.**

### **5.4.1 Algemeen.**

Om met een onbevooroordeelde blik de problemen omtrent de stuwfase aan te pakken, worden alle mogelijke aanvullende maatregelen beschouwd die een bodemverlaging, stuweil verhoging en diepgang verkleining kunnen bewerkstelligen zonder ecologie bezwaren en grote kosten.

Deze aanvullende maatregelen worden aan een analytische - en modelmatige analyse onderworpen. Voor de modelmatige analyse wordt het programma Duflow gebruikt (zie Hf 6). Om al de aanvullende maatregelen goed te beschouwen en vooral alle effecten van een aanvullende maatregel (ecologie, scheepvaart, de meyer-werf enz.) goed te onderkennen, wordt een besluitvormingsproces doorlopen wat tot doel heeft een strategie te genereren (combinatie van aanvullende maatregelen) waarmee de doelstelling wordt gediend.

Nadat er een strategie is gevormd, waarmee een afvaart van het meyer-werf schip ( $l=300m$ ,  $b=38m$ ,  $d_{zonder aanpassingen}=8.3m$ ) kan plaatsvinden zonder ecologie bezwaren en tegen zo gering mogelijke kosten, worden de effecten van deze strategie op het ontwerp van de Ems-kering beschouwd.

Tot slot worden de Duitse plannen voor de afvaart van het Meyer-werf schip op alle fronten (ecologie, financieel, constructief) vergeleken met de alternatieve strategie.

### **5.4.2 Besluitvormingsproces**

Het besluitvormingsproces voor de produktie van een alternatieve strategie voor de Duitse plannen m.b.t. de afvaart bestaat uit drie cycli:

1. Identificatie van alle potentiële maatregelen (brainstorm).
2. Effectiviteit en gevolgen van de beschikbare maatregelen testen m.b.v. modellering (Duflow).
3. Enkele strategieën (combinatie(s) van maatregelen) vormen waarmee de doelstelling wordt gediend. Uit deze strategieën wordt de meest geschikte geselecteerd.

Elke cyclus op zichzelf bestaat grof gezien uit verschillende fasen nl.:

Probleemanalyse + doelstelling van cyclus.

Opstellen toetsingscriteria.

Opstellen maatregelen voor toetsing.

Toetsing.

Evaluatie + Conclusie.

N.B.: Het besluitvormingsproces is verder toegelicht in Hf 7.

## 6 Modellering.

### 6.1 Inleiding.

Teneinde maatregelen - die een stuwfase zonder grote ecologische gevolgen mogelijk moeten maken - te testen op effectiviteit, doorlopen deze maatregelen een analyse. Onderdeel van deze analyse is de numerieke analyse. Ten behoeve van deze numerieke analyse is het gebied in kwestie in een numeriek model 'gestopt'.

Het eigenlijke onderzoeksgebied is het stuwpand tussen de sluizen bij Hebrum en de geplande kering te Gandersum (Unterems) en in mindere mate het Leda-Jumme gebied, de Dollard en de Außenems.

In dit hoofdstuk is allereerst de opzet van het model (type model en de wijze van schematisering) toegelicht. Vervolgens is de controle op grove fouten en onregelmatigheden uiteengezet waarna de eigenlijke calibratie (fijnstelling) van het model aan de orde komt. Dan zijn de testen naar de gevoeligheid van het model toegelicht. Tot slot zijn de conclusies getrokken ten aanzien van de waarde van de uitkomsten van het model.

### 6.2 Opzet van het model.

#### 6.2.1 Type model

Aangezien het om een grove schematisering gaat van het gebied, welke vooral inzicht in veranderingen van hydraulische processen (ordes van grootte) moet aangeven die ontstaan na het doorvoeren van maatregelen (waterbeheer, waterbouwkundig), ging de voorkeur uit naar Duflow. Dit is een 1 - dimensionaal numeriek model voor niet- stationaire stroming.

#### 6.2.2 Schematisering.

##### 6.2.2.1 Grenzen.

Allereerst zijn de grenzen van het studiegebied/model vastgelegd. Het studiegebied is de Unterems, het Leda-Jumme gebied, de Dollard en een gedeelte van de Außenems. De grenzen van het model moeten zo gekozen worden dat ingrepen gedaan in het profiel, van bijv. het stuwpand Gandersum-Hebrum, geen/nauwelijks invloed hebben op de processen die zich buiten het model afspelen. Pas dan is het stellen van harde randvoorwaarden (boundary conditions) aan de grenzen van het model verantwoord.

De eerste grens is de sluis te Hebrum, waar als enige randvoorwaarde een rivieraafvoer is gegeven. Aangezien het hier een stuwtijd betreft, hebben ingrepen gedaan in bijv. de Unterems weinig invloed op het achtergelegen gebied.

De tweede grens is een punt in het Leda-Jumme gebied, waar als enige randvoorwaarde ook een rivieraafvoer is gegeven. Aangezien het Leda-Jumme gebied een uitgestrekt net van

riviertjes e.d. is, is dit gebied slechts grof geschematiseerd als een lange rechte rivier waar aan het uiteinde de randvoorwaarde opgelegd is.

Als derde en belangrijkste grens is een denkbeeldige lijn tussen de haveningang te Delfzijl en Knock getrokken, welke een waterstand ( getijbeweging ) als randvoorwaarde heeft. De keuze van deze grens van het model is gebaseerd op het volgende. Eventuele ingrepen in het stuwpand - bijv. sluiten van de Ems-kering - moeten geen of nauwelijks invloed hebben op de waterstand ter plaatse van de randvoorwaarden. Dit kan bereikt worden door voldoende komberging te creëren in gedeeltes voorafgaand aan de secties waar ingrepen gedaan worden. Door een stuk Außenems en de Dollard bij het model te betrekken is er voldoende oppervlak gecreëerd om bijv. invloed van een afsluiting op de waterstand bij deze randvoorwaarde te minimaliseren. Het is echter niet uitgesloten dat in werkelijkheid de waterstand bij Delfzijl beïnvloed blijft, dit wordt als niet bezwaarlijk beschouwd aangezien het model dient om inzicht te verschaffen in processen en ordes van grootte aan te geven i.p.v. het leveren van precieze absolute getallen.

(zie bijlage II voor innpassen grenzen)

#### **6.2.2.2 Schematisatie bodemligging en dwarsprofielen.**

Bij de schematisering van de bodemligging en dwarsprofielen van het gebied is gebruik gemaakt van de beschikbare zeekaarten 1998 (bijlage II).

Bij de schematisering van de bodemligging van de Unterems is ter aanvulling gebruik gemaakt van de beschikbare lengte profielen van het bodem verloop uit 1992 (bijlage XII). De gegevens m.b.t. breedte- en hoogteligging van de uiterwaarden en gegevens over zomerdijkjes t.o.v. NN is ontleent aan beschrijvingen gegeven in een rapport over een in het gebied gedane ecologie studie (bron:lit.27). De aanwezige zomerdijkjes zijn moeilijk in het model te verwerken. Bij de versie, gebruikt voor calibratie, zijn alle zomerdijken lager dan 2.7m+NN verwaarloosd en alle zomerdijken gelijk aan of hoger dan 2.7m+NN als oneindig hoog geschematiseerd. Met deze manier van schematiseren kan de totale hoeveelheid toe te voegen water en de benodigde tijdsduur voor het vullen van het stuwpand (mits het stuweil < 2.7m+NN) redelijk goed benadert worden. Echter het verloop van de waterstanden tijdens het vullen is niet geheel correct.

De twee bruggen in de Unterems zijn nauwelijks een blokkade in de Unterems en vanwege de indicatieve waarde van het model zijn de bruggen met een naar alle waarschijnlijkheid zeer kleine invloed weggelaten.

De schematisering van de Dollard en de Außenems ( benedenstroms van Emden ) is grover uitgevoerd dan de Unterems, omdat dit gedeelte hoofdzakelijk dient voor het creëren van komberging t.b.v. het onbeïnvloed laten van de randvoorwaarde te Delfzijl. Voor het juist modelleren van de hydraulische eigenschappen van het gebied is naast de zeekaarten gebruik gemaakt van een door de rijkswaterstaat uitgevoerde modellering van o.a. dit gebied (Bijlage XIII; bron:lit.8,9).

De schematisatie van het Leda-Jumme gebied is zeer grof uitgevoerd. Het netwerk van geultjes is teruggebracht tot een rechte sectie met een hoge weerstand en met grofweg dezelfde komberging als het werkelijke gebied. Dit is geoorloofd omdat het Leda-Jumme gebied een veel minder belangrijk deel van het studiegebied is. De afmetingen van de Leda-kering (bij de monding van het Leda-Jumme gebied) zijn bekend en dus precies in het model ingevoerd.

Het gebied is ten opzichte van het referentievlek NN (Normalnull) geschematiseerd. NN komt ongeveer overeen met MSL. Voor de zeekaarten betekend dit dat de gegeven diepgang op

Nederlands gebied (bodemligging t.o.v. gem. LLWS) met 2.0m moeten worden vermeerderd en op Duits gebied (bodemligging t.o.v. gem LWS) met 1.9m.

Voor de schematisering van het gebied voor het model is het ingedeeld in 29 secties. Deze hoeveelheid van secties is nodig gebleken om de veranderingen van het estuarium goed te kunnen vertalen naar het model. (Zie bijlage II en XIV)

### **6.3 Controle van het model**

#### **6.3.1 Algemeen**

Voor en na het fijnstellen van het model is aan de orde om allereerst te controleren of er geen grote fouten/onregelmatigheden in de modellering van het gebied zijn geslopen. Onder grote fouten/onregelmatigheden wordt verstaan evt. type fouten, abrupte overgang van een dwarsdoorsnede naar de ander etc..

De modellering van de ‘huidige’ situatie wordt getoetst aan de beschikbare gegevens over waterbewegingen in dit gebied.

#### **6.3.2 Controle.**

Allereerst is de totale afstand Delfzijl-Hebrum (62.5km) in het model gecontroleerd door alle lengtes van secties op te tellen. Dit klopte.

Vervolgens is aan de hand van het bestuderen van het verloop van de waterstand/ het debiet/ de stroomsnelheid/de bodemligging over een traject gecontroleerd of er fouten zijn gemaakt bij de modellering.

De geïllustreerde resultaten zijn verkregen nadat een proces van controle-calibratie-controle etc. enkele malen is doorlopen. De resultaten zijn dus ontleent aan de uiteindelijke modellering van de veronderstelde huidige situatie.

### 6.3.2.1 Traject => Delfzijl-Hebrum

*Getijgolndoordinging Delfzijl-Hebrum.*

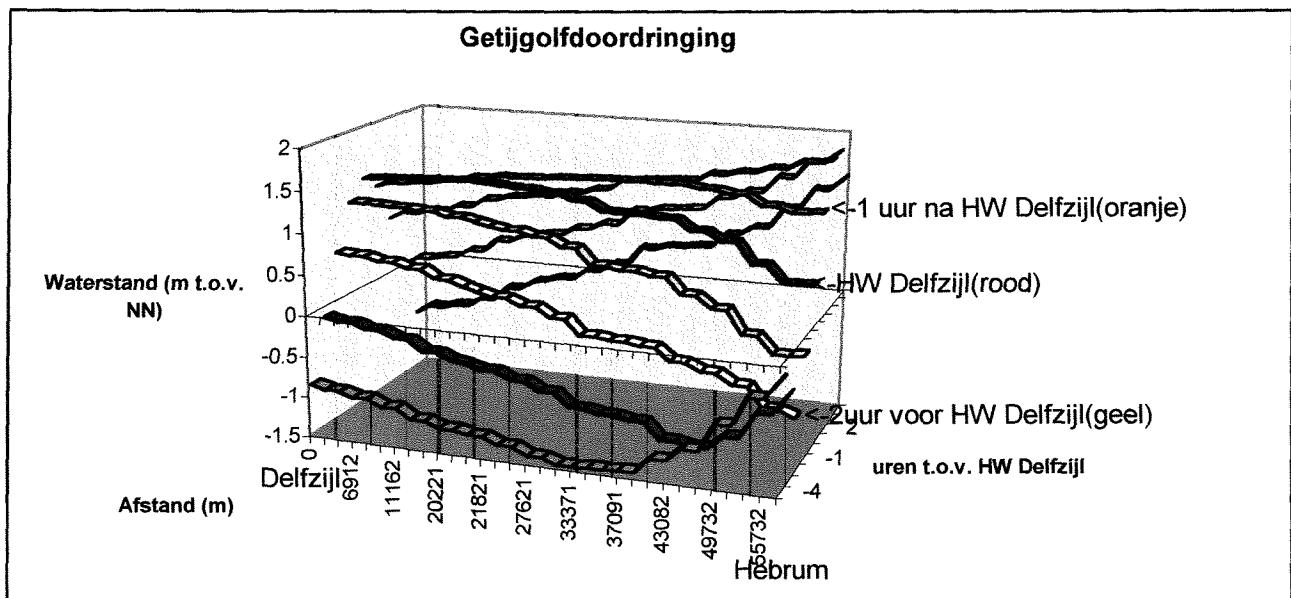


Fig. 6.1: Waterstandsverloop van een gemiddeld getij op het traject Delfzijl-Hebrum.

Er zijn bij het verloop van de waterstanden (zie fig. 6.1) geen abrupte overgangen in het waterstandsverloop over het traject en in de tijd te ontdekken. Dit duidt op geen grote fouten in de modellering.

*Bodemligging traject Delfzijl-Hebrum.*

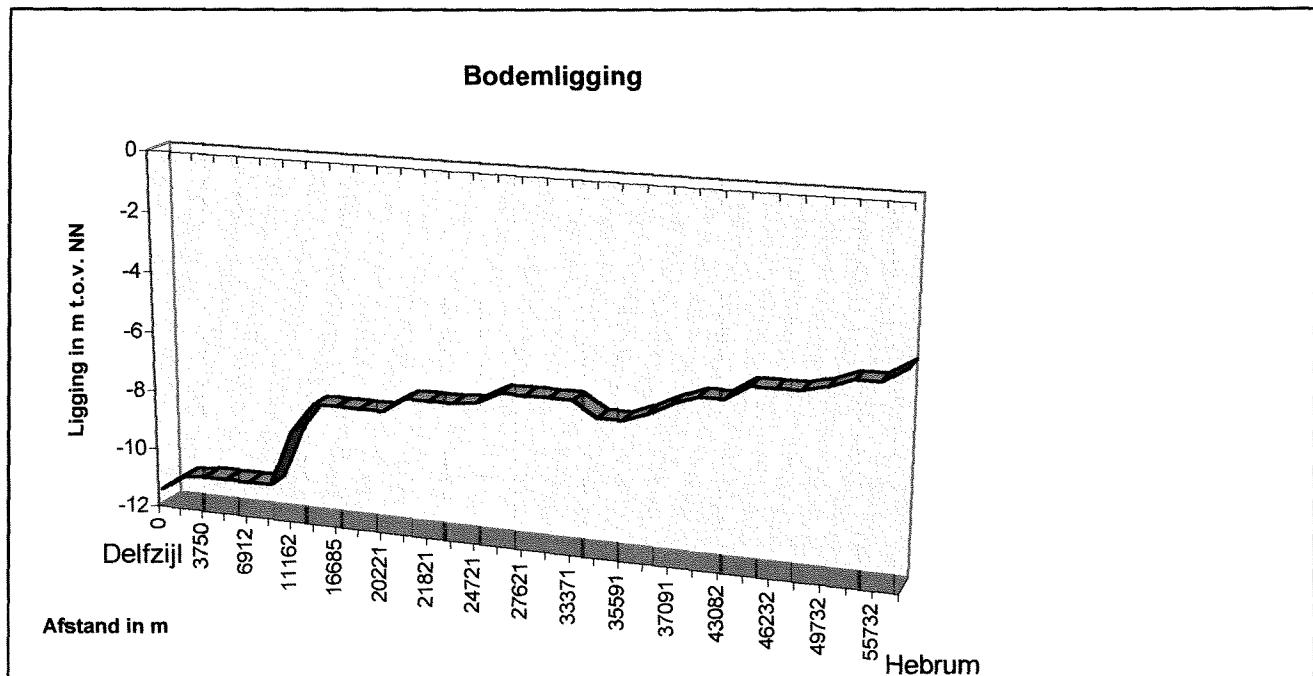


Fig. 6.2: Verloop bodemligging Delfzijl-Hebrum in Duflow-model.

Het verloop van de bodemligging (zie fig. 6.2) is bij de schematisatie grover als in werkelijkheid (huidige bodemligging Unterems: zie bijlage XII) echter vertoont geen grote fouten. De bodemligging in het model t.o.v. NN is lager dan in werkelijkheid, omdat diepere

stukken in secties (bijv. in de bochten) niet in detail zijn meegenomen, maar door een bodemverlaging over de gehele sectie (gemiddelde van de diepte) is verrekend.

### *Stroomsnelheid Delfzijl-Hebrum*

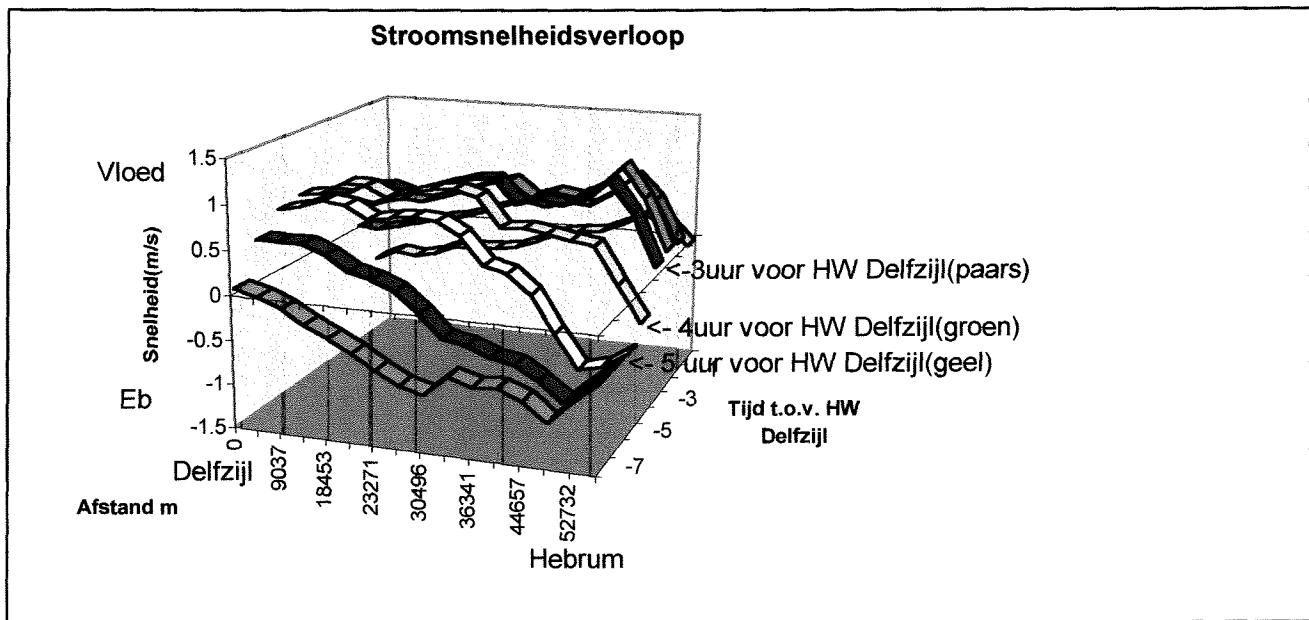


Fig. 6.3: Watersnelheidsverloop in de tijd over het traject Delfzijl-Hebrum.

Het verloop van de snelheid over het traject (zie fig. 6.3) is onregelmatig, dit is echter geen aanwijzing dat er grote fouten in de modellering zitten. Uit schaarse gegevens over stroomsnelheden in de 0-situatie blijkt echter wel dat de maxima te Gandersum (lokatie Emskering) in het model <1.0m/s achter blijven bij de maxima in werkelijkheid 1.2 ~ 1.4m/s. Dit wordt echter niet als bezwaarlijk beschouwd, aangezien het model wat betreft de hydraulische processen slechts een indicatieve rol vervult.

### *Debetsverloop. Delfzijl-Hebrum*

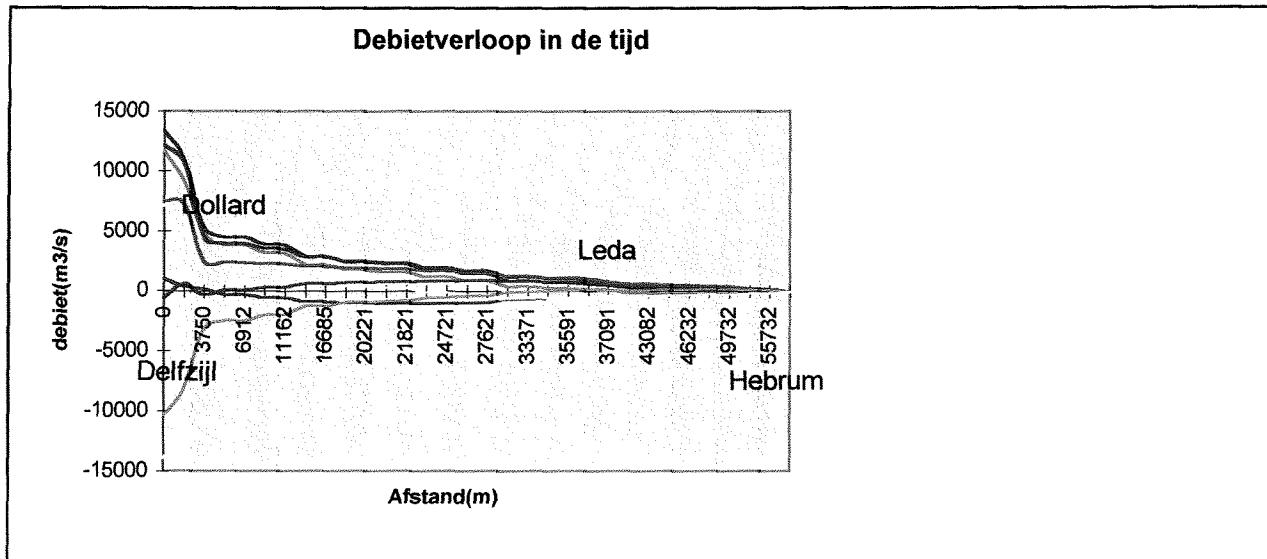


Fig. 6.4: Verloop van debiet in de tijd over het traject Delfzijl-Hebrum.

Aan het verloop van de debieten (zie fig.6.4) valt volgens verwachting een grote afname af te lezen ter plaatse van de aftakking naar de Dollard (3750m). De afname ter plaatse van de aftakking van de Leda (37000m) is minder herkenbaar(schaalprobleem).

#### **6.3.2.2 Traject: Leerort- Leda-Jumme gebied.**

##### *Waterstandsverloop.*

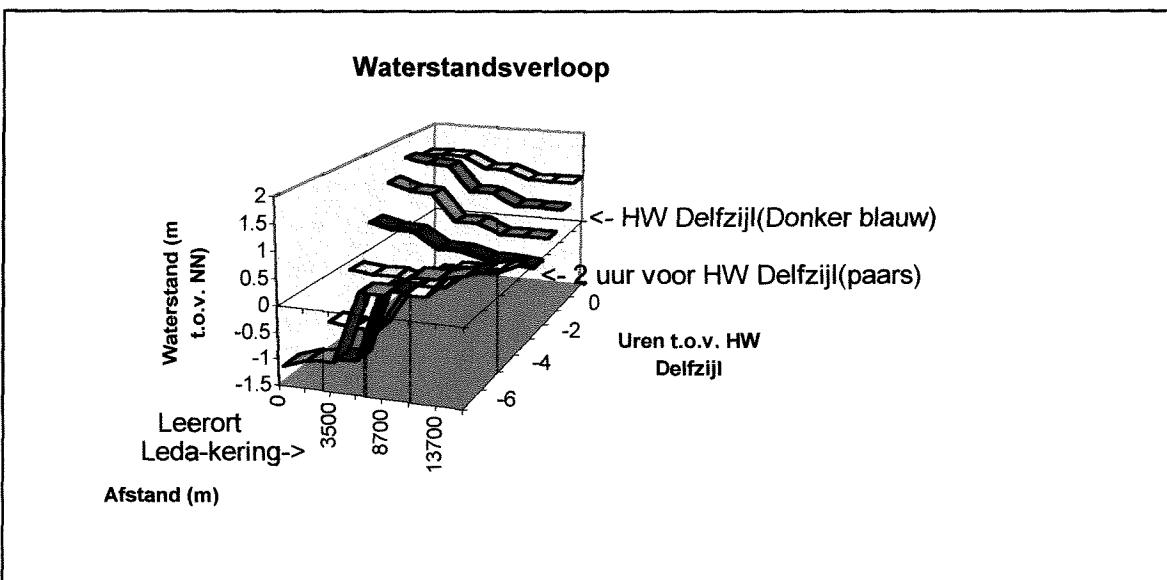


Fig. 6.5: Waterstandsverloop in de tijd in het geschematiseerde Leda-Jumme gebied.

Er zijn geen grote onregelmatigheden in het waterstandsverloop (zie fig. 6.5) te ontdekken. Wat opvalt is hoe langzaam de waterstand aan het eind van het traject de 'opgelegde' waterstand aan het begin volgt en de ogenschijnlijke bottleneck die de Leda-kering vormt. De

afmetingen van de Leda-kering zijn echter correct en het verstoorde verloop van de waterstand is te wijten aan de grove manier van schematiseren van dit gebied.

De bodemligging en het watersnelheidsverloop in dit traject in de tijd zijn tevens gecontroleerd, echter hier niet geïllustreerd. Hier zijn geen onregelmatigheden in ontdekt.

### 6.3.2.3 Traject Dollard => Delfzijl-Nieuwstatenzijl

*Waterstandsverloop.*

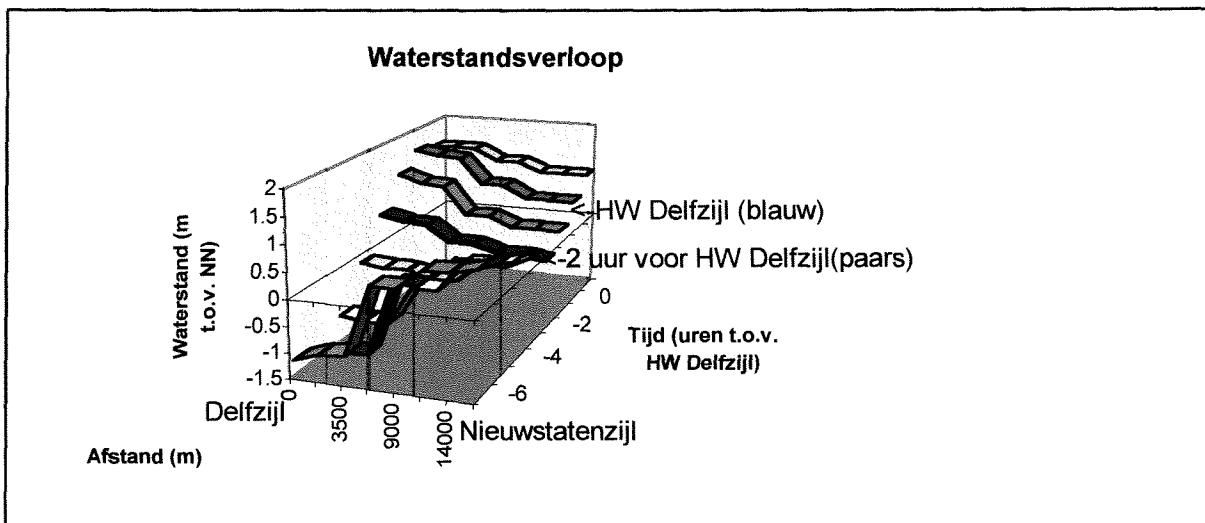


Fig. 6.6: Waterstandsverloop in de tijd in de Dollard.

De waterstand (zie fig. 6.6) aan het eind van het traject volgt slechts langzaam de ‘opgelegde’ waterstand te Delfzijl, dit is niet geheel in overeenstemming met de werkelijkheid. Dit is te wijten aan het feit dat het geulen/platen systeem van de Dollard moeilijk te modelleren is. Deze fout is geaccepteerd, omdat dit gebied hoofdzakelijk dient om komberging te creëren. De bodemligging en de stroomsnelheid het watersnelheidsverloop in dit traject in de tijd zijn tevens gecontroleerd, echter hier niet geïllustreerd. Hier zijn ook geen onregelmatigheden in ontdekt.

## 6.4 Kalibreren van het model.

### 6.4.1 Algemeen.

Ten behoeve van het afregelen van de modellering van het gebied is gebruik gemaakt van gegevens over de hoogtes van het gemiddelde hoogwater en het gemiddelde laagwater op verschillende plekken en de verschillende tijdsduren t.o.v. elkaar (m.a.w. de snelheid van de getijgolf). De beschikbare gegevens betreffen echter gemiddelden.

Als middel voor het beïnvloeden van de hydraulische eigenschappen van het gebied t.b.v. de calibratie is vnl. met de Chezy-factor gewerkt en in mindere mate met aanpassing van de dwarsdoorsneden.

Allereerst moet opgemerkt worden dat voor het verloop van de waterstanden te Delfzijl-Knock (boundary-condition) in eerste instantie een enkele zuivere sinusvorm met een periode van 12u25 en een amplitude van 1.45m(GHW) en 1.65m(HHW) is gebruikt. In werkelijkheid treedt er een minder zuivere sinusvorm op aangezien de werkelijk optredende waterstanden een combinatie van meerdere sinusvormen zijn. Concreet betekent dit dat in de praktijk op deze lokatie de ebstroom gemiddeld ongeveer 6u25 duurt en de vloedstroom gemiddeld ongeveer 6u00. Tevens varieert de hoogte van het hoogwater en het laagwater licht over een etmaal en sterk over een maand. In het model worden slechts indien noodzakelijk de maandelijkse cycli verwerkt

Voor de rivierafvoeren van de Ems en de Leda (boundary conditions) is gekozen voor het gebruik van de gemiddeld optredende debieten, omdat de gebruikte getijgegevens ook gemiddelden zijn.

$$Q_{\text{Gemiddeld, Hebrum}} = 80 \text{ m}^3/\text{s}$$

Van de afvoer van de Leda is weinig bekend zodoende is een gemiddelde van de jaarlijks maximaal optredende afvoer ( $30 \text{ m}^3/\text{s}$ ) en de jaarlijks minimaal optredende afvoer ( $0 \text{ m}^3/\text{s}$ ) genomen.

$$Q_{\text{Gemiddeld, wilhausen}} \approx 15 \text{ m}^3/\text{s}.$$

#### 6.4.2 Kalibreren van het model aan de hand van getijgegevens.

##### 6.4.2.1 Gemiddelde getijgolf.

Beschikbare getijgegevens ->werkelijkheid:

Plaats	Raai (model)	HW (tijd)	LW(tijd)	HW (m t.o.v. NN)	LW (m t.o.v. NN)
Knock/Delfzijl	1	-0u20	-0u16	+1.3	-1.6
Emden	12	0u00	0u00	+1.4	-1.8
Terborg	19	+0u29	+1u03	+1.6	-1.5
Leerort	22	+0u49	+1u47	+1.6	-1.4
Wilhausen(Le da)	25	+1u19	+2u31	+1.5	-0.8
Weener	26	+1u00	+2u14	+1.7	-1.2
Papenburg	28	+1u14	+2u39	+1.7	-1.1
Hebrum	30	+1u40	+3u27	+1.9	-0.6

Model:

Plaats	Raai (model)	HW (tijd)	LW(tijd)	HW (m t.o.v. NN)	LW (m t.o.v. NN)
Knock/Delfzijl	1	-0u10	-0u25	+1.35	-1.65
Emden	12	0u00	0u00	+1.4	-1.7
Terborg	19	+0u45	+1u00	+1.45	-1.55
Leerort	22	+1u25	+1u45	+1.55	-1.45
Wilhausen(Le da)	25	+2u10	+2u50	+1.3	-0.4
Weener	26	+1u40	+2u15	+1.6	-1.35
Papenburg	28	+2u05	+2u50	+1.7	-1.05
Hebrum	30	+2u20	+3u30	+1.9	-0.8

- De waarden welke erg afwijken van de werkelijkheid zijn *schuin gedrukt*.
- De getijde amplitude te Delfzijl is met 0.05m vergroot t.o.v. de werkelijkheid teneinde de getijgolf in de Unterems grotere overeenkomst met de werkelijkheid te geven.

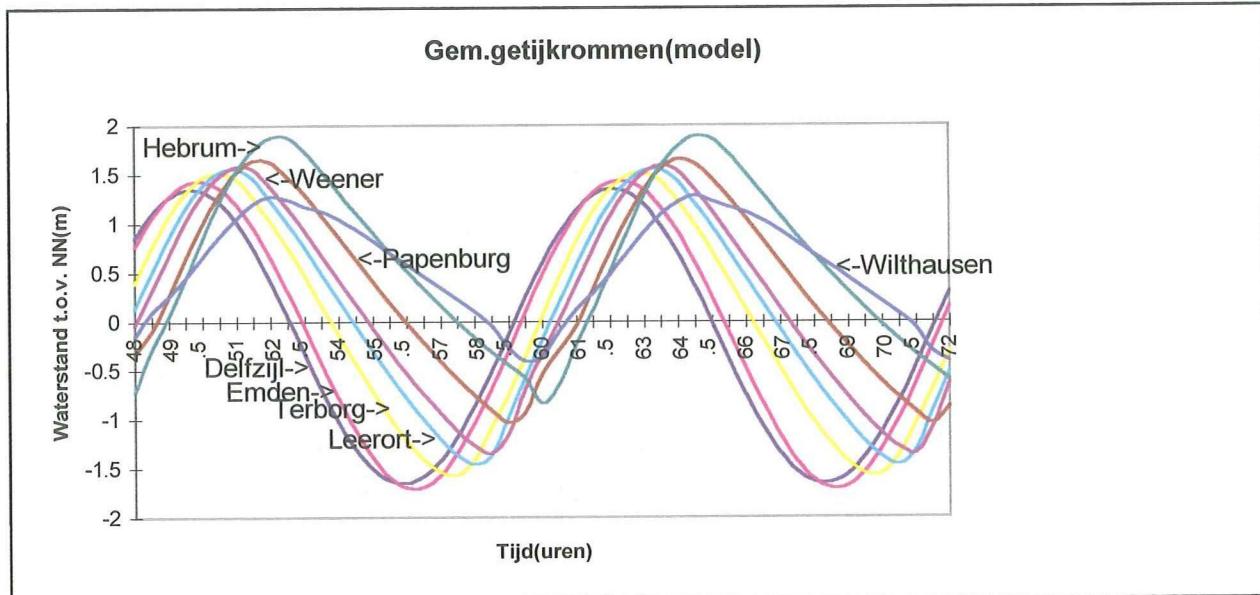


Fig. 6.7: Verloop gemiddelde getijkrommen in het Duflow-model.

#### 6.4.2.2 Springtij.

*Waterstanden.*

Werkelijkheid en resultaten model.

Plaats	Raai	HHW (m t.o.v. NN) <u>werkelijkheid</u>	HHW (m t.o.v. NN) Model
Knock/Delfzijl	1	+1.5	+1.5
Emden	12	+1.6	+1.6
Gandersum	15	+1.75	+1.65
Papenburg	28	+1.95	+1.85
Hebrum	30	+2.08	+2.1

*Stroomsnelheden.*

De beschikbare gegevens over de optredende watersnelheden in de huidige situatie beperken zich tot de maximaal optredende stroomsnelheden te Gandersum bij Springtij.

	Werkelijkheid	Duflow
eb	1.2m/s	1.0m/s
vloed	1.5m/s	1.0m/s

N.B. Er is een scale aan stroomsnelheidsgegevens beschikbaar over de Unterems verkregen uit modelleringen van de BAW, echter hierbij betreft het gegevens over stroomsnelheden die optreden na de bodemverlaging zoals de Duitse plannen dit behelzen. Deze gegevens worden dan ook niet geschikt geacht ter calibratie van het model aan de ‘huidige’ situatie.

### 6.4.2.3 Springtij (situatie met geopende Emskering).

Om de beschikbare gegevens (model resultaten en metingen van de BAW) over de gevolgen van het innen van de Emskering op het waterstandsverloop te verwerken, worden de resultaten van het model van de BAW vergeleken met de resultaten van Duflow.

De verandering van de totale getijslag (HW-LW) bedraagt als gevolg van het innen van de geopende Emskering bovenstrooms van Gandersum bij de modelresultaten van de BAW ongeveer 1cm.

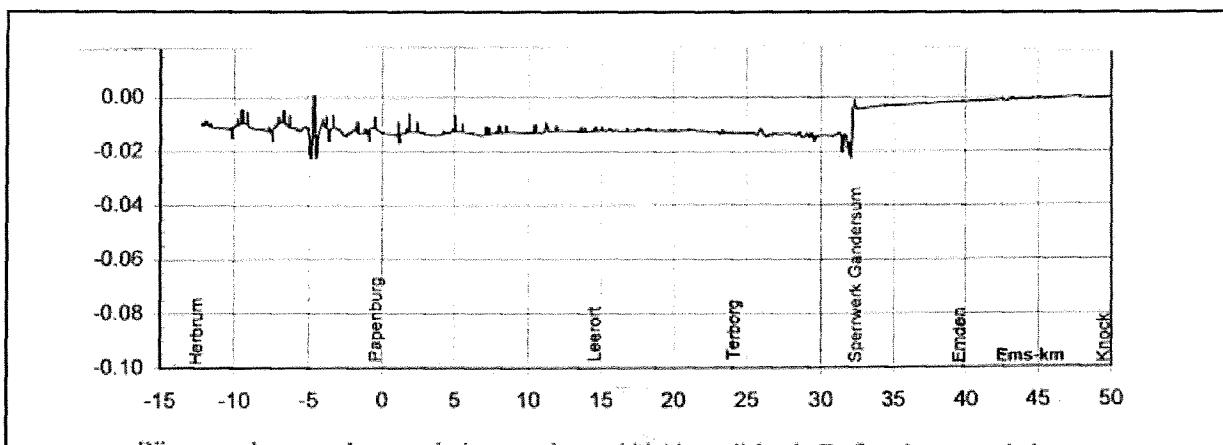


Fig. 6.8: Verandering van gemiddelde getijuitslag ten opzichte van situatie zonder Ems-kering (ontleent aan model BAW).

Bij een analyse van de verandering van de gemiddelde getijslag in Duflow als gevolg van het innen van de Emskering is geen enkele verandering waar te nemen. Dit betekent dat de ingepaste Ems-kering in ieder geval geen belemmering van de stroming tot gevolg heeft.

Bij een analyse van het waterstandsverloop over de geopendekering in de tijd kan een maximaal verval van ca. 3cm over de Ems-kering Duflow worden waargenomen. Dit komt overeen met voorspellingen van de BAW.

### 6.4.3 Evaluatie.

Wat opvalt bij de simulatie van de gemiddelde getijgolf is dat - ondanks pogingen de hydraulische eigenschappen zo goed mogelijk na te bootsen - de snelheid van indringing van de getijgolf niet geheel waarheidsgetrouw kan worden nagebootst. Tevens valt op dat de grove schematisering van het Leda-Jumme gebied in dit gedeelte van het model minder waarheidsgetrouwe waterstanden laat zien. Dit alles is geaccepteerd, omdat het model slechts dient om inzicht te verschaffen in processen veroorzaakt door ingrepen in de rivier/waterbeheer.

Duidelijk is dat absolute getallen geproduceerd door het model een indicatieve waarde hebben.

## 6.5 Gevoeligheid model.

### 6.5.1 Algemeen.

Het testen van de gevoeligheid van het model is belangrijk, omdat duidelijk moet zijn binnen welke grenzen variaties in de uitkomsten veroorzaakt worden door Duflow zelf (on nauwkeurigheden in de modellering) en welke uitkomsten daadwerkelijke veranderingen in b.v. hydraulische processen vertegenwoordigen.

## 6.5.2 Numerieke gevoeligheden.

Ter controle van de nauwkeurigheid van de berekening zelf is het allereerst zaak de lengtestap ( $\Delta x$ ), tijdstap( $\Delta t$ ) en Theta waarmee de berekening wordt uitgevoerd te variëren, teneinde uit te sluiten dat resultaten onnauwkeurig worden als gevolg van een te grote lengtestap of tijdstap.

### 6.5.2.1 Lengtestap ( $\Delta x$ )

De lengtestap (lengte van de secties) bij Duflow moet dusdanig gekozen worden dat:

- De verandering van dwarsprofielen tussen de verschillende secties niet te abrupt is.
- De lengte van de secties klein is ten opzichte van de getijgolf lengte (getijgolf lengte minimaal 300km bij een waterdiepte van ca. 8m).

De langste sectie binnen de schematisatie van de Unterems en omstreken is 6.5km.

### 6.5.2.2 Tijdstap( $\Delta t$ )

De tijdstap waarmee de berekeningen zijn uitgevoerd kan wel een bron van ‘verstoerde’ resultaten zijn. Bij duflow is de ‘standaard’ tijdstap 10 minuten. Om uit te vinden hoe deze tijdstap in relatie staat tot de precisie van de uitkomsten, zijn de berekeningen met tijdstappen van 1uur, 20min., 10min. en 5min. uitgevoerd. Bij de variatie van de tijdstap is bij simulaties dezelfde Theta gebruikt nl. 0.55 (standaard waarde).

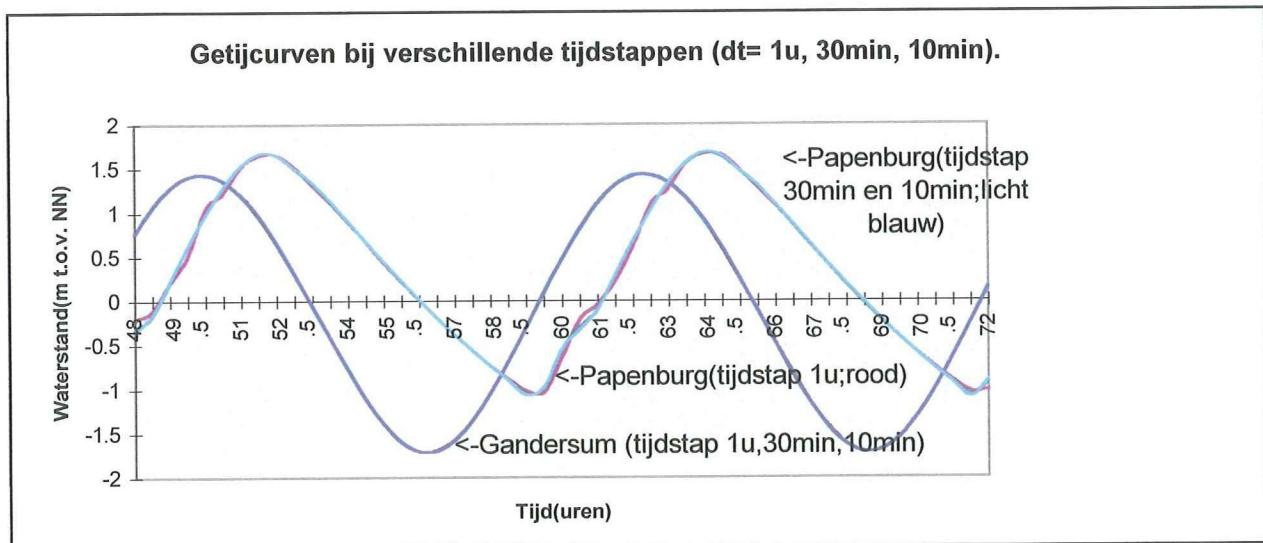


Fig. 6.9: Getijcurven Gandersum en Papenburg berekent met verschillende tijdstappen.

Het gesimuleerde verloop van de waterstanden te Gandersum en te Papenburg is bij de verschillende tijdstappen praktisch gelijk. De enige afwijking die geconstateerd kan worden treedt op bij de simulatie van het waterstandsverloop te Papenburg bij een  $\Delta t=1$ uur.

Voor verdere berekeningen/simulaties is een tijdstap van 10min. (standaard) genomen.

### 6.5.2.3 Theta.

De numerieke demping (Theta) waarmee de berekeningen worden uitgevoerd kan variëren van 1.0 tot 0.5. Teneinde inzicht te krijgen van deze factor op de uitkomsten van de simulatie is drie maal een simulatie ‘gedraaid’ met een tijdstap van 10min. en drie verschillende Theta’s (1.0 , 0.75 en 0.5).

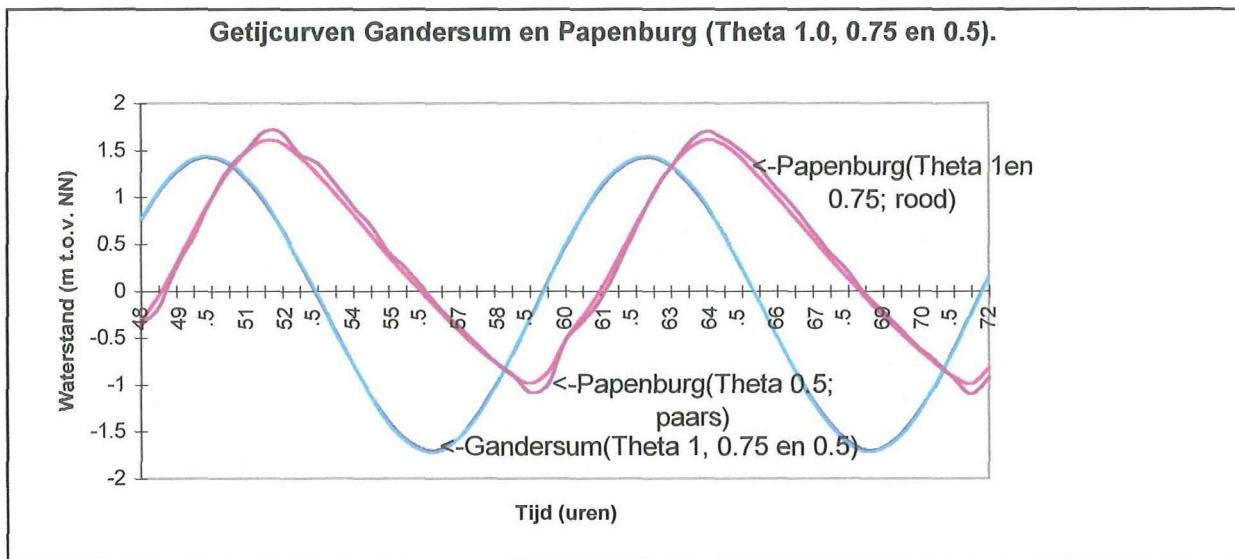


Fig.6.10: Getijcurven van Papenburg en Gandersum berekent met verschillende theta’s.

Het gesimuleerde verloop van de waterstand te Papenburg (paarse lijnen) vertoont bij Theta=0.5 enige slingering. Bij een Theta van 0.75 en 1.0 zijn de uitkomsten identiek. Het gesimuleerde verloop van de waterstand te Gandersum (blauw) is identiek bij de drie Theta’s. Verdere simulaties zijn met een Theta van 0.75 uitgevoerd.

### 6.5.3 Evaluatie.

De schematisatie van het gebied met overwegend korte secties (1.5 ~ 4km) sluit numerieke gevallen a.g.v. fouten in  $\Delta x$  grotendeels uit. De invloeden die de tijdstap en de Theta op de uitkomsten van de simulaties hebben leiden ertoe dat verdere berekeningen worden uitgevoerd bij een tijdstap van 10min en een theta van 0.75.

Al met al is het model waarmee verdere berekeningen worden uitgevoerd niet erg gevoelig (geen grote uitwijkingen) voor variaties in Theta en  $\Delta t$ . Dit is dan ook de reden dat de verschillen tussen de werkelijkheid en de resultaten van het model vnl. liggen bij de niet perfecte calibratie van het model i.p.v. bij evt. numerieke gevoeligheden (orde kleiner).

## **6.6 Conclusie.**

De resultaten van de testen, de calibratie van het model en het onderzoek naar numerieke gevoeligheden hebben uitgewezen dat het model qua simulatie van de hydraulische processen een redelijk waarheidsgrouw beeld geeft van de Außenems en Unterems en een minder waarheidsgrouw beeld geeft van de Dollard en de Leda. Opvallend is dat het verloop van de waterstand in de Unterems redelijk overeen komt maar, dat het verloop van de stroomsnelheden verder van de werkelijkheid verwijderd ligt.

Voor het gebruik van het model betekent dit dat absolute getallen geproduceerd door het model m.b.t. waterstanden een goede indicatie geven over wat er in werkelijkheid te verwachten valt. Absolute getallen m.b.t. stroomsnelheden en debieten hebben veel minder waarde en geven een zeer matig beeld van wat in werkelijkheid te verwachten valt. Hier moet dan ook met zorg mee worden omgegaan.

## 7. Besluitvorming omtrent stuwfase.

### 7.1 Inleiding.

Teneinde met een onbevooroordeelde kijk de problemen rond de afvaart van meyer-werf schepen (de stuwfase) op te lossen, is een besluitvormingsproces doorlopen. Dit proces heeft tot doel om met de gestelde uitgangspunten een oplossing te genereren die de afvaart van een schip met een diepgang van 8.3m (diepgang staat evt. discussie) over de Unterems mogelijk maakt zonder de natuurlijke omgeving aan te tasten.

In dit hoofdstuk is de opzet van het besluitvormingsproces uiteengezet. Vervolgens is de eerste cyclus van dit proces doorlopen dat tot doel heeft om alle mogelijke oplossingen voor het probleem te identificeren.

### 7.2 Besluitvormingsproces

Het besluitvormingsproces bestaat uit drie cycli:

Cyclus 1: Identificatie van alle potentiële maatregelen.

Cyclus 2: Effectiviteit en gevolgen van de beschikbare maatregelen testen.

Cyclus 3: Enkele strategieën (combinatie van maatregelen) vormen, waaruit de ‘beste’ moet worden geselecteerd.

Elke cyclus op zichzelf bestaat grof gezien uit de volgende fasen.

Probleemanalyse + doelstelling voor deze cyclus

Ontwerpfasen

Evaluatie + analyse

### **7.3 Cyclus 1: Identificatie mogelijke maatregelen.**

#### **7.3.1 Probleemanalyse**

Het gebrek aan waterdiepte is het probleempunt voor de afvaart. Met het oog op dit probleem zijn er drie factoren die een rol spelen in de oplossing.

- Bodemverlaging
- Stuwpeil verhoging
- Diepgang verkleining schip.

Echter de eerste twee factoren zijn niet zonder consequenties voor ecologie (zie Hf 4.4) en vragen dan ook om aanvullende maatregelen ter mitigatie/compensatie.

Met het oog op de voornaamste ecologieproblemen die deze factoren met zich meebrengen zijn er 4 categorieën te vormen waarbinnen oplossingen kunnen worden gezocht

1. Bodemverlaging in combinatie met maatregelen ter voorkoming van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van rivierbodem.
2. Stuwpeil verhoging in combinatie met het beperken/voorkomen van het gebruik van pompen in de kering.
3. Stuwpeil verhoging in combinatie met het beperken/voorkomen van het lange tijd onderwater staan van de uiterwaarden.
4. Diepgang verkleining van het schip (diepgang 8.3m)

Doel van cyclus 1:

Genereren van zo veel mogelijk haalbare maatregelen / alternatieven die een afvaart van het schip mogelijk maakt.

#### **7.3.2 Ontwerp fase.**

Om zoveel mogelijk maatregelen te genereren is gebruik gemaakt van een brainstorm.

Bij de resultaten van de brainstorm is de indeling in 4 categorieën gehandhaafd.

##### **7.3.2.1 Criteria.**

Teneinde de gepresenteerde oplossingen snel en doeltreffend te selecteren zijn criteria opgesteld aan de hand waarvan de oplossingen worden beoordeeld.

- Effectiviteit
- Kosten van de maatregelen
- Technische haalbaarheid van de maatregelen
- Maatschappelijke acceptatie m.b.t. de maatregel
- Schade aan/voordeel voor flora en fauna a.g.v. de maatregel

### 7.3.2.2 Brainstorm.

Categorie:

1. Bodemverlaging in combinatie met vermijden aanslibbing en baggeren

maatregelen/oplossingen:

⇒ geen verdere bodemverlaging.

⇒ wel bodemverlaging in combinatie met:

1. verkleinen stroomvoerend profiel  $\Rightarrow V \uparrow$

2. vergroten stroomvoerend profiel  $\Rightarrow$  getijgolfdoordringing  $\uparrow \Rightarrow V \uparrow$  ?

3. vergroten komberging  $\Rightarrow V \uparrow$       ⇒ sluizen te Hebrum open laten

⇒ oude armen openen/uiterwaarden verlagen

4. sediment afvangen

2. Stuwpeil verhoging in combinatie met vermijden pompen

⇒ stuwwvolume  $\downarrow$

⇒ stuwweil zo laag mogelijk

⇒ breedte zomerbed verkleinen

⇒ lengte Unterems verkleinen  $\Rightarrow$  meerdere stuwpanden creëren  $\Rightarrow$  bijv. stuw te Papenburg

⇒ oppervlak uiterwaarden verkleinen

⇒ verhoging uiterwaarden

⇒ natuurgebieden ophogen

⇒ zomerdijkjes verhogen/aanleggen

⇒ initieel niveau na sluiting zo hoog mogelijk

⇒ natuurlijke toevoer water zo veel mogelijk benutten

⇒ optimaal gebruik maken van Leda - en Ems-kering

⇒ Leda gemaal optimaal benutten

⇒ Opslag in omringende gebieden optimaliseren

⇒ Winterseizoen stuwen aanpassen aan periodes met hoge Ems afvoer

⇒ verlenging van tijdsduur stuwfase

⇒ waterkwaliteit verbeteren ( $O_2$ , zwevende stoffen).

⇒ compensatie verlies natuurwaarde uiterwaarden en landbouwgrond

3. Stuwpeil verhoging in combinatie met vermijden uiterwaarden lange tijd onder water

⇒ zomerdijkjes verhogen/aanleggen + compensatie/mitigatie verlies natuurwaarde uiterwaarden

⇒ compensatie verlies kwaliteit uiterwaarden door aanleg van soortgelijke gebieden elders en geldelijke betaling aan boeren.

4. Diepgang van schip verkleinen

⇒ Pontons

⇒ Schip elders afbouwen

⇒ Rails op bodem

### 7.3.3 Evaluatie + analyse

De maatregelen worden vervolgens besproken met de gestelde criteria in het achterhoofd.

#### 7.3.3.1 Bodemverlaging in combinatie met het voorkomen van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van rivierbodem.

Geen verdere bodemverlaging is het ideaal, echter daarmee is een voorspoedige afvaart van het schip niet bereikt. De vraag is eigenlijk; hoe groot kan de bodemverlaging zijn in combinatie met een of enkele aanvullende maatregelen, zonder dat er een afname van bodemkwaliteit en een toename van onderhoudsbaggerwerkzaamheden plaatsvindt. Dit is o.m. afhankelijk van de grootte van de invloed van een bodemverlaging op de stroomsnelheid en de effectiviteit van aanvullende maatregelen.

##### *Maatregelen*

1. Bodemverlaging in combinatie met het verkleinen van het stroomvoerend profiel. Bij een gelijke komberging wordt de getijgolf gedempt en de stroomsnelheden nemen toe.  
(veel belovend)
2. Bodemverlaging in combinatie met het vergroten van het stroomvoerend profiel. Dit vergroot de getijgolf doordringing dusdanig dat daarmee wellicht ook de stroomsnelheid positief beïnvloed wordt.  
(onwaarschijnlijk, maar het testen waard)
3. Bodemverlaging in combinatie met het vergroten van de komberging. De debieten (en de snelheid) in de Unterems nemen toe, waardoor uitschuring van de geul bereikt kan worden. Deze maatregel is negatief voor de plannen ter verkleining van het stuwwolume. Creëren van komberging kan door de sluizen van Hebrum opzetten bij niet stuwen en/of de Uiterwaarden af te graven.  
(veel belovend)
4. Bodemverlaging in combinatie met het afvangen van sediment. Ter beperking van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden kan het sediment afgevangen worden. Dit sediment wordt reeds op grote schaal ‘afgevangen’ in de Dollard. Het afvangen van zand bovenstrooms van Hebrum is wel een optie.  
(veel belovend)

#### 7.3.3.2 Het opstuwen van de Unterems in combinatie met het voorkomen van het gebruik van pompen in de kering.

Het niet opstuwen van de Unterems is vanuit ecologisch oogpunt het beste, echter hiermee is geen afvaart bewerkstelligd.

##### *Maatregelen*

5. Stuwen in combinatie met het verkleinen/versmallen van het zomerbed. Gevolg is een afname aan komberging; verkleining stuwwvolume.  
(veel belovend)
6. Stuwen in combinatie met verkleining van de lengte van de Unterems. Dit levert een afname aan komberging op. Een extra stuw te Papenburg biedt de mogelijkheid een stuk Unterems (met brede uiterwaarden) met een lengte van 13km af te sluiten. Nog een extra kunstwerk stuit naar verwachting op extra verzet en is erg duur.  
(afgevallen)

7. Stuwen in combinatie met verkleining van het oppervlak van de uiterwaarden. Dit heeft tot gevolg dat de komberging bij hogere stuweilen afneemt. Dit is bijv. te bewerkstelligen door de ruimte tussen de twee winterdijken te verkleinen. Dit is kostbaar en stuit op ecologische bezwaren.  
(afgevallen)
8. Stuwen in combinatie met het verhoging van de uiterwaarden. Dit heeft een verkleining van de komberging bij hogere stuweilen tot gevolg. De uiterwaarden liggen op een hoogte tussen de 1.5m+NN en de 2.7m+NN dus wil de ophoging effectief zijn moet er veel grond aan te pas komen. Financieel en ecologisch gezien is dit niet gunstig.  
(afgevallen)
9. Stuwen in combinatie met het verhogen/aanleggen van zomerdijkjes. Bij het stuwen wordt voorkomen dat de uiterwaarden overstroomen bovendien brengt het een verkleining van de komberging met zich mee. (veel belovend)
10. Stuwen van de Unterems in combinatie met het optimaliseren van de sluitingstijd/openingstijd van de stuwe te Hebrum, de Leda - en de Emskering, zodat een hoog initieel peil bereikt kan worden.  
(veel belovend)
11. Het stuwen van de Unterems in combinatie met het maximaliseren van de natuurlijke toevoer van water. Optimaal benutten van de: Ledakering en Ledagemaal, opslag in rivier de Ems en bijv het kustenkanal vergroten, stuweizoen aanpassen periode met hoge afvoeren.  
(veel belovend).
12. Het stuwen van de Unterems in combinatie met verlenging van de stuwfase. Gevolg is dat de natuurlijke afvoer van de Ems langer aangewend kan worden om het pand op te stuwen. Dit kan een aantasting geven van de ecologische- en scheepvaartbelangen.  
(veel belovend)

### **7.3.3.3 Het opstuwen van de Unterems in combinatie met maatregelen ter voorkoming van afname van natuurwaarde van de uiterwaarden.**

Het niet opstuwen van de Unterems is vanuit ecologie oogpunt het beste, echter hiermee is geen afvaart bewerkstelligd.

#### ***Maatregelen.***

9. Het opstuwen van de Unterems in combinatie met het verhogen van zomerdijkjes (zie punt 9). (veel belovend)
13. Het opstuwen van de Unterems in combinatie met compensatie van het verlies aan natuurwaarde van de uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders.  
(veel belovend)

### **7.3.3.4 Diepgang verkleining schip.**

De diepgang van het schip ( $l=300m, b=38m$ ) ten tijde van de afvaart is 8.3m. De maximale diepgang van het schip dat tot afvaart kan komen bij het sluiten van de kering bij springtij (zonder te stuwen) en zonder bodemverlaging is ca. 7.3m. Als bezuinigd kan worden op de diepgang van het schip is dit pure winst, aangezien het minder bodemverlagingen en/of minder stuwen tot gevolg heeft

**Maatregelen.**

14. Diepgang verkleining door pontons langs het schip te plaatsen.  
(veel belovend)
15. Diepgang verkleining van het schip door het schip elders af te bouwen.  
(veel belovend)
16. Rails op de bodem van de rivier is te kostbaar.  
(geen optie)

**7.3.3.5 Geschikte maatregelen.**

De maatregelen die kunnen bijdragen tot een afvaart zonder veel ecologische bezwaren zijn de volgende:

1. Bodemverlaging in combinatie met het verkleinen van het stroomvoerend profiel.
2. Bodemverlaging in combinatie met het vergroten van het stroomvoerend profiel.
3. Bodemverlaging in combinatie met het vergroten van de komberging.
4. Bodemverlaging in combinatie met het afvangen van sediment.
5. Stuwen in combinatie met het verkleinen/versmalen van het zomerbed.
9. Het stuwen van de Unterems in combinatie met het verhogen/aanleggen van zomerdijkjes.
10. Het stuwen van de Unterems in combinatie met het optimaliseren van de sluitingstijd/openingstijd van de stuw te Hebrum, de Leda - en de Emskering.
11. Het stuwen van de Unterems door maximaal gebruik te maken van de natuurlijke toevoer verhogen van de natuurlijke toevoer van water.
12. Het stuwen van de Unterems in combinatie met verlenging van de stuwfase.
13. Het stuwen van de Unterems in combinatie met compensatie van het verlies aan natuurwaarde van de uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders.
14. Diepgang verkleining van het schip door pontons langs het schip te plaatsen.
15. Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen.

**7.3.4 Conclusie.**

Er zijn nu veel (aanvullende)maatregelen beschikbaar, die een bodemverlaging of een stuweilverhoging mogelijk kunnen maken zonder ecologische problemen. Onduidelijk is echter nog hoe effectief de maatregelen zijn en welke kosten er mee gemoeid gaan. Het achterhalen van deze zaken is onderwerp van cyclus 2.

## 8 Cyclus 2: Testen effecten en gevolgen van maatregelen.

### 8.1 Inleiding.

Het probleem in deze fase is dat er een scala aan maatregelen beschikbaar zijn maar dat nog onduidelijk is wat de effecten (in positieve en negatieve zin) zijn en hoe de verhouding tussen de kosten (in de ruime zin van het woord) en de baten ligt.

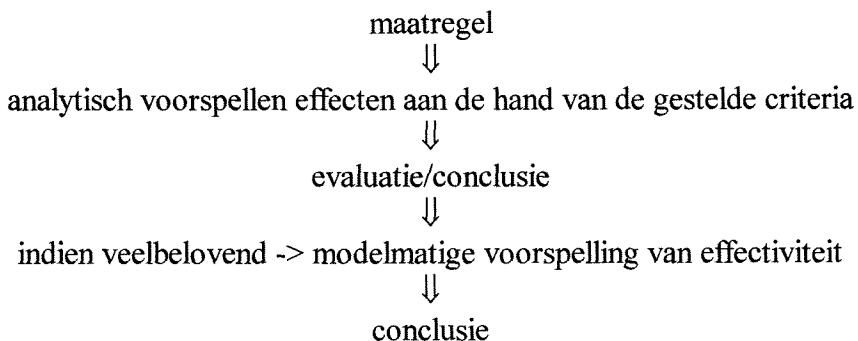
Teneinde inzicht in dit probleem te krijgen zijn de maatregelen stuk voor stuk aan een analytische- en evt. duflowmodel beschouwing onderworpen. Het betreft op de eerste plaats een kwalitatieve analyse.

Doel van deze fase is het elimineren van minder geschikte maatregelen.

In dit hoofdstuk is allereerst de opzet van het eliminatieproces toegelicht, alsmede de criteria waaraan de maatregelen zijn getoetst. Vervolgens zijn de maatregelen ter voorkoming van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van bodemkwaliteit beschouwd. Daarna volgen de analyses van de maatregelen die het stuwen van de Unterems zonder het gebruik van pompen mogelijk moeten maken. Dan zijn de maatregelen beschouwd die het stuwen van de Unterems mogelijk maken zonder dat er afname van de natuurwaarde van de uiterwaarden plaatsvindt. Als laatste analyse zijn de maatregelen ter verkleining van de diepgang van het schip beschouwd. Tot slot volgt de evaluatie en de conclusie.

## **8.2 Opzet eliminatie van maatregelen.**

### **8.2.1 Het proces.**



N.B. Als de maatregel in een vroeg stadium reeds niet erg effectief blijkt, is de modelmatige voorspelling niet gebruikt bij deze maatregel.

### **8.2.2 Criteria.**

De effectiviteit van de maatregel moet, teneinde een goede analyse te kunnen maken, getoetst worden aan verschillende criteria. De volgende criteria zijn gebruikt.

#### *Criterium 1: De effectiviteit van de maatregel.*

In welke mate worden de doelen, gesteld bij de doelstelling, gediend.

Doelen:

1. Het voorkomen van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van rivierbodem bij een verdere bodemverlaging.
2. Het beperken/voorkomen van afname natuurwaarde van uiterwaarden als gevolg van het stuwen van de Unterems.
3. Het beperken/voorkomen van het gebruik van pompen in de kering voor het stuwen van de Unterems.

#### *Criterium 2: Kosten van de maatregel.*

Ingrepen in de rivier (stroombed veranderen e.d.) kunnen erg prijzig zijn terwijl maatregelen op het waterbeheer vlak in verhouding nauwelijks kosten met zich mee brengen.

In deze beginfase worden er hoofdzakelijk kwalitatieve kostentechnische opmerkingen gemaakt m.b.t. de maatregelen.

#### *Criterium 3 : Ecologie en landschapswaarde.*

De maatregelen dienen in principe het doel om de natuur te ontzien, echter de maatregel zelf heeft eveneens gevolgen voor ecologie. Deze gevolgen worden met dit criteria beschouwd. Indien noodzakelijk moet benadering van ecologie worden hersteld m.b.v. mitigerende - en/of compenserende maatregelen. Daarmee kunnen ingrijpende maatregelen t.a.v. de ecologie veel kosten met zich meebrengen en soms ook in kosten worden uitgedrukt.

*Criterium 4: Belang van de scheepswerf.*

De scheepswerf moet wellicht concessies doen ten aanzien van de wens om het schip ‘ongestoord’ van Papenburg naar open zee te varen.

*Criterium 5: Overige functies van de rivier.*

Aangezien de rivier meerdere functies vervult, moet de invloed van de maatregel op het vervullen van deze functies bekeken worden.

Relevante functies:

Landbouw op uiterwaarden.

Overstromingsbeheersing, veiligheid.

Transport over water, Navigatie ( niet gedurende de stuwfase ).

Invloed op grondwater.

Invloed op omliggende infrastructuur.

Recreatie.

Visserij.

### **8.3 bodemverlaging in combinatie met maatregelen ter voorkoming van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van de rivierbodem.**

#### **8.3.1 Algemeen.**

In deze sectie (8.3) is allereerst de huidige situatie m.b.t. bodemkwaliteit en onderhoudsbaggerwerkzaamheden toegelicht. Daarna is kort de theorie achter de morfologische processen en de invloed daarop door een bodemverlaging beschouwd. Waarna de verschillende maatregelen ter voorkoming van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en bodemkwaliteitsvermindering zijn geanalyseerd.

De maatregelen:

1. Bodemverlaging in combinatie met verkleinen stroomvoerend profiel.
2. Bodemverlaging in combinatie met vergroten stroomvoerend profiel.
3. Bodemverlaging in combinatie met het vergroten van de komberging: sluizen van Hebrum opzetten en/of oude armen van de Unterems openen/uiterwaarden afgraven.
4. Bodemverlaging in combinatie met het afvangen van sediment.

#### **8.3.2 Huidige situatie.**

##### **8.3.2.1 Baggerwerkzaamheden.**

Bij de huidige bodemligging zijn er reeds inspanningen nodig om de bodemligging te handhaven.

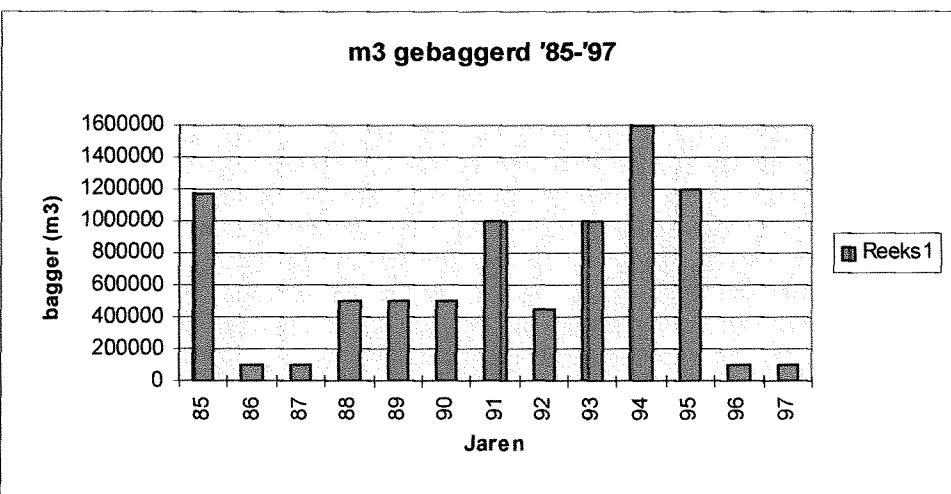


fig. 8.1:  $m^3$  gebaggerd per jaar in de Unterems.

Het is bekend dat de huidige bodemligging ('98) niet veel verschilt t.o.v. de bekende bodemligging uit '92, dus de hoeveelheid gebaggerde  $m^3$  in de jaren '92-'97 zijn representatief. Echter het is onduidelijk wat de bodemligging was in de jaren ervoor dus aan de hoeveelheid gebaggerde  $m^3$  in de periode '85-'91 kan slechts weinig waarde worden gehecht.

### 8.3.2.2 Bodemkwaliteit.

De huidige bodem (bovenste 10cm bemonsterd) van de Unterems bestaat voor een groot deel uit slib en klei en in mindere mate uit fijne zanddeeltjes. De zandbodem(s) (minder dan 20% slib;  $D_{50}=200\sim300$  mu m) bevindt zich vooral in de omstreken van Bingum. De slibbodems (minder dan 20% zand;  $D_{50}=15$  mu m) bevinden zich verspreid over de rest van het traject.

De slibbodems waren in het verleden minder talrijk. In HF 4.3.1 is reeds de verandering van bodemsamenstelling aan de orde gekomen. De veroorzaaker van de bodemkwaliteitsvermindering is vnl. de bodemverlagingen die in het verleden zijn doorgevoerd.

In de huidige situatie is bezinksnelheid van de zwevende deeltjes (potentieel slib) enkele uren tot enkele dagen (bezinksnelheid slib zie bijlage XV). Na bezinking heeft de sliblaag een volume gewicht van ca.  $1000\sim1100$  kg/m<sup>3</sup> en consolideert langzaam. De sliblaag ontstaat bij kentering van het tij en resuspendeert reeds bij een  $\tau_b \approx 0.12$  kN/m<sup>2</sup> ( $v \approx 0.2$  m/s). Bij de getijbewegingen is er dus slechts bij de kentering van het tij een korte tijdsduur waar sedimentatie optreedt. Waarna vervolgens een tijdsduur van resuspensie plaatsvindt.

Er is jaarlijks een netto ‘import’ van slib naar de Unterems. Dit slib is afkomstig van de rivier de Ems zelf en de Außenems (en wellicht de Dollard). Er is jaarlijks gezien ook een netto ‘import’ van zand in de Unterems(kleine hoeveelheid).  
(Sedimenttransportpaden zie bijlage XIII)

### 8.3.3 Analyse effecten van bodemverlaging op morfologie.

Een verwacht probleem bij verdere bodemverlaging is het afnemen van de stroomsnelheden - a.g.v. het vergroten van het dwarsprofiel - en daarmee een verandering in de slibhuishouding en de zandtransporten wat eventueel meer baggerwerkzaamheden en verdere bodemkwaliteitsvermindering met zich meebrengt. De opgestelde maatregelen ter voorkoming van deze nadelige effecten van bodemverlaging zijn er vooral op gericht om een verdere afname van stroomsnelheden te voorkomen. De vraag is echter of dit juist is en of er niet nog andere belangrijke invloedsfactoren meespelen. Teneinde enig inzicht te krijgen in de effectiviteit van de maatregelen is allereerst een korte analyse van de morfologische processen gemaakt.

Allereerst is de theorie rond de sedimentatie en resuspensie van slib toegelicht . Vervolgens is de slibhuishouding in z’n geheel beschouwd (bigger picture). Daarna is de invloed van een bodemverlaging op deze processen beschouwd. Tot slot is het op kleinere schaal optredende zandtransport beschouwd, waarna de conclusies kunnen worden getrokken ten aanzien van de belangrijkste invloedsfactoren.

De veranderingen in het stroomvoerend profiel (als gevolg van bodemverlaging) en dus de stroomsnelheden ‘spelen’ vnl. in het traject Leerort-Papenburg, omdat daar de grootste verandering optreedt t.o.v. de huidige situatie (bodemligging ’98).

### 8.3.3.1 Theorie sedimentatie/resuspensie van slib

Allereerst is de theorie achter de sedimentatie en resuspensie van slib toegelicht.

De mate waarin sedimentatie en resuspensie plaatsvindt wordt beïnvloed door een aantal factoren nl.:

D<sub>50</sub>slib

Stroomsnelheden

Viscositeit van het water (vnl. afhankelijk van de temperatuur van het water)

Slibconcentratie

Golfbeweging van het water

Zoutgehalte (i.v.m. flocculatie)

Echter bij de formules voor sedimentatie en resuspensie van slib ligt de nadruk op de schuifspanningen (en dus stroomsnelheid) .

*Sedimentatie.*

Hoe groot is de invloed van afnemende/toenemende snelheid op de sedimentatie van slib?

Schuifspanning bij de bodem a.g.v. stroming.

$$\tau_b = \rho_w * f_s * U_{bs}^2$$

$\tau_b$  = bodemschuifspanning door stroming [N/m<sup>2</sup>]

$\rho_w$  = dichtheid van water [kg/m<sup>3</sup>]

$f_s$  = friktiecoëfficiënt stroming (0.004;0.005)[-]

$U_{bs}$  = snelheid nabij de bodem [m/s]

Belangrijk is om te constateren dat de stroomsnelheid in het kwadraat ‘meetelt’.

Voor de sedimentatie kan de volgende formule genomen worden.

$$S_i = W_{si} * C_{li} * p$$

$$p = 1 - \tau_b / \tau_{sed.}$$

$S_i$  = sedimentatie van fractie i [kg/m<sup>2</sup>s]

$W_{si}$  = valsnelheid van fractie i [m/s]

$C_{li}$  = slibconcentratie in een vak van fractie i [-]

$p$  = kans op vasthechting deeltje

$\tau_{sed.}$  = grens bodemschuifspanning waarbij sedimentatie kan optreden (0.06;1.1) [N/m<sup>2</sup>]

$S_t$  = som  $S_i$

$S_t$  = sedimentatiesom van alle fracties [kg/m s]

Duidelijk is dat bij een afname van bodemschuifspanning (als gevolg van de afname van de stroomsnelheid) de kans op hechting van een slijfdeeltje op de ondergrond (en dus de sedimentatie) toeneemt.

### *Resuspensie.*

#### Formule van Parchure

$$E = M * [\tau_b - \tau_{kr}(z)] / \tau_{kr}(z)$$

E = erosie/ resuspensie [ $\text{kg/m}^2\text{s}$ ]

M = erosiefactor [ $\text{kg/m}^2\text{s}$ ] -> factor welke dient om alle van invloed zijnde factoren te verdisconteren.

$\tau_{kr}(z)$  = momentane kritische bodemschuifspanning op diepte z van de bodem (*Unterems: 0.12N/m<sup>2</sup>*) [ $\text{N/m}^2$ ]

Duidelijk is dat de resuspensiecapaciteit afneemt bij een afnemende schuifspanning (lees:stroomsnelheid).

#### **8.3.3.2 Slibhuishouding.**

Teneinde inzicht te krijgen in de effecten die een verandering van het stroomvoerend profiel op de slibhuishouding in een estuarium hebben en om eventuele tegenmaatregelen te kunnen treffen moet het proces niet alleen op micro-schaal (zie 8.3.3.1) maar ook op makro-schaal begrepen worden.

Het vermoedelijke verloop van het gehele proces van sedimentatie en resuspensie is grof geschatst:

Slib wat van de Ems afkomstig is komt in de Unterems terecht waar het in het gedeelte Hebrum-Papenburg met de overwegend stroomafwaarts gerichte stroming (afvoer van de Ems) vervoerd wordt. Echter bij iedere kentering van het tij vindt gedeeltelijk sedimentatie en na de kentering weer resuspensie plaats. Op een bepaalde plek in de Unterems (afhankelijk van de afvoer van de Ems) komt het slib de zouttong tegen, welke reeds slib uit de Außenems meebrengt. Bij de kentering van het tij (tussen eb en vloed) sedimenteert het slib wederom en wordt het met de overwegend stroomopwaarts gerichte stroming bij de bodem (zouttong) meegenomen, waarna sedimentatie en resuspensie wederom plaatsvindt.

De resuspensie vindt plaats, omdat het slib niet genoeg tijd/gewicht heeft om dusdanig te consolideren dat het de optredende schuifspanningen kan weerstaan. Echter aangezien de toevoer van het slib uit de Ems en Außenems blijft doorgaan neemt de concentratie om en nabij zouttong toe (maximaal gemeten waarden in Unterems 1000~2000mg/l), zodat er een steeds dikkere laag sedimenteert. Naarmate er bij sedimentatie voldoende slib bezinkt om genoeg gewicht op de onderste slibdeeltjes uit te oefenen wordt de kans op resuspensie van de onderste deeltjes kleiner en neemt de netto sedimentatie toe.

### 8.3.3.3 Invloed bodemverlaging op slibhuishouding.

De belangrijkste invloedsfactoren voor de sedimentatie en resuspensie van slib in de Unterems zoals deze uit de voorgaande analyses (micro en makro schaal) naar voren komen zijn:

De stroomsnelheden.

De zouttong indringing (afhankelijk van bovenafvoer)

De slibconcentratie.

Welke invloed heeft een bodemverlaging nu op deze factoren?

*De stroomsnelheid.*

Uit de modellering van een bodemverlaging (zie fig. 8.2) blijkt dat het verloop van de stroomsnelheid om en nabij de kentering van het tij (tijd waarin sedimentatie optreedt) nauwelijks verandert, echter de maximaal optredende stroomsnelheden (tijd waarbij resuspensie/erosie optreedt) veranderen wel opzienbarend.

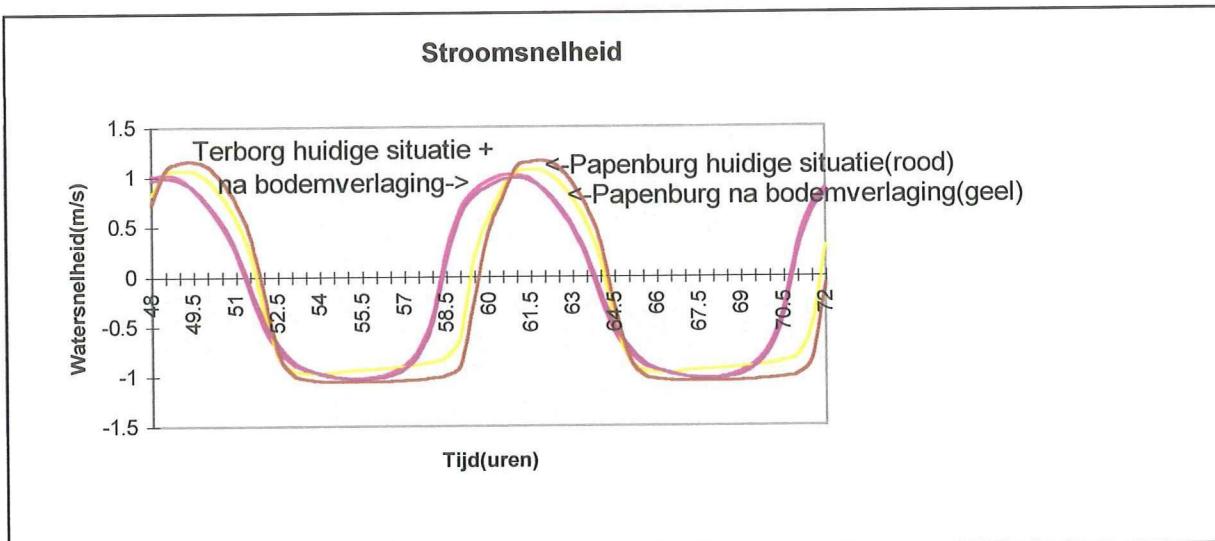


Fig.8.2: Grafiek; invloed bodemverlaging op stroomsnelheid. Bodemverlaging over traject wachtplaats(nabij lokatie Ems-kering)-Emden tot 8.0m-NN + bodemverlaging over traject wachtplaats-Papenburg tot 7.0m-NN

Stel een afname van de maximaal optredende snelheid van 1.0m/s naar 0.8m/s, welke invloed heeft dit op de toename van de aanslibbing en onderhoudsbaggerwerkzaamheden?

Deze verandering in optredende stroomsnelheid betekent dat de potentie om slib te resuspenderen afneemt. De sedimentatie van slib blijft daarentegen nagenoeg onveranderd aangezien dit proces vooral bij lagere snelheden optreedt en de veranderingen in het stromingsbeeld (lees:stroomsnelheden) bij lage snelheden niet groot lijkt te zijn.

Bij resuspensie neemt de opgewekte schuifspanning meer af dan de gestelde 20% afname van de stroomsnelheid (niet precies ontleent aan grafiek). Dit komt omdat de snelheid in het kwadraat in de schuifspannings formule zit. De afname van de schuifspanning bedraagt ca. 35%.

$U_{0,max} = 1.0 \text{ m/s}$	$U_{1,max} = 0.8 \text{ m/s}$
$U_{bs,max} \approx 0.7 \text{ m/s}$	$U_{bs,max} \approx 0.55 \text{ m/s}$
$\tau_{b,max} \approx 2.4 \text{ N/m}^2$	$\tau_{b,max} \approx 1.5 \text{ N/m}^2$
$E \approx 19 \text{ M kg/m}^2\text{s}$	$E \approx 11.5 \text{ M kg/m}^2\text{s}$
$E = \text{resuspensie in kg/m}^2\text{s}$	
$M = \text{factor ter verdisconteren van overige invloeden.}$	

Belangrijk is op te merken dat het slechts om een zeer grove analyse gaat, waaruit echter wel een conclusie getrokken kan worden. De potentie tot resuspensie van slib neemt af, alsgevolg van een afname van de maximaal optredende stroomsnelheden.

#### *De zouttong indringing.*

De invloed van een bodemverlaging op de zouttong indringing komt uit de voorgaande analyses niet duidelijk naar voren. Aannemelijk is echter wel dat de zouttong ter plaatse van de bodem verder stroomopwaarts verplaatst. Of dit enige significante invloed heeft op de omvang en de plaats waar de sedimentatie plaatsvindt is onduidelijk.

#### *De slibconcentratie.*

Aangezien de maximale stroomsnelheden afnemen bij een bodemverlaging worden de concentraties die optreden ter plaatse van de zouttong beïnvloed. Een verandering van de optredende concentraties heeft invloed, omdat de mate waarin bijv. ‘hindered settlement’ optreedt eveneens verandert.

Aangezien dit een ingewikkeld proces betreft kan daar weinig over gezegd worden.

#### **8.3.3.4 Zandtransport.**

Het zandtransport bestaat vnl. uit bodemtransport. Het wordt stroomopwaarts vervoerd vanuit de Außenems via de netto bovenstroomsgerechte stroming aan de bodem (als gevolg van de zouttong). Het wordt stroomafwaarts vervoerd vanuit de Ems via de hoofdzakelijk benedenstroomsgerechte stroming a.g.v. de afvoer van de Ems. Er vindt netto aanzanding plaats in de Unterems en er treedt netto een stroomafwaarts transport plaats. Het zand wordt naar verwachting over het gehele traject Weener-Emden afgezet, het is echter alleen als toplaag te aanschouwen in vnl. de bochten bij Bingum als gevolg van de hoger optredende snelheden aldaar (wegspoelen van slib).

Een afname van de optredende maximale stroomsnelheid vnl. ten tijde van eb heeft naar verwachting vnl. een verandering van de lokatie van sedimentatie van zand in de Unterems tot gevolg. De netto sedimentatie blijft naar alle waarschijnlijkheid gelijk, aangezien de aanvoer van zand niet veel verandert.

### 8.3.3.5 evaluatie.

Naar aanleiding van de voorgaande analyses en beschouwingen m.b.t. slib en zandtransport in de Unterems, kan het volgende gezegd worden over de invloedsfactoren die een rol spelen bij de toename van sedimentatie en de toename van slibbodem.

De factoren zouttongindringing, slibconcentratie en vooral de stroomsnelheid spelen een voornamme rol bij de mate waarin netto sedimentatie plaatsvindt en de lokatie waar dit plaats vindt. Concreet kan slechts gezegd worden dat een bodemverlaging een afname van de maximaal optredende stroomsnelheid tot gevolg heeft. Deze afname doet de resuspensiecapaciteit afnemen en heeft, als andere invloedsfactoren niet veranderen, een netto toename van sedimentatie tot gevolg.

Belangrijk is nu eveneens de aanvoer van sediment. Immers als de aanvoer constant blijft en volledig bezinkt in de Unterems, dan doen processen die zich afspelen in de Unterems er weinig toe. Bekent is dat er een netto import aan slijf bestaat in de Unterems en dat een slibtransportpad (beschouwing import en export) stroomopwaarts gericht is en in de Unterems eindigt. Eveneens is bekent dat er een netto import van zand bestaat in de Unterems en dat een zandtransportpad stroomafwaarts gericht is en eindigt in de Unterems (zie bijlage XIII).

Met betrekking tot de verwachtingen voor bodemkwaliteit bieden de voorgaande analyses weinig soelaas. Echter in het verleden kon geconstateerd worden dat de bodemkwaliteit in de Unterems afnam na een bodemverlaging (toename van slibbodem; zie Hf 4.3.1). Tevens wordt een verslechtering van de bodemkwaliteit als gevolg van de geplande bodemverlaging door de UVS en BUND (ecologie belangen organisaties) voorspelt.

De BAW heeft voorspeld dat er geen verandering van de slijbhuis houding plaatsvindt na een bodemverlaging, omdat de toename van de getijgolfdoordringing in de Unterems de toename van het stroomvoerend oppervlak (a.g.v. de bodemverlaging) dusdanig compenseert dat er geen verandering van stroomsnelheden optreedt. Resultaten van een Duflow modellering spreken dit echter tegen, omdat daaruit blijkt dat de beperkte toename van de getijgolfdoordringing de afname van de stroomsnelheid nauwelijks compenseert (zie fig. 8.2).

Duidelijk is dat de morfologie van dit gebied een ingewikkeld dynamisch systeem betreft.

### 8.3.3.6 Conclusie.

Onduidelijkheid over het precieze effect van bodemverlaging op het sediment- en slibtransport in de Unterems laat veel vragen met betrekking tot de netto sedimentatie onbeantwoord. Een mogelijkheid is nl. dat er geen toename van netto sedimentatie plaatsvindt, omdat de aanvoer van sediment constant blijft. Dit heeft dan slechts tot gevolg dat slijf en zand elders in de Unterems sedimenteert.

Met betrekking tot verwachtingen voor de bodemkwaliteit kan afgegaan worden op de voorspellingen van verscheidene ecologieorganisaties, welke eenduidig een toename van slibbodem verwachten. Dit wordt als een afname van bodemkwaliteit gezien.

Aannemelijk is echter wel dat een bodemverlaging in combinatie met maatregelen ter vergroting van de stroomsnelheid in de Unterems de verwachte negatieve effecten (netto sedimentatie en bodemkwaliteitsvermindering) positief kan beïnvloeden. Uit de voorgaande analyses komt nl. duidelijk naar voren dat de stroomsnelheid een grote rol speelt bij deze

processen. Aannemelijk is dan ook dat het instant houden of verhogen van de in de huidige situatie optredende stroomsnelheden, en daarmee de schurende werking van de eb en vloed stroom, de afname van kwaliteit van de bodem (a.g.v. een bodemverlaging) kan beperken en wellicht ook de toename van de netto sedimentatie (a.g.v. een bodemverlaging) kan verminderen.

De maatregelen die voorgesteld zijn om een bodemverlaging mogelijk te maken zonder toename van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en bodemkwaliteitsvermindering, hebben veelal tot doel om de afname van de stroomsnelheid te corrigeren. Het is aannemelijk dat deze correcties een positieve invloed hebben op het beperken van het onderhoud en de bodemkwaliteit. Indien deze maatregelen nuttig blijken te zijn voor het realiseren van een afvaart van een meyer-werf schip zonder ecologie bezwaren, dan moet de effectiviteit van deze maatregel gecontroleerd worden met bijv. een modellering van de morfologie.

### 8.3.4 Analyse van de effectiviteit van maatregelen ter voorkoming van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden als gevolg van bodemverlaging.

In paragraaf 8.3.4 zijn de maatregelen geanalyseerd die een bodemverlaging mogelijk moeten maken zonder de verwachte nadelige effecten (onderhoudsbaggerwerkzaamheden, toename slibbodems) die een bodemverlaging met zich meebrengt.

#### *Maatregelen.*

1. Bodemverlaging in combinatie met het verkleinen van het stroomvoerend profiel.
2. bodemverlaging in combinatie met het vergroten van het stroomvoerend profiel.
3. Bodemverlaging in combinatie met het vergroten van de komberging: sluizen van Hebrum openzetten en/of uiterwaarden van de Unterems afgraven.
4. Bodemverlaging in combinatie met het afvangen van sediment.

#### **8.3.4.1 bodemverlaging in combinatie met het verkleinen van de stroomvoerende breedte.**

Het principe van de maatregel is om de toename van het stroomvoerend oppervlak (de bodemverlaging) te compenseren door een versmalling van de stroomvoerende breedte, zodat het stroomvoerend oppervlak (en de stroomsnelheid) per saldo gelijk blijft (zie fig. 8.3). Deze maatregel moet vnl. toegepast worden in het traject waar de stroomsnelheid afname hoofdzakelijk plaatsvindt, dit betreft het traject Leerort-Papenburg.

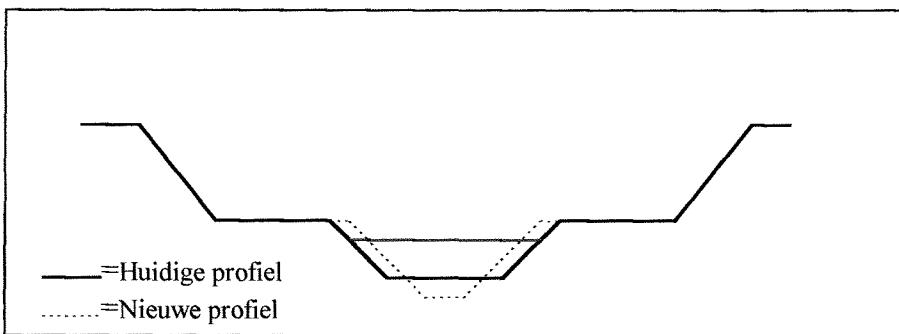


Fig. 8.3: Bodemverlaging in combinatie met een verkleining van de stroomvoerende breedte.

#### *Criterium 1: Voorkomen van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden in de Unterems.*

Deze maatregel corrigeert het stroomvoerend oppervlak, zodat het netto oppervlak constant blijft. Het effect van de maatregel op de optredende stroomsnelheden moet m.b.v. het model worden bekeken.

#### *Criterium 2: Kosten van de maatregel.*

De kosten van de maatregel bestaan vooral uit het verlengen en aanleggen van de kribben of het plaatsen van stroom dirigerende schermen.

#### *Criterium 3: Ecologie en landschapswaarde.*

De maatregel zelf heeft naar alle waarschijnlijkheid kleine voor- en nadelen nl. verstoring leefgebied, verlies bodemoppervlak, extra luwte gebieden voor vissen.

*Criterium 4: Belang van de scheepswerf.*

Door een versmalling van het stroomvoerende oppervlak nemen de problemen omtrent de navigatie toe. Aangezien de bochten in het traject Papenburg-Weener reeds probleempunten zijn voor de afvaart van het Meyer-werf schip kunnen deze plekken niet verder versmald worden.

*Criterium 5: Overige functies van de rivier.*

- Overstromingsbeheersing, veiligheid.

Beïnvloeding van het stroomvoerend oppervlak beïnvloedt de afvoercapaciteit.

- Transport over water, navigatie ( niet gedurende de stuwfase ).

In het grootste gedeelte van de traject Leerort-Papenburg liggen de kribben praktisch tegen de vaargeul aan. Bij een verdere versmalling van de vaargeul moet de scheepvaart concessies doen.

*Conclusie.*

Een versmalling van de stroomvoerende breedte ( $\approx$ vaargeulbreedte $\approx$ 50m) op het traject Leerort-Papenburg is nauwelijks mogelijk zonder concessies te doen ten aanzien van de scheepvaart en afvaart van schepen van de werf. De in de praktijk toe te passen versmalling zonder de scheepvaart te hinderen is slechts op enkele plaatsen toe te passen en het effect is dan naar verwachting nihil.

Dit wordt als geen goed alternatief gezien.

### 8.3.4.2 Bodemverlaging in combinatie met een vergroting van de stroomvoerende breedte van de Unterems.

Het principe van deze maatregel is om de getijgolndoordringing ( $dh_{gem, Emden} = 3.2m$  en  $dh_{gem, Hebrum} = 2.5m$ ) dusdanig te vergroten dat de toename in stroomvoerend oppervlak (afname van stroomsnelheden) wordt gecompenseerd/overtroffen door het effect van de grotere getijgolf doordringing en de toename van de komberging (toename debiet). De afname van de amplitude van de getijgolf vindt vnl. plaats bovenstrooms van Leerort. Echter voor een betere getijgolf doordringing moet een verbreding over het gehele traject uitgevoerd worden.

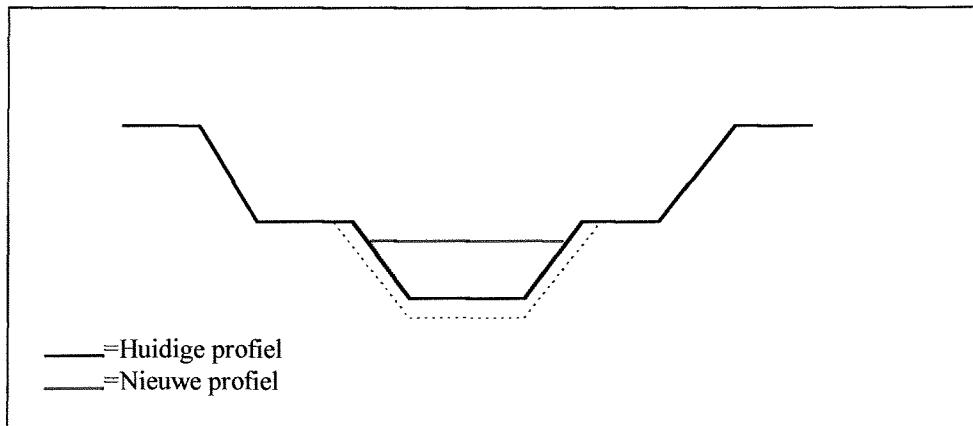


Fig. 8.4 Bodemverlaging in combinatie met een vergroting van de stroomvoerende breedte.

#### Criterium 1:

- Voorkomen van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden in de Unterems.

Reeds toegelicht.

- Vermijden van pompen in de Ems-kering.

Een toename van komberging wordt door de verbreding gerealiseerd en daarmee neemt het stuwwolume toe (negatief).

#### Criterium 2: Kosten van de maatregel.

De kosten van de maatregel zijn vooral te vinden in het aanpassen van de kribben, verplaatsen oeverbescherming en het grondverzet benodigd voor het verbreden van het zomerbed.

#### Criterium 3: Ecologie en landschapswaarde.

Positief voor ecologie is de toename aan wateroppervlak. Negatief voor ecologie zijn de werkzaamheden van zwaar materieel in het gebied en het verlies aan oppervlak van de uiterwaarden.

#### Criterium 4: Belang van de scheepswerf.

De scheepswerf is gediend bij een grotere breedte van de vaarweg.

#### Criterium 5: Overige functies van de rivier.

- Landbouw op uiterwaarden.

Er gaat landbouwgrond verloren.

- Overstromingsbeheersing, veiligheid.

De afvoercapaciteit neemt toe. Dit is echter overbodig.

- Transport over water, Navigatie ( niet gedurende de stuwfase ).

De scheepvaart in het algemeen is gediend bij een grotere vaarwegbreedte.

### Evaluatie.

Naast de voordelen voor scheepvaart is een belangrijk nadeel de toename van het stuwwolume. Bovendien is het nog onduidelijk of ‘het werkt’.

### Modelmatige analyse.

Teneinde inzicht te krijgen in de effecten van deze maatregel is deze in het model geanalyseerd. Een verbreding van de vaarweg van ca. 50% op het traject Emden-Hebrum is in combinatie met een bodemverlaging tot 7.0m-NN gesimuleerd (huidige bodemligging 5.8m-NN).

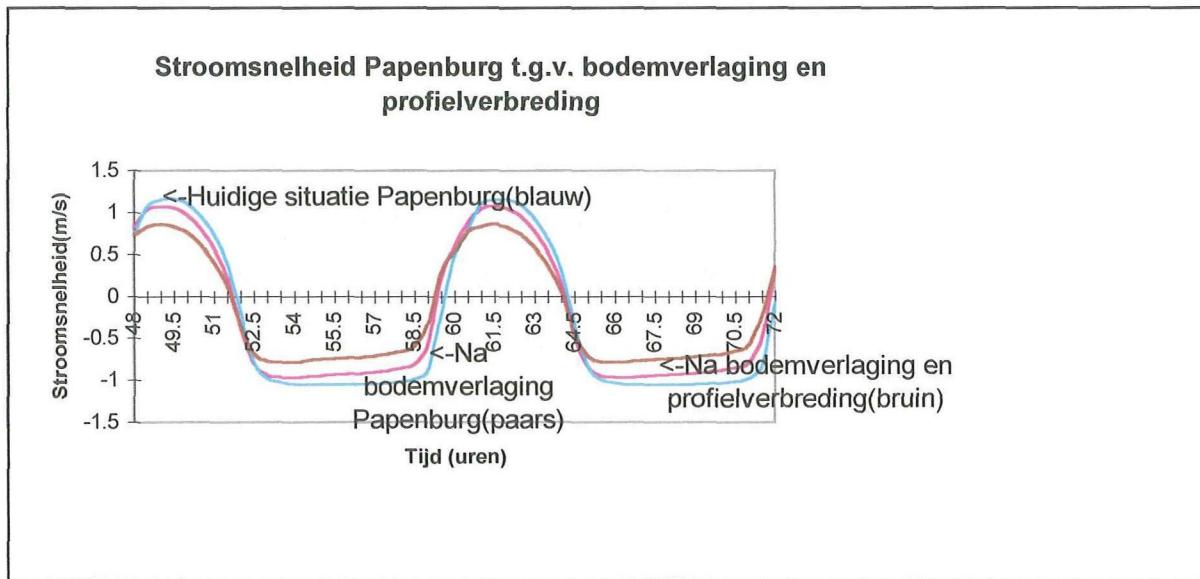


Fig. 8.5: Stroomsnelheid te Papenburg in de huidige situatie, in een situatie met bodemverlaging en als gevolg van bodemverlaging in combinatie met profiel verbreding.

### Conclusie.

Duidelijk is dat d.m.v. een verbreding niet een dusdanige getijgolfdoordringing kan worden bewerkstelligd dat de snelheid niet verder afneemt t.o.v. de huidige situatie. Deze maatregel is niet effectief.

### **8.3.4.3 Bodemverlaging in combinatie met een vergroting van de komberging: (a)sluizen openen te Hebrum en/of (b)komberging creëren in uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum.**

Een mogelijkheid ter vergroting van de stroomsnelheid - ter compensatie van de afname ten gevolge van de bodemverlaging - is het vergroten van de komberging. Alleen als deze vergroting van komberging plaatsvindt bovenstrooms van Papenburg dient het z'n doel. (zie bijlage II voor kaarten)

- (a)Sluizen openen te Hebrum, zodat een getijgolffoording plaatsvindt in het bovengelegen stuwpand (Lengte=6km). Deze vergroting van komberging kan voor grotere stroomsnelheden (toename getijvolume) zorgen in de Unterems. Echter een probleem is dat de bodemligging in de sectie bovenstrooms van Hebrum een behoorlijk stuk omlaag moet (~2m) teneinde de scheepvaart doorgang te laten vinden. Deze bodemverlaging is nog te overzien echter de kunstwerken aan het eind van het stuwpand te Bolingerfahr (schutsluis en stuw) en te Hebrum zijn naar alle waarschijnlijkheid niet gedimensioneerd voor deze nieuwe bodemligging (verandering verval, aanpassing benodigde sluisdrempel). Dit zijn grote kosten posten.
- (b)Door uiterwaarden (hoogte ca. 1.5~2.0m+NN) af te graven tot ca 0,5m-NN worden deze gebieden overspoeld als gevolg van de getijbeweging en gaan ze deel uitmaken van de komberging. Naar verwachting neemt het getijvolume toe en daarmee ook de stroomsnelheden.

#### *Criterium 1:*

- *Voorkomen van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden in de Unterems.*

De effecten van de maatregelen (a en b) op de optredende stroomsnelheden worden getest met het Duflowmodel.

- *Vermijden van pompen in de Ems-kering.*

Een toename van komberging doet het stuwwolume toenemen (negatief effect)

#### *Criterium 2: Kosten van de maatregel.*

Maatregel (a) brengt op zich weinig kosten met zich mee aangezien het beheer van kunstwerken niet duur is, echter de aanvullende maatregelen teneinde scheepvaart mogelijk te maken (bodemverlaging, aanpassing kunstwerken) zijn zeer kostbaar.

Maatregel (b) brengt de volgende kostenposten of opbrengsten met zich mee:

Kosten:

- Aankoop grond:  $500\text{ha} \cdot f5,-/\text{m}^2$  (lage landbouwwaarde) = 25 miljoen gulden
- Kosten afgraven grond uiterwaarden 10 miljoen  $\text{m}^3$  ( $500\text{ha} \cdot 2\text{m} \cdot f10,-/\text{m}^3$ ) = 100 miljoen gulden.
- Kosten aankoop stort:  $500\text{ha} \cdot f5,-/\text{m}^2$  = 25 miljoen gulden. Er wordt rekening gehouden met een grondsoort zandigeklei of kleiigzand wat niet erg waardevol is, indien er klei wordt gedolven is dit een grote financiële meeval.
- Onderhoud komberging (afgraven bezonken slijf)  $\approx 5\% \cdot 100\text{miljoen gulden} = 5\text{miljoen gulden/jaar}$ .

N.B.: Initiële bodemverlaging van 0.5 tot 1.0m op het traject Emden-Papenburg kost ca. 10~20 miljoen gulden.

*Criterium 3: Ecologie en landschapswaarde.*

(a)+(b) Verandering van de indringing van de zouttong (netto effect onduidelijk).

(a) Getijbeweging bovenstrooms van Hebrum (positief effect).

(b) Afgraven van uiterwaarden en openstellen van oude armen van de Ems(positief effect).

Creëren van moerassen positief voor waterkwaliteit; gehalte zwevende stoffen omlaag.

Verwachte verbetering van waterkwaliteit door afname van zwevende deeltjes.

*Criterium 4: Belang van de scheepswerf.*

n.v.t.

*Criterium 5: Overige functies van de rivier.*

- Landbouw op uiterwaarden.

(b) De landbouw mogelijkheden op de uiterwaarden in het traject Papenburg-Hebrum (reeds minimaal) verdwijnen in z'n geheel.

- Transport over water, Navigatie ( niet gedurende de stuwfase ).

(a) Binnenvaart bovenstrooms van Hebrum is zonder aanvullende maatregelen niet mogelijk.

(huidig peil bovenstrooms van Hebrum >2.0m+NN; Getijbeweging Hebrum-> 0.7m-NN~1.9m+NN; bodemligging in het stuwpand bovenstrooms van Hebrum- Bollingerfahr-Hebrum op 1.0 ~ 1.5m-NN).

- Invloed op grondwater.

(a) Verandering (effect onduidelijk)

- Hoogwaterafvoer.

(b) Een verlaging van uiterwaarden in het traject Hebrum-Papenburg heeft een positieve invloed op de bergende capaciteit. De afvoercapaciteit neemt naar verwachting niet af.

*evaluatie.*

(a) Het openzetten van de sluizen te Hebrum is geen optie aangezien de scheepvaart op dit stuk van de Ems daardoor praktisch onmogelijk wordt. De maatregelen die benodigd zijn om scheepvaart alsnog mogelijk te maken zijn uiterst kostbaar (bodemverlaging 2m en aanpassing kunstwerken). Dit alternatief is geen optie.

(b) Het creëren van komberging in de uiterwaarden van het traject Hebrum-Papenburg (ontleent aan 'Meegroeien met de zee' WNF) stuit naar alle waarschijnlijkheid niet op protest van overheden aangezien er reeds Duitse plannen liggen om dit gebied, met beperkte waarde voor de landbouw, verder te vernatuurlijken.

Het creëren van komberging in het stuwpand Hebrum-Gandersum druijt recht in tegen de doelstelling om pompen te vermijden in de Ems-kering (bijv. door verkleining komberging). Een optie om deze twee doelstellingen te verenigen is het creëren van een mogelijkheid om ten tijde van opstuwen deze t.b.v. het beperken van baggerwerkzaamheden 'gemobiliseerde' komberging te 'immobiliseren'. Dit kan bijv. geschieden door het omdijken van het gebied met zomerdijkjes (welke er reeds gedeeltelijk liggen) en het reguleren van de toevoer van water door keersluisjes.

Of het installeren van keersluisjes ter immobilisatie van de komberging haalbaar is wordt kort geanalyseerd.

WNF: Wereld Natuur Fonds

Er wordt 500ha komberging gecreëerd van de in totaal ca. 800ha in de uiterwaarden tussen Hebrum en Papenburg.

Indien de getijbeweging in deze nieuw gecreëerde komberging de waterbeweging in de Unterems goed wil volgen moet het een debiet aanzienlijk debiet kunnen verwerken.

$$Q = dh/dt * F$$

$$Q = 2m/3u * 3600s * 5.000.000m^2 = 925m^3/s$$

Welke totale breedte van de keersluisjes is dan benodigd?

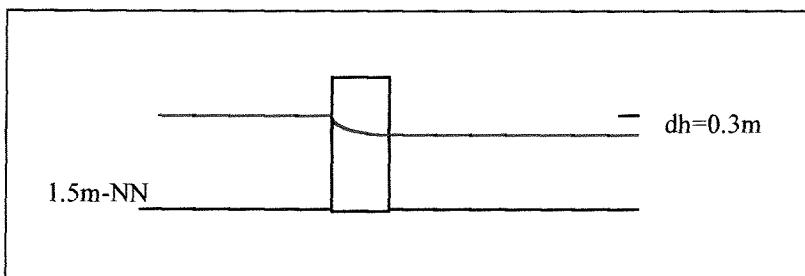


Fig.8.6 :Stroming door een keersluisje.

$$V_{max} = 2.5m/s$$

$$U = (2g \Delta h)^{1/2} \approx 2.5m/s$$

$$q_{gemiddeld} \approx 5.75m^3/s/m$$

$$B_{keersluis, totaal} \approx 160m$$

Uit deze berekening blijkt dat het een te dure aangelegenheid wordt om een middel ter 'immobilisatie' van de extra komberging te creëren.

#### *Modelmatige analyse van bodemverlaging in combinatie met het creëren van komberging tussen Hebrum en Papenburg.*

Doel van een analyse in het Duflow model van de Unterems is om te achterhalen hoe effectief deze maatregel is ter bestrijding van de afname van de stroomsnelheid.

In het model is een bodemverlaging van 7.8m-NN incl. 0.3m overdiepte (Emden-Wachtpoort) en 6.8m-NN incl. 0.3m overdiepte (Wachtpoort-Papenburg) gecombineerd met een verlaging van de uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum.

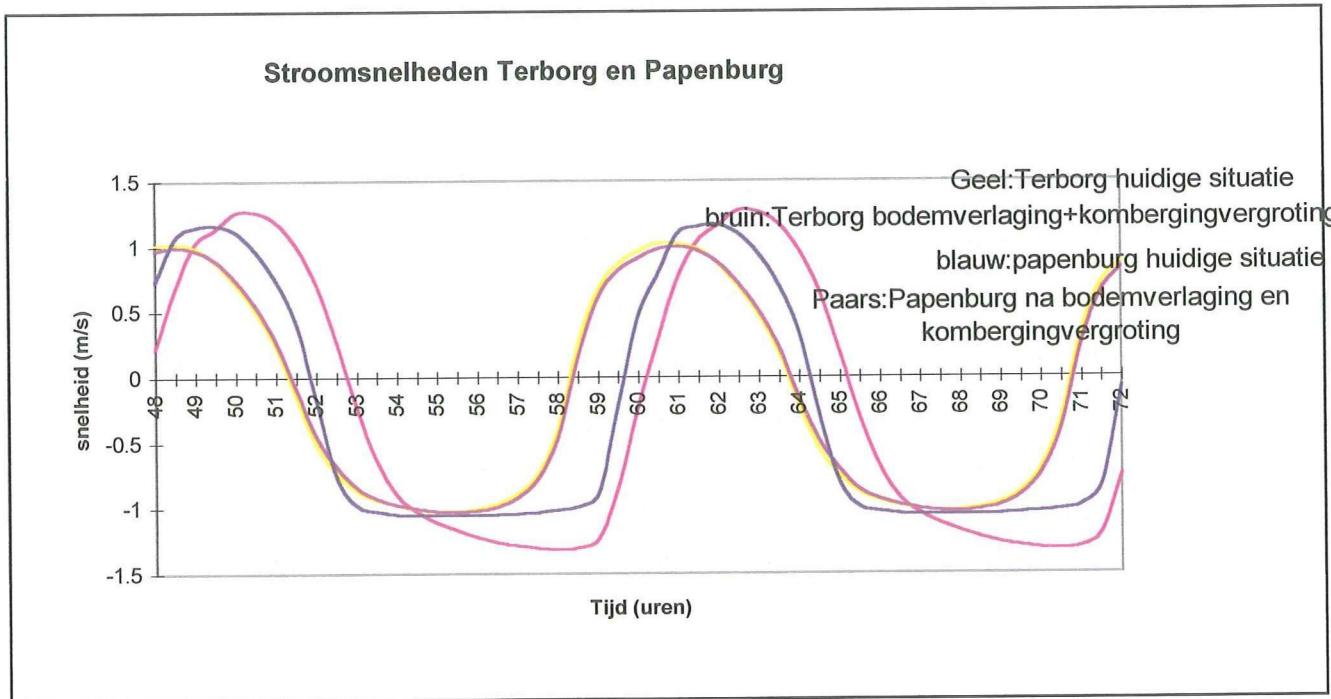


Fig. 8.7: Stroomsnelheden voor de huidige situatie, na bodemverlaging en na bodemverlaging en kombergingvergrotning.

Er kan een grote toename van de stroomsnelheid geconstateerd worden te Papenburg na bodemverlaging en vergroting komberging (zie fig.8.7).

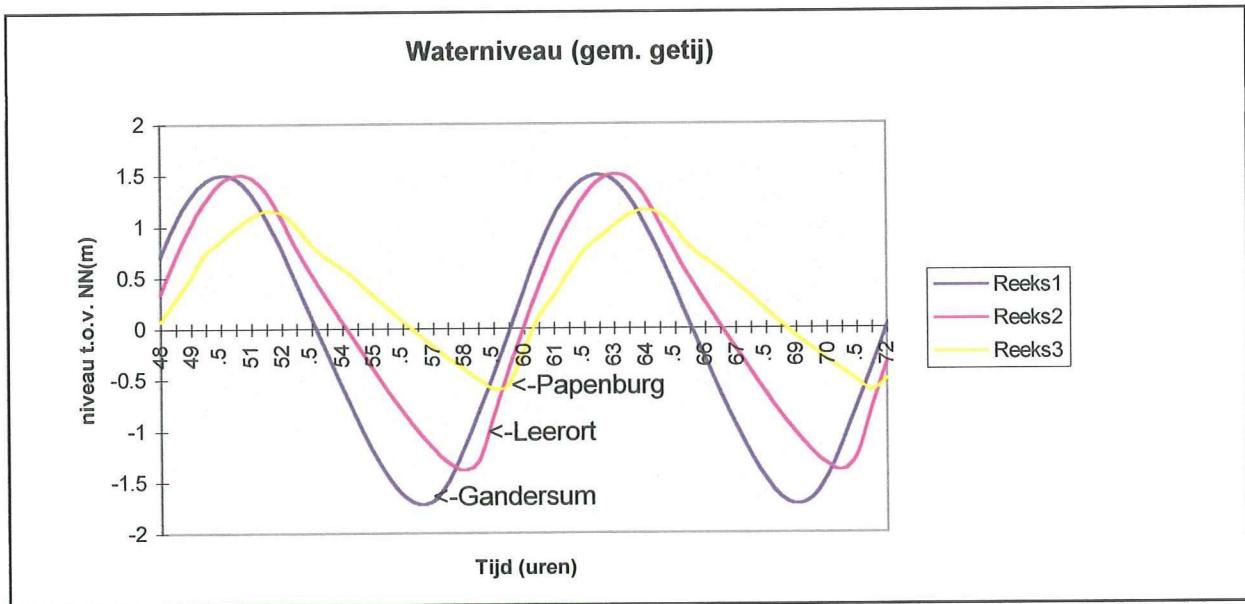


Fig.8.8: Getijgolf doordringing na bodemverlaging en vergroting van komberging.

De getijuitslag te Papenburg is sterk gedempt ten opzichte van de huidige situatie (zie fig. 8.8). In de huidige situatie is de gemiddelde getijuitslag te Papenburg ca. 2.8m

*Conclusie.*

(a) Het gebruik van het stuwpand bovenstroms van Hebrum ter vergroting van de komberging is een alternatief waarvan de baten niet opwegen tegen de kosten

(b) Het vergroten van komberging door mobiliseren van komberging in de uiterwaarden tussen Hebrum en Papenburg biedt duidelijk mogelijkheden ter vergroting van de stroomsnelheid in de Unterems. Er moet wel een goede balans gezocht worden tussen getijgolfdoordringing (getijamplitude) en toename komberging, zodat over de gehele Unterems de positieve effecten merkbaar zijn.

Het creëren van komberging in combinatie met het vernatuurlijken van de uiterwaarden in kwestie is een kostbare aangelegenheid aangezien er ca. 10 miljoen m<sup>3</sup> grond verzet moet worden (naar een nog onbekende plaats).

Duidelijk is dat de mogelijkheid tot het ‘mobiliseren’ en ‘immobiliseren’ van het gecreëerde kombergend oppervlak niet met geringe kosten kan worden bereikt. Dit is geen goede optie.

Het alternatief dat voorziet in vergroting van de komberging in de uiterwaarden Hebrum-Papenburg wordt als een veelbelovend alternatief gezien, ondanks het feit dat het moeilijk te verenigen is met de doelstelling die het vermijden van pompen in de Emskering nastreeft.

Of de maatregel daadwerkelijk het doel dient nl. het vermijden van onderhoudswerkzaamheden en het voorkomen van toename van slibbodem moet, indien er daadwerkelijk voor gekozen wordt, d.m.v. een morfologisch model bevestigd worden.

### **8.3.4.4 Bodemverlaging in combinatie met het afvangen van sediment.**

Teneinde de onderhoudswerkzaamheden noodzakelijk voor het onderhoud van de geul te beperken kan het afvangen van sediment/slib theoretisch een oplossing bieden. De Unterems krijgt van twee kanten sediment (zand en slib) aangevoerd. Er is een netto import aan slib (bovenstrooms gericht slibtransportpad) en er is een netto import aan zand (benedenstrooms gericht zandtransportpad) in de Unterems (zie bijlage XIII voor slibtransportpaden).

Het afvangen van het slib vanuit de Außerems is haast onmogelijk aangezien het zwevende deeltjes bevat met een zeer lage valsnelheid (bezinktijd 12~48uur), bovendien doet de Dollard reeds dienste als slibvang (en zandvang). Van het sediment dat van bovenstrooms in de vorm van slib (zwevende deeltjes) en zand wordt aangeboden, kan het zand wel gemakkelijk afgevangen worden.

*Criterium 1: Voorkomen van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden in de Unterems.*

De invloed van het afvangen van het zand, wat bovenstrooms wordt aangevoerd, heeft naar alle waarschijnlijkheid een kleine positieve invloed op het beperken van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Voor invloed op bodemkwaliteit zie criteria 3.

*Criterium 2: Kosten van de maatregel.*

De verhouding tussen de verwachte kosten die gemoeid gaan met de aanleg en het onderhoud van de zandvang t.o.v. de geringe verwachte winst (zandopbrengst en minder baggeren) zijn onbekend.

*Criterium 3: Ecologie*

Het onttrekken van zand uit het systeem is naar verwachting niet positief voor de samenstelling van het bodemmateriaal. De zanddeeltjes maken in de huidige situatie nog slechts een klein deel uit van het totaal aan bodemmateriaal (een symptoom van een toename van slibbodem). Om verdere bodemkwaliteitsvermindering tegen te gaan is het verwijderen van het aanbod aan zand niet gunstig.

*Criterium 4: Belang van de scheepswerf.*

n.v.t.

*Criterium 5: Overige functies..*

n.v.t.

*Conclusie.*

Het verwijderen van het zandtransport van de rivier de Ems heeft naar verwachting weinig effect op het verminderen van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden en een negatief effect op de samenstelling van het bodemmateriaal.

Dit is geen goed alternatief.

## **8.4 Stuwen in combinatie met maatregelen ter voorkoming van pompen in de Emskering.**

### **8.4.1 Algemeen.**

Teneinde het schip tot afvaart te laten komen kan gebruik gemaakt worden van de mogelijkheid om het water op te stuwen, zodat een grotere waterdiepte voor het schip beschikbaar is. Het volume water wat nodig is bedraagt bij de Duitse plannen ca. 24 miljoen m<sup>3</sup> voor een stuweil van 2.7m+NN (initieel peil van 1.7m+NN).

Teneinde pompen in de kering te vermijden i.v.m. het voorkomen van intringing van grote hoeveelheden zout water (schade aan ecologie) en het drukken van de kosten van de kering, is een vijftal maatregelen vorhanden.

1. Het verkleinen/versmallen van het zomerbed ->verkleinen stuwevolume..
2. Het verhogen/aanleggen van zomerdijkjes ->verkleinen stuwevolume.
3. Het optimaliseren van de sluitingstijd/openingstijd van de stuwe te Hebrum, de Leda - en de Emskering->verhogen initieel peil.
4. Natuurlijke toevoer van water zoveel mogelijk benutten door: Ledakering en Ledagemaal optimaal benutten, opslag in rivier de Ems en bijv het kustenkanal maximaal benutten, stuweizoen aanpassen aan statische gegevens m.b.t. natuurlijke afvoer van de Ems ->'natuurlijke' toevoer vergroten.
5. Verlenging van de stuwfase-> tijdsduur beschikbaar voor het opstuwen vergroten.

Doel van het testen van deze maatregelen is om te kijken welk stuwevolume (stuweil) met deze maatregelen haalbaar is, zonder gebruik te maken van pompen .

In paragraaf 8.4 is allereerst de relatie tussen stuweil en stuwevolume in de huidige situatie beschouwd. Vervolgens zijn de 5 genoemde maatregelen geanalyseerd.

### **8.4.2 Huidige situatie.**

Teneinde inzicht te krijgen in de hoeveelheden water die toegevoegd moeten worden bij verschillende stuweilen in de 'huidige' situatie is allereerst de relatie tussen stuweil en stuwevolume belicht zonder aanvullende maatregelen.

#### **8.4.2.1 Analyse:relatie stuweil-stuwevolume.**

Het gros van de uiterwaarden in het stuwpand (Hebrum - Leda-kering - Ems-kering) liggen op een niveau tussen de 1.5 en de 2.5m+NN waarvan kleine oppervlakken (20% van het totale oppervlak van de uiterwaarden ca.0.2\*1600ha=320ha) met een zomerdijk (hoogtes 2.1~3.0m+NN) zijn beschermd. Het is dus zaak dat voorkomen wordt dat stuweilen veel hoger dan de ligging van de uiterwaarden optreden, omdat dan het bergend oppervlak van de rivier sterk toeneemt. Dit heeft tot gevolg dat per centimeter waterstandsverhoging een veel groter watervolume toegevoegd moet worden (zie fig. 8.9).

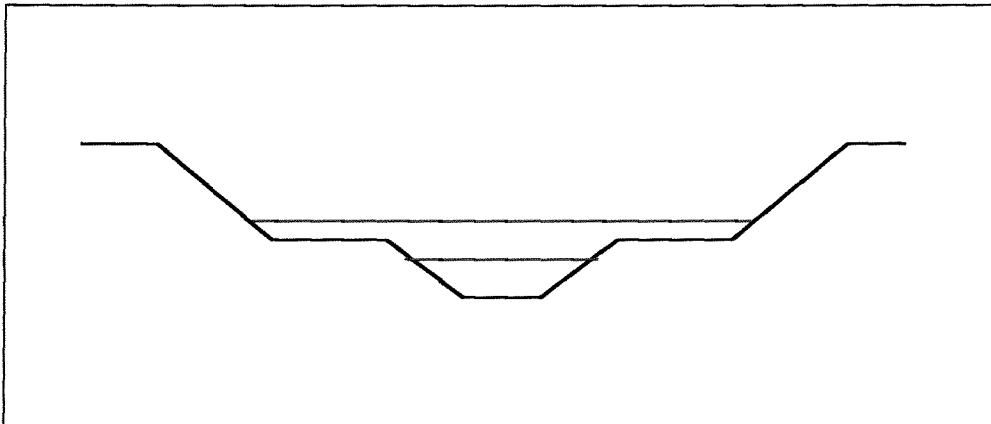


Fig.8.9 :Uiterwaarden

Om inzicht te verschaffen in de hoeveelheden water die toegevoegd moeten worden bij een bepaald stuweil zijn de volumes bij vijf stuweilen ( $1.7\text{m+NN}$  ;  $1.9\text{m+NN}$  ;  $2.2\text{m+NN}$  ;  $2.7\text{m+NN}$  ;  $3.4\text{m+NN}$ ) beschouwd m.b.v. het Duflowmodel.

De sluiting van de Ems-kering geschiedt bij springtij op het moment dat het debiet door de Ems-kering ca.  $0\text{m}^3/\text{s}$  bedraagt. De Leda-kering wordt een getijperiode ervoor reeds gesloten. Op deze manier wordt de grootste hoeveelheid water in het stuwpand Gandersum-Ledakering-Hebrum gevangen en daarmee een hoog initieel peil bereikt ( zie Hf. 3: Duitse plannen).

De hoeveelheid water die bij een stuweil toegevoegd moet worden is de waterschijf tussen de waterstand bij sluiting ten tijde van springtij HHW ( gemiddeld ca.  $1.7\text{m+NN}$  ) en het stuweil.

Stuweil (m+NN)	volume water (miljoenen $\text{m}^3$ )	uren toevoegen ( $Q=100\text{m}^3/\text{s}$ )
1,7	0	0
1,9	4,5	12,5
2,2	9,5	26
2,7	23,5	65
3,0	32,4	90
3,4	43,5	121

N.B.

- De genoemde hoeveelheden geven slechts een indicatie van de hoeveelheid/tijdsduur. De waarde van de getallen zit ‘m in de onderlinge verschillen.
- Het debiet van  $100\text{m}^3/\text{s}$  is het debiet wat volgens de Duitse plannen toegevoegd wordt.

Wat uit de getallen opvalt is de niet-lineaire toename van het stuwwolume (en daarmee de tijdsduur) bij de hogere stuweilen. Bij de stuweilen van  $1.65\text{-}2.2\text{m+NN}$  neemt het stuwwolume redelijk lineair toe ( $1.7\text{miljoen m}^3/\text{dm}$ ). Bij de stuweilen van  $2.7\text{-}3.4\text{m+NN}$  neemt het stuwwolume ook ongeveer lineair toe echter met  $2.8\text{miljoen m}^3/\text{dm}$ . Duidelijk is dat bij stuweilen in het bereik van  $>2.2\text{m+NN}$  het gros van de uiterwaarden onder water komen te staan en dat daardoor de toename van de waterstand geremd wordt. Bij verdere stijging van het waterpeil is vanwege het ‘mobiliseren’ van het volledig waterbergend oppervlak de hoeveelheid toe te voegen water zeer groot.

### 8.4.3 Maatregelen ter voorkoming van pompen in de Ems-kering.

#### 8.4.3.1 Het verkleinen/versmullen van het zomerbed ->verkleinen stuwwolume.

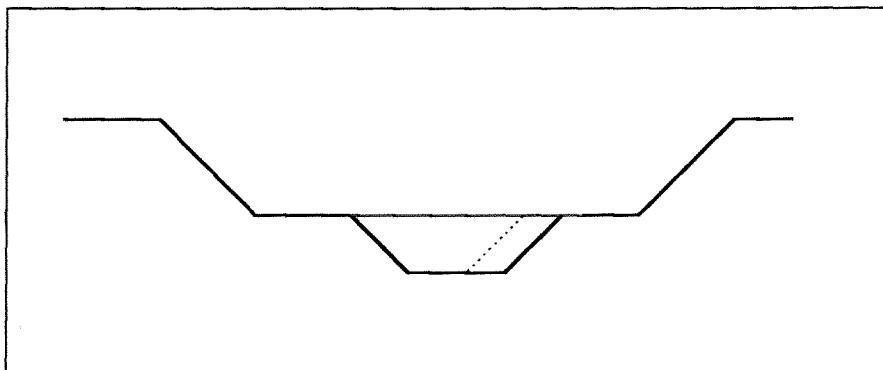


Fig. 8.10 : Versmullen van zomerbed.

Het verkleinen van het stuwwolume is een middel om pompen in de Ems-kering te vermijden. Deze maatregel heeft tot doel het verkleinen van de bergende breedte van het rivierbed, echter zonder de stroomvoerende breedte en de breedte beschikbaar voor de scheepvaart te verkleinen (zie fig. 8.10).

##### *Criterium 1: vermijden pompen in de Ems-kering.*

De effectiviteit van de maatregel is vooral bij lagere stuweiken (<2.2m+NN) merkbaar. Aangezien dan verhoudingsgewijs een groter aantal procenten winst behaald kan worden in vergelijking met hogere stuweiken.

##### *Criterium 2:kosten van de maatregel.*

De maatregel is niet overal makkelijk toepasbaar aangezien bij smalle secties van de Ems (bovenstrooms van Leer) versmalling tot het probleem leidt dat a.g.v. dynamische belasting de grond in de vaargeul terecht komt. Dit moet dan weer voorkomen worden door het verstevigen van de oevers (rip-rap).

De kosten van de maatregel zitten naar verwachting vooral in het verplaatsen/aanleggen van de oeverbescherming en niet het grondverzet.

##### *Criterium 3:ecologie*

Aangezien er gedeeltes met natuurwaarde worden verstoord/verloren gaan (grensgebied tussen land en water is waardevol) is deze maatregel ongunstig voor de ecologie.

##### *Criterium 4:belang van de scheepswerf.*

De breedte beschikbaar voor de navigatie wordt gehandhaafd, dus er is geen benadeling van de werf.

*Criterium 5: overige functies.*

- Landbouw op uiterwaarden.

Een toename van landbouwgrond.

- Overstromingsbeheersing, veiligheid.

De afvoercapaciteit van de Unterems neemt af.

- Recreatie.

Recreatieve waarde van het gebied neemt af.

- Visserij.

De vis wordt benadeeld en dus ook de visserij.

*Conclusie.*

Deze ingreep is bij lagere stuweilren effectief. Echter vele stukken land op de grens van water en land (banken, ondiepe gedeelten) gaan met deze maatregel verloren wat een onacceptabel verlies van natuurwaarden betekent, wat dan elders gecompenseerd moet worden (extra kosten). Tevens is het verplaatsen/aanleg van een nieuwe oeverbescherming duur.

Dit is geen goed alternatief.

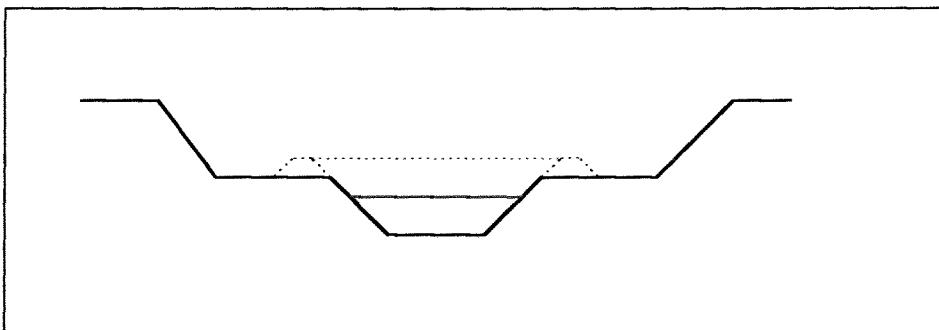
**8.4.3.2 Aanleggen/verhogen van zomerdijken -> verkleinen van stuwwvolume.**

Fig.8.11: Zomerdijken.

De zomerdijkjes zorgen ervoor dat het overstroomen van de uiterwaarden wordt voorkomen en dat slechts het water in de vaargeul van de Unterems stijgt (fig. 8.11).

*Criterium 1: vermijden van pompen in de Ems-kering.*

Bij stuweilen hoger dan maaiveldligging is deze maatregel zeer effectief. Er zijn reeds enige zomerdijkjes aanwezig, waarvan de meeste van enig belang zich bevinden in het traject Papenburg-Hebrum. De effectiviteit van zomerdijkjes neemt toe naarmate het stuweil hoger wordt, omdat steeds grotere delen van de uiterwaarden van ‘mobilisatie’ worden weerhouden.

Note: Aangezien mitigatie/compensatie noodzakelijk is bij de uitvoering van deze maatregel teneinde natuurwaarde te behouden (criterium 2:kosten) wordt allereerst criterium 3 beschouwd alvorens de kosten geanalyseerd worden.

*Criterium 3: ecologie*

De frequentie waarmee de ‘beschermd’ uiterwaarden overstroomen neemt af maar de overstromingsduur (per jaar) blijft in de regel ongeveer gelijk aan de huidige situatie. De diversiteit onder de flora neemt daardoor af en daarmee neemt de natuurwaarde af.

Dit alles is het gevolg van het komeffect wat optreedt bij ingedijkte stukken. Dit houdt in dat na overstroming het water niet weg kan stromen uit de uiterwaarden. Het water kan alleen door wegzetting (beperkt bij kleigronden) en door verdamping verdwijnen. Dit heeft tot gevolg dat er bij waterpeilen van bijv. 1m in de 'kom' de uiterwaarden lang onder water blijven staan.

Een ander probleem is dat bij overstroming van deze ingedijkte stukken - a.g.v. stormvloed en/of hoogwaterafvoer - is dat er als het ware een sedimentatiebassin ontstaat. Dit heeft tot gevolg dat er veel meer dan normaal aan slib achterblijft op de uiterwaarden (dikte laag  $\approx$  8cm per jaar). Naast het functioneren als sedimentatie bassin is dit eveneens een gevolg van het optreden van hoge concentraties zwevende stoffen bij stormvloeden en hoogwaterafvoeren.

Een oplossing voor de problemen van zomerdijkjes is uitwateringsvoorzieningen, die ook gebruikt kunnen worden om bij tijden water in te laten. De uitwateringsvoorzieningen kunnen ook bij de slibproblematiek een belangrijke rol spelen, doordat de bezinksnelheid van de zwevende stoffen in het water erg klein is (vele uren tot dagen) kan het water uitgelaten worden alvorens alles is bezonken. Deze voorziening kan in combinatie met het niet bedrijven van intensieve veeteelt en het niet aanleggen van drainage de afname aan diversiteit van flora verminderen/teniet doen.

Een tweede oplossing is het compenseren van de afname van natuurwaarde door elders soort gelijke gebieden aan te leggen. Mogelijkheden zijn het opkopen van uiterwaarden van boeren of land binnendijks om deze vervolgens te vernatuurlijken ter compensatie.

De frequentie van overschrijding van het peil te Pogum (monding Unterems) van 2.0m+NN(waterstand waarbij veel uiterwaarden overstromen; gegevens betreffen slechts de periode mrt. t/m juli : zie bijlage IX) vindt gemiddeld 18 keer plaats in de periode mrt. t/m juli. Bij een peil van 2.8m+NN in dezelfde periode vindt overschrijding gemiddeld 1,2 keer plaats. Belangrijk in het licht van deze maatregel is het gehanteerde peil voor sluiting van de kering bij stormvloeden en de daarbij optredende waterstanden in de Unterems. De kering wordt gesloten bij een waterstand van 3.5m+NN. De verwachte waterstanden in de Unterems na sluiting zijn 3.5m~4.5m+NN, de stormvloedkering voorkomt dus niet het periodieke overstromen van de uiterwaarden met zomerdijkjes.

Broedvogels profiteren naar verwachting van zomerdijkjes ook indien deze zonder aanvullende maatregelen worden uitgevoerd.

#### *Criterium 2: kosten van de maatregel*

De kosten van de aanleg van zomerdijkjes zijn niet groot. Het grondverzet is niet aanzienlijk en gezien de ligging, hoger dan door golven geteisterde vlakken, is waarschijnlijk geen oeverbescherming noodzakelijk.

Teneinde afname van natuurwaarde te voorkomen is het aanleggen van in- en uitwateringsvoorzieningen of het compenseren van het verlies aan natuurwaarde elders noodzakelijk.

Dit zijn wel kostenposten van formaat.

#### *Criterium 4: belang van de scheepswerf.*

Door de scheepswerf hoeven geen concessies gedaan te worden ten aanzien van de gewenste ongestoorde afvaart.

*Criterium 5: overige functies van de rivier.*

- *Landbouw op uiterwaarden.*

Het eventueel minder regelmatig laten overstromen van uiterwaarden (beheer van voorzieningen) kan het seizoen voor de landbouw verlengen.

- *Overstromingsbeheersing, veiligheid.*

Aangezien het gevaar van zee d.m.v. de stormvloedkering wordt afgewend bestaat alleen het gevaar van een hoogwaterafvoer van de Ems zelf. Zaak is het om het stroomvoerend oppervlak niet dusdanig te verkleinen dat door de aanleg van de zomerdijkjes de afvoercapaciteit te klein wordt. Bij de aanleg van zomerdijkjes neemt de afvoercapaciteit van de uiterwaarden af (voor zover de uiterwaarden afvoercapaciteit bezitten), bergend oppervlak gaat er echter niet verloren.

Beschouwing van een afvoer van  $1200\text{m}^3/\text{s}$  in combinatie met springtij en opwaaiing (1.5m) in het Duflowmodel, geven aan dat er een behoorlijke stuwkromme ontstaat op het traject Hebrum-Papenburg, echter de dijken op dit traject zijn voldoende hoog ( $6.2\text{m+NN}$ ).

Opgemerkt moet worden dat Duflow - waarin zomerdijkjes moeilijk kunnen worden geschematiseerd - slechts een indicatieve waarde bezit, zodat aan deze simulatie niet veel waarde gehecht mag worden.

- *Grondwater.*

Indien de zomerdijkjes worden uitgevoerd zonder uitwateringsvoorzieningen is als gevolg van het komeffect een behoorlijke invloed op de grondwaterstand te verwachten.

Overige functies ondervinden naar verwachting geen invloed.

*Evaluatie.*

De kosten-baten verhouding van deze maatregel lijkt veelbelovend bij stuweieren hoger dan maaiveld ligging.

*Modelmatige analyse van effectiviteit van zomerdijkjes op het verkleinen van het stuwwolume.*

Bij het analyseren van het effect van zomerdijkjes op het stuwwvolume is bij de plaatsing van de zomerdijkjes gekozen om gebieden met hoge natuurwaarde (ca. 200ha) eveneens te omdijken en deze stukken standaard te voorzien van in-/uitwateringsvoorzieningen.

Stuwpeil (m+NN)	vol. water huidig(* $10^6 \text{ m}^3$ )	vol. water zomerdijkjes(* $10^6 \text{ m}^3$ )
1,7	0	0
1,9	4,5	4,0
2,2	9,5	8,0
2,7	23,5	16,2
3,0	32,4	23,0
3,4	43,5	32,5

N.B.:

- De genoemde hoeveelheden geven slechts een indicatie van de hoeveelheid/tijdsduur. De waarde van de getallen zit 'm in de onderlinge verschillen.
- Het debiet van  $100\text{m}^3/\text{s}$  is het debiet wat volgens de Duitse plannen toegevoegd wordt.

Uit het model blijkt dat naarmate het stuwepeil stijgt de winst groter wordt. Het verhogen/aanleggen van zomerdijkjes teneinde het stuwwolume te verkleinen is vnl. bij hogere stuwepeilen ( $>2.2\text{m+NN}$ ) zeer effectief. Bij een stuwepeil van  $2.2\text{m+NN}$  kan een winst t.o.v. de huidige situatie van ca. 15% worden verwacht. Bij een stuwepeil van  $2.7\text{m+NN}$  en  $3.0\text{m+NN}$  kan een winst van ca. 30% worden verwacht t.o.v. de huidige situatie.

### Conclusie.

Deze maatregel is effectief in het verkleinen van het stuwwolume en daarmee een mogelijkheid om pompen in de Ems-kering te vermijden. De kosten die de maatregel met zich meebrengt ter compensatie/mitigatie van het verlies aan natuurwaarde zijn naar verwachting aanzienlijk.

#### 8.4.3.3 Het optimaliseren van de sluitingstijd van de stuwe te Hebrum, de Leda - en de Emskering->verhogen initieel peil.

Teneinde zoveel mogelijk water van het optredende springtij in het stuwpand te vangen kan er door beheer van de kunstwerken (sluitingstijd/openingstijd) wellicht winst worden behaald in de vorm van een hoger initieel stuwepeil.

De Duitse plannen m.b.t. het beheer van de kunstwerken is als volgt.

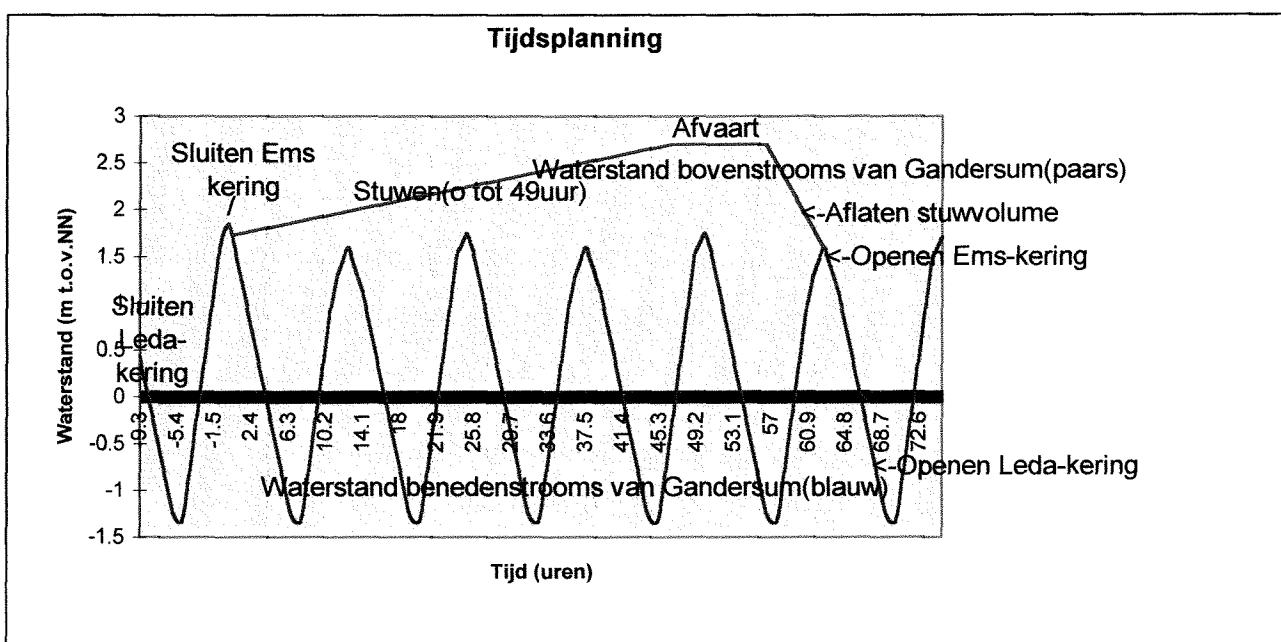


Fig. 8.12: De geplande tijdsindeling voor de ongunstigste situatie ( $Q_{\text{ems}} = 16.6\text{m}^3/\text{s}$  en  $Q_{\text{Leda}} = 0\text{m}^3/\text{s}$ ).

De Leda-kering wordt een getijperiode (ca.10uur) voor het sluiten van de Ems-kering gesloten (tijdsduur benodigd voor sluiten ca. 30min) als  $Q_{\text{leda-kering}} = 0\text{m}^3/\text{s}$ . Op deze manier wordt een initieel niveau van ongeveer  $1.7\text{m+NN}$  in het Leda-Jumme gebied bereikt. Vervolgens wordt bij het volgende optredende HHW (springtij) ten tijde van  $Q_{\text{emskeering}} = 0\text{m}^3/\text{s}$  (ca.40min na HHW Gandersum) de Ems-kering gesloten (i.v.m. tijdsduur benodigd voor sluiten ca. 30min, begin sluiting ca. 20min na HHW Gandersum). Op deze manier wordt een initieel niveau van ca.  $1.7\text{m+NN}$  bereikt in de Unterems.

Voordeel van het vooraf insluiten van het HW in het Leda-Jumme gebied is op de eerste plaats het hoge initiële peil wat bereikt wordt zodat een watervolume van 3~5 miljoen m<sup>3</sup> m.b.v. het Leda-gemaal toegevoegd kan worden aan de Unterems. Op de tweede plaats treedt er een betere getijgolf indringing in de Unterems op.

De stuw te Hebrum is gedurende een tijd (afhankelijk van de bovenafvoer) gesloten om water in het bovenstroomse stuwpand te ‘sparen’ voor het latere opstuwen. Ca. 30min. voor de definitieve sluiting van de Ems-kering kan deze geopend worden om te gaan stuwen.

*Criterium 1: Vermijden van pompen in de Ems-kering.*

Deze beheermaatregel voor het verhogen van het initieel level in de Unterems heeft een positief effect op het initieel stuwepeil in het Leda-Jumme gebied en de Unterems.

*Criterium 2: Kosten van de maatregel.*

Geen

*Criterium 3: Ecologie en landschapswaarde.*

Er zijn nadelen te verwachten voor het Leda-jumme gebied, omdat een langere onderbreking van de getijbeweging (ca. 1 dag extra op 2~3dagen) ten tijde van lage zuurstof concentraties en grotere kans op het ontstaan van botulisme geeft. Echter als de gestelde regel bij de Duitse plannen - m.b.t. minimaal aanwezige zuurstofgehaltes - goed nageleefd wordt, dan zijn er geen nadelige gevolgen voor de ecologie te verwachten.

*Criterium 4: Belang van de scheepswerf.*

n.v.t.

*Criterium 5: Overige functies van de rivier.*

- Overstromingsbeheersing, veiligheid.

Het eerder sluiten van de Leda-kering geschiedt slechts als de veiligheid van het achterland niet in het geding komt.

*Conclusie.*

Aan de Duitse plannen m.b.t. het beheer van de kunstwerken (teneinde een hoger initieel niveau te hanteren) kleven - indien de regels omtrent zuurstofgehaltes inacht worden genomen - geen bezwaren en geen kosten slechts voordelen. Hier kan dan ook niets aan verbeterd worden.

N.B. Het beheer van de kunstwerken aan het eind van de stuwfase komt later aan de orde.

#### **8.4.3.4 Natuurlijke toevoer van water zoveel mogelijk benutten.**

Bij deze ‘maatregel’ is het doel het maximaal aanwenden van rivierdebieten en opslag mogelijkheden teneinde een zo groot mogelijk stuwwolume te creëren.

Water kan aangewend worden van:

- De afvoer Ems.
- De afvoer van het Leda-Jumme gebied.

Waarbij vnl. is gekeken naar de perioden van het jaar waarin hoge afvoeren optreden.

- Water opgeslagen in het Leda-Jumme gebied 3~5milj. m<sup>3</sup>
- Water opgeslagen in bovenstrooms van Hebrum ca. 2milj. m<sup>3</sup>
- Water uit Geeste spaarbekken ca. 2milj. m<sup>3</sup>
- Water uit kustenkanal (oorspronkelijk uit de Hunte) ca. 1milj. m<sup>3</sup>
- Water uit omliggende gebieden ca. 2 milj m<sup>3</sup>

#### Afvoer Ems.

Bij het toevoegen van water aan de Unterems moet allereerst gekeken worden naar welke waterstanden bovenstrooms van Hebrum tolerabel zijn en welke vervallen over de stuwe te Hebrum beschikbaar zijn.

Het streefpeil van het stuwpand Bollingerfahr - Hebrum (lengte ca. 6km) is >2.0m+NN. Het stuwepeil in het bovenstrooms gelegen stuwpand Duthe - Bolingerfahr (lengte ca. 9km) is naar schatting >2.5m+NN (afgeleid van bodemligging; voor bodemligging zie bijlage VII). In het kustenkanal wordt een peil van naar schatting >3.0m+NN aangehouden. In de Ems bovenstrooms van Hebrum zijn stuwepeilen tot 2.7m+NN toelaatbaar zonder benadeling van de natuurwaarde (bron:lit. 27). Dit betekent dat een continue toevoer van het rivierdebiet t/m een peil van 2.7m+NN mogelijk is.

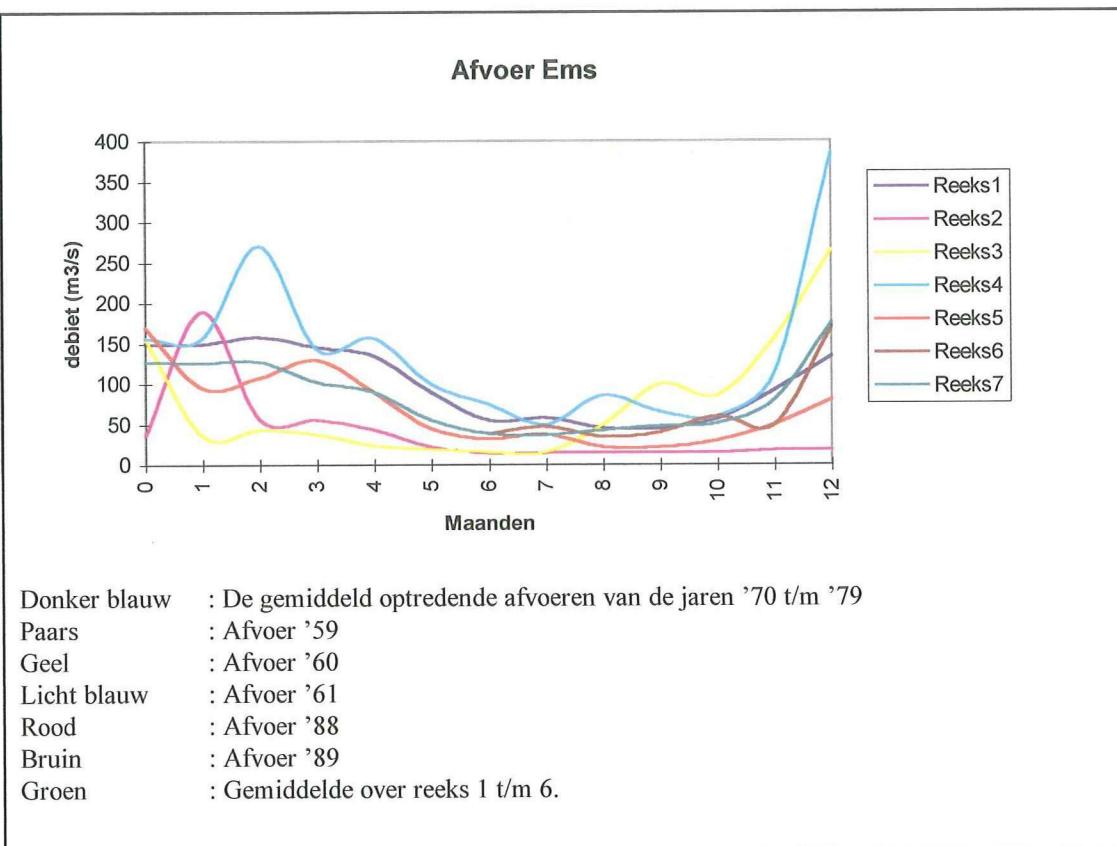


Fig. 8.13: Afvoer van Ems

Duidelijk is dat de afvoeren in de maanden december t/m half april significant hoger zijn dan in de zomermaanden. Met dit in het achterhoofd is het belangrijk onderscheid te maken tussen planning van de afvaart in de periode half sept.-half. mrt. (Duitse plannen) of een afvaart in de periode met een grote kans op een hoge afvoer bijv. dec. t/m half apr.

#### *Aanpassing stuweizoen aan hoge afvoeren.*

In het licht van de rol die de afvoer van de Ems speelt bij het opstuwen is het nuttig deze bron optimaal aan te wenden door een periode van afvaart te kiezen, waarbij statistisch gezien hogere afvoeren optreden.

De periode waarin afvaart mogelijk is, wordt door een aantal zaken bepaald nl.

Waterkwaliteit (zuurstofgehaltes-kans op botulisme) -> geen afvaart in mei t/m sept.

Vogelbroedplaatsen op uiterwaarden -> geen afvaart van half mrt.t/m juni.

Gewassen op uiterwaarden -> geen afvaart van half mrt. t/m half sept (evt. nov.).

Dit laat dus slechts ruimte voor de winter stuwfase in half sept. (bij voorkeur eind nov.) t/m half mrt.

De keuze van de periode waarin de lange stuwfase kan plaatsvinden is vnl. gebaseerd op de effecten van de overstroming van de uiterwaarden. Echter met een maatregel die overstroming van de uiterwaarden voorkomt (bijv. zomerdijkjes) kan dit omzeild worden. De enige 'beperkende factor' is dan de zuurstofgehaltes van het water (niet stuwen in mei t/m sept.), zodat er ruimte ontstaat om te schuiven met de periode waarin afvaart plaatsvindt.

Gunstigere omstandigheden m.b.t. de zuurstofgehaltes en natuurlijke afvoer doen zich voor in de periode december t/m half april.

(Grafiek watertemperatuur en zuurstofgehaltes en afvoer over jaar zie bijlage XIX)

*Vaststellen rekendebiet bij stuwfase in periode dec. t/m half apr.*

De volgende vragen zijn nu aan de orde.

1. Hoeveel stuwsfasen zijn er theoretisch mogelijk in deze periode?
2. Welke kans op afgelasting van een afvaart is acceptabel?
3. Welke kans vanunderschrijding moet gekozen worden voor de afvoer van de Ems?

1. De vraag is nu hoeveel afvaarten zijn er theoretisch mogelijk in deze periode?

- Er wordt gebruik gemaakt van springtij teneinde een zo hoog mogelijk stuweil te bereiken, aan dit aspect valt nauwelijks te tornen aangezien een dm minder stuweil reeds een extra vulvolume van 1.5milj. m<sup>3</sup> betekent. Springtij treedt ca. 9~10keer in 4.5 maanden op.
- Er wordt gestreefd naar een stuwfase in een weekend teneinde zo min mogelijk hinder voor scheepvaart te veroorzaken. Dit is echter geen ‘must’ aangezien de bedrijven die afhankelijk zijn van de Unterems ongeveer 4 weken van te voren (geplande regelgeving) reeds te horen krijgen wanneer de stremming optreedt en daar dus goed rekening mee kunnen houden. De binnenvaart tot 1000ton kan gebruik maken van het Dortmund-Emskanaal (Emden-Oldersum) om de Ems-kering te omzeilen en wordt dus minder getroffen.

Uitgangspunt: Er kunnen ca. 7 afvaarten gepland worden per winterperiode.

2. Welke kans op afgelasting van een afvaart is acceptabel?

- Teneinde de stuwfase vlot te laten verlopen moeten bedrijven - welke afhankelijk zijn van scheepvaart - agrariërs en binnenschippers e.a. ruim voor de afvaart (ca. 4 ~ 6 weken) ingelicht worden om (economische) schade te voorkomen. De economische schade van de Meyer-werf zelf is eveneens groot bij een afgelasting van een afvaart. Een volgende poging na een afgelasting kan dus pas na 4 weken weer plaatsvinden, zodat een mogelijke afvaart verloren gaat (springtij om de 14dagen).

De omslachtige/omvangrijke acties die genomen moeten worden teneinde het schip tot afvaart te laten komen (verwijderen van een sectie van een brug, scheepvaart stremming, planning acties werf) zijn aanleiding om een afgelasten van een theoretische afvaart slechts eenmaal per 2 jaar te accepteren. Dit betekent dat er van de geplande 14 afvaarten per 2 jaar er 1 mag worden afgelast.

3. Welke kans vanunderschrijding moet gekozen worden voor de afvoer van de Ems?

Bij het bekijken van de beschikbare afvoeren in de winterperiode kan slechts gewerkt worden met afvoergemiddelden over een maand, terwijl voor het stuwen de afvoeren van enkele dagen van belang zijn. Voor zover bekend is het verloop van hoge afvoeren redelijk grillig, terwijl het verloop van de lage afvoeren (in dit geval relevant) redelijk constant is. Aangenomen wordt dat de lage afvoeren (gemiddelden over een maand) representatief zijn voor drie dagen.

Om inzicht te krijgen in de kans van optreden van de afvoeren in de periode dec. t/m half apr. t.b.v. het opstuwen van het peil is in een kansverdeling uitgezet (zie bijlage X). Teneinde de afname van de afvoer van de Ems (in de laatste 10~15 jaar) te verdisconteren zijn de afvoeren met 10% verminderd.

Er zijn drie factoren die een afgelasting van de afvaart tot gevolg kunnen hebben nl.

- Het afgelasten van de afvaart vanwege een te laag zuurstofniveau kan in de nazomer optreden (kleine kans). Er wordt verwacht dat dit niet in de periode dec. t/m half apr. optreedt.
- Afgelasten i.v.m. afwaaiing. Deze kans wordt klein geschat (afgelasting slechts bij stormachtige zuid tot zuidoosten wind).
- Afgelasting i.v.m. een te lage bovenafvoer van de Ems.

Een afgelasten van de afvaart is voor een zeer groot deel afhankelijk van de afvoer van de Ems.

Een geaccepteerde kans op afgelasten van de afvaart is eens per 14 afvaarten. Dit is eens per twee winterperiodes. Aangezien een lage afvoer een maand lang aan kan houden en daardoor twee theoretische afvaarten kan belemmeren, is gekozen voor een rekendebiet van de Ems met een onderschrijdingskans van eens in de vier jaar.

Periode dec.- half april (in combinatie met voorzieningen ter voorkoming van overstroming uiterwaarden).

-> $Q_{ems}$  met een kans van onderschrijding van eens in de vier jaar =  $25 \text{ m}^3/\text{s}$   
(zie bijlage X: kans van optreden afvoer Ems)

#### Water opgeslagen in de Ems bovenstrooms van Hebrum.

Een tweede mogelijkheid om de rivieraafvoer van de Ems te benutten is opslag van rivierwater in de bovenstrooms van de sluis te Hebrum gelegen stuwpanden. Geschat wordt dat een opgeslagen hoeveelheid van 2 miljoen  $\text{m}^3$  water aangewend kan worden voor opstuwen van de Unterems bij een maximum stuweil van 2.7m+NN. Hoger dan 2.7m+NN kan het water bovenstrooms van Hebrum niet opgestuwd worden zonder consequenties voor flora en fauna i.v.m. de hoogteligging van de zomerdijkjes van 2.7~3.0m+NN.

Bij een stuweil in de Unterems kleiner dan 2.7m+NN kan meer van het opgeslagen water aangewend worden, omdat een minder groot gedeelte van het water benodigd is voor het bereiken van een peil evenzo groot als dat van het streefpeil van de Unterems.

Bij een stuweil van 2.7m+NN kan ca. 2 miljoen  $\text{m}^3$  water opgeslagen bovenstrooms van Hebrum aangewend worden voor opstuwing van de Unterems. Bij lagere stuweilen neemt dit volume toe.

Controle van dit getal is uiterst moeilijk gebleken en om die reden is het getal van de BAW klakkeloos overgenomen.

#### Water uit Geeste spaarbekken.

Het Geeste spaarbekken is gelegen aan de Ems, 60km bovenstrooms van Hebrum. Het spaarbekken kan ca. 2 miljoen  $\text{m}^3$  water toevoegen aan het stuwpand. Het 60km lange traject bevat 5 stuwen, met gemiddelde vervallen van minimaal  $\frac{1}{2}\text{m}$  bij lage afvoeren.

Controle:

Oppervlak: ca. 1 500 000 $\text{m}^2$

Onttrekken: 2 miljoen  $\text{m}^3$  water

Peildaling: ca. 1.33m

### Het kustenkanaal.

Dit kanaal verbindt de Ems ( en het Ems-Dortmund kanal ) met de Hunte en de Weser en is ca. 60km lang en heeft een breedte van 32 tot 50m. Er zijn slechts twee sluizen gelokaliseerd in dit kanaal, een bij Dorpen ( bij de Ems ) en de ander bij Oldenburg ( bij de Hunte ).

Er kan opslag van ca. 1 miljoen m<sup>3</sup> water in het kustenkanal plaatsvinden. Teneinde 1 miljoen m<sup>3</sup> water in het kustenkanal toe te voegen wordt water uit de Hunte toegevoegd. Dit is mogelijk aangezien er een stuwdam beschikbaar is die de Hunte kan opstuwen zodat water in het kustenkanal gestuwed kan worden. Toevoegen van water uit het kustenkanal in de Ems en uiteindelijk de Unterems moet geen probleem zijn, omdat het minimale peil van het kustenkanal hoger dan 2.7m+NN ligt.

Controle 1 miljoen m<sup>3</sup> water.

Bij het berekenen van de hoeveelheid waterberging in kanalen e.d. zullen grenzen opgelegd worden aan de variatie van de waterspiegel door o.a. de scheepvaart (beschikbare diepgang ), waterbeheersing (makkelijk afwatering en beschikbaarheid voor berging van water).

$$\begin{aligned} \text{Lengte} * \text{gemiddelde breedte} * \text{dh} &= 1 \text{ miljoen m}^3 \text{ water} \\ 60.000\text{m} * 40\text{m} * \text{dh} &= 1 \text{ miljoen m}^3 \text{ water} \Rightarrow \text{dh} = 0,42 \end{aligned}$$

Dit kan kloppen.

### Thusfelder Stausee.

Dit stuweertje ligt ongeveer 18km ten zuiden van het kustenkanal en is via het riviertje de Soeste verbonden met het kustenkanal. Dit stuweertje kan (theoretisch) ongeveer 1 miljoen m<sup>3</sup> water leveren.

Het gebruik van grote hoeveelheden water uit dit ‘meer’ kan echter niet in de planning worden meegenomen, omdat het een naturschutz gebied betreft waar niet ten alle tijde water uit onttrokken kan worden.

### Hoger gelegen gebieden rond de Ems.

Uit gebieden gelegen om de Ems en de Unterems kan d.m.v. gemalen en onder natuurlijk verval naar schattingen van de BAW ca. 2 miljoen m<sup>3</sup> water worden onttrokken.

Controle is zeer moeilijk gebleken zodat dit getal is overgenomen, vertrouwende op de informatie van de BAW.

### Het Leda-Jumme gebied.

In de monding van de Leda is een stormvloedkering geplaatst, welke aangewend wordt ten tijde van de stuwfase. De Leda-kering wordt gesloten ca. 10 uur voordat de Ems-kering dicht gaat. Aangezien het waterpeil na sluiting van de Ems- en Ledakering praktisch gelijk is, wordt teneinde het water aan het stuwpand toe te voegen een gemaal of pomp ter plaatse van de kering geplaatst. In het huidige plan is reeds een gemaal met een capaciteit van 30m<sup>3</sup>/s gepland om de waterhuishouding in het Leda-Jumme gebied tijdens een stuwfase in een natte periode op orde te houden.

De hoeveelheid water die aangewend kan worden voor het opstuwen van de Unterems is de waterschijf tussen de waterstand bij sluiting gemiddeld ca. 1.7m+NN (HHW) en een waterpeil van ca. 0,5m+NN (een eis die volgt uit het waterbeheer, welke afgesteld is op het beheer van de achterliggende veengebieden). Het verschil bedraagt ca. 3 tot 5 miljoen m<sup>3</sup> water.

De tijdsduur die benodigd is om met een pompcapaciteit van ca. 30m<sup>3</sup>/s een volume van 5 miljoen m<sup>3</sup> water te verpompen is 46uur.

Als er een significante rivierafvoer van de Leda beschikbaar is (vaak is dit niet zo) kan deze eveneens wellicht een rol spelen bij het opstuwen van het peil in de Ems. Hier wordt echter niet vanuit gegaan ('worst case scenario').

Controle 3 ~ 5 miljoen m<sup>3</sup> water.

Als aanname is gedaan dat de waterschijf tussen 1,7m+NN en 0,5m+NN beschikbaar is voor toevoeging aan het stuwpand via het gemaal.

Gemiddeld oppervlak * dh	= volume
Gem. opp. * 1,2m	= 5 miljoen m <sup>3</sup>
Gemiddeld oppervlak	= 3.8 miljoen m <sup>2</sup>

Neem aan dat de achterliggende vaarweg een breedte van gemiddeld 25m heeft dan moeten de verschillende vaarwegen een totale lengte van ca. 150km hebben. Dit kan kloppen.

Veiligheidshalve wordt een volume van 4.0 miljoen m<sup>3</sup> water aangehouden.

### Evaluatie aan de hand van criteria.

#### *Criterium 1: Vermijden van pompen in de Ems-kering.*

Met het gebruik van natuurlijke bronnen voor het toevoegen van water aan de Unterems kan het volgende volume worden bereikt:

Afvoer Ems (half sept. t/m halfmrt )	=16 m <sup>3</sup> /s	=2.8milj. m <sup>3</sup> (in 48uur)(Duitse plannen)
Afvoer Ems (dec. t/m half apr.)	=25 m <sup>3</sup> /s	=4.3milj. m <sup>3</sup> (in 48uur)

Opslag bovenstroms van Hebrum	=2.0milj. m <sup>3</sup>
Water uit het kustenkanal	=1.0milj. m <sup>3</sup>
Water uit het Geeste spaarbekken	=2.0milj. m <sup>3</sup>
Water uit Ems en Unterems omringende gebieden	=2.0milj. m <sup>3</sup>
Water uit het Leda-Jumme gebied	=4.0milj. m <sup>3</sup>

Totaal (bij 48 uur toevoegen)	=13.8milj. m <sup>3</sup> (bij Q <sub>ems</sub> =16m <sup>3</sup> /s)
	=15.3milj. m <sup>3</sup> (bij Q <sub>ems</sub> =25m <sup>3</sup> /s)

Een stuwwolume van 15.3 miljoen m<sup>3</sup> water is beschikbaar.

#### *Criterium 2: Kosten van de maatregel.*

Kosten van deze beheer maatregelen zijn minimaal.

Het gebruiken van de periode dec. t/m half apr. is echter alleen mogelijk als er zomerdijkjes worden aangelegd. Zomerdijkjes in combinatie met in-/uitwateringsvoorzieningen zijn duur.

*Criterium 3: Ecologie en landschapswaarde.*

Bij de toegelichte gang van zaken m.b.t. het waterbeheer zijn geen negatieve effecten voor ecologie te verwachten. Bij het verder ‘uitbuiten’ van deze bronnen is benadeling te verwachten van ecologie, omdat de optredende verschillen in waterpeilen dan wellicht buiten de natuurlijk optredende variaties gaan vallen.

De verschuiving van de periode waarin afvaart plaatsvindt naar dec. t/m ½ apr. is aan de ene kant positief voor het mariene leven i.v.m. de hogere zuurstofgehaltes. Aan de andere kant is het negatief, omdat door de lagere water temperaturen organismen minder snel uit de gesedimenteerde laag slijf (begin van de stuwfase) kunnen klimmen.

*Criterium 4: Belang van de scheepswerf.*

n.v.t.

*Criterium 5: Overige functies van de rivier.*

- Overstromingsbeheersing, veiligheid.

De veiligheid van de waterbeheer situatie moet ten alle tijde gewaarborgd worden door voldoende reserve berging beschikbaar te houden.

Conclusie

Het toestaan van een afvaart in de periode dec. t/m half apr. i.p.v. in half sept. t/m half mrt. is slechts mogelijk indien er maatregelen zijn getroffen om overstroming van de uiterwaarden te vermijden. De keuze voor het aanleggen van zomerdijkjes moet nog gemaakt worden. Deze maatregel is veelbelovend.

### 8.4.3.5 Tijdsduur stuwfase verlengen.

In de Duitse plannen is gesteld dat er in de periode half sept. - half mrt. een stuweil van 2.7m+NN toegestaan is met een maximale tijdsduur van de stuwfase (tijdsduur tussen sluiten en openen van Emskering) van 3 etmaal.

De vraag is nu kan er door verlenging van de tijdsduur van de stuwfase waardevolle ruimte worden gecreëerd, dat er tijd beschikbaar komt om meer water uit ‘natuurlijke bronnen’ toe te voegen.

#### *Criterium 1: Vermijden van pompen in de Ems-kering.*

Het verlengen van de stuwfase heeft alleen het voordeel dat de natuurlijke afvoer van de Ems langer aangewend kan worden voor opstuwing, alle andere waterbronnen zijn reeds optimaal benut na 48 uur.

Stel een verlenging van de vulduur van 48uur (Duitse plannen) naar 72uur:

Dit geeft dan de mogelijkheid een extra 1.4 milj. m<sup>3</sup> water bij Q<sub>Ems</sub>=16m<sup>3</sup>/s en 2.1 milj. m<sup>3</sup> water bij Q<sub>Ems</sub>=25m<sup>3</sup>/s in 24 uur toe te voegen. Circa. 2miljoen m<sup>3</sup> water extra toevoegen in een extra 24uur, terwijl in de voorafgaande 48uur reeds ~15miljoen m<sup>3</sup> water is toegevoegd is niet erg veel.

#### *Criterium 2: Kosten van de maatregel.*

De kosten van de maatregel zijn o.m. te vinden bij de wachtende schepen (vnl. alle schepen groter dan 1000ton). Het vroegtijdig waarschuwen van de scheepvaart (4 weken vooraf) kan de kosten als gevolg van de wachttijden drukken.

Een grotere kans op afgelasting (zie criterium 3) van de afvaart echter kan veel economische schade met zich meebrengen

#### *Criterium 3: Ecologie en landschapswaarde.*

Het verlengen van de stuwfase heeft negatieve effecten voor de onbeschermde uiterwaarden en de zuurstofgehaltes van het water.

Als er geen voorzieningen worden getroffen om het overstromen van de uiterwaarden te beletten is grote schade aan flora - in de vorm van het verdwijnen van de variëteit - onvermijdelijk. Dit verlies aan natuurwaarde moet gecompenseerd worden door elders (binnendijks) soortgelijke gebieden aan te leggen.

Als voorzieningen ter voorkoming van overstroming van de uiterwaarden worden genomen (zomerdijkjes) dan is er geen extra schade voor de uiterwaarden te verwachten.

De waterkwaliteit (zuurstofgehaltes en kans op botulisme) kunnen problemen gaan geven bij langere tijdsduren van de stuwfase. Bij een totale tijdsduur van de stuwfase van maximaal 3 etmaal kan - mits een initieel zuurstofgehalte van >4mg/l en kunstmatige beluchting in de Leda aanwezig is - voorkomen worden dat er benadeling van het mariene leven ontstaat.

Echter bij langere stuwfasen is de kans dat zuurstofgehaltes problematisch worden groter en de kans op ontstaan van botulisme (alleen in de nazomer) neemt eveneens toe, zodat de kans op benadeling van het mariene leven groter wordt. Dit kan leiden tot eisen m.b.t. hogere initieel aanwezige zuurstofgehaltes. Dit betekent dat er een reëllere kans op afgelasting van de afvaart ontstaat i.v.m. te lage aanwezige zuurstofgehaltes. Dit is erg nadelig i.v.m. de problemen die een afgelasting met zich meebrengt (vnl. economische schade).

#### *Criterium 4: Belang van de scheepswerf.*

Het ontstaan van een grotere kans op afgelasten van de afvaart is nadelig.

*Criterium 5: Overige functies van de rivier.*

- Landbouw.

Afname van de kwaliteit van landbouwgrond indien overstroming van uiterwaarden optreedt..

*Conclusie.*

De balans tussen kosten (scheepvaart, ecologie) en de baten (extra stuwwolume) is tot op zekere hoogte op te maken.

Een extra stuwwolume van ca. 2 miljoen m<sup>3</sup> ( $Q_{ems}=25m^3/s$ ) kan worden bereikt met een verlenging van de stuwfase met 24uur. Tevens is er meer tijd beschikbaar om de opgeslagen hoeveelheden water bovenstrooms toe te voegen aan het stuwpand.

De kosten van de maatregel zijn te vinden bij de toename van de wachttijden voor de scheepvaart, de grotere kans op benadeling van het mariene leven. Deze grotere kans op problemen met het zuurstofgehalte en kans op botulisme kunnen leiden tot hardere eisen m.b.t. de initiële waterkwaliteit. Deze hardere eisen hebben een grotere kans op afgelasten van de afvaart tot gevolg. Een afgelaste afvaart is kostbaar.

Dit betreft een maatregel met een zeer matige opbrengst (kleine toename stuwwolume) tegen een behoorlijke prijs.

Deze maatregel wordt als niet effectief gezien.

## **8.5 Stuwen van de Unterems in combinatie met maatregelen ter voorkoming van afname van natuurwaarde van de uiterwaarden.**

### **8.5.1 Algemeen.**

Er wordt ca. 1400ha (van de 1600~1800ha) aan uiterwaarden beïnvloed door een stuwfase met een stuweil van 2.7m+NN, de rest is beschermd door hoge zomerdijsjes.

Het probleem bij een lange stuwfase, is het feit dat de uiterwaarden langdurig onder water staan en er een laag slib op de uiterwaarden achterblijft. Dit heeft tot gevolg dat zowel de diversiteit van de flora als de natuurwaarde van de uiterwaarden afneemt. Er zijn twee maatregel om deze effecten te ‘verhelpen’ nl.

- Verhogen/aanleggen van zomerdijsjes.
- Compensatie van het verlies aan natuurwaarde op de uiterwaarden door aanleg van soortgelijke gebieden elders.

In paragraaf 8.5 zijn deze maatregelen geanalyseerd.

### **8.5.2 Analyse van effecten maatregelen.**

#### **8.5.2.1 Verhogen/aanleggen van zomerdijsjes.**

Door het aanleggen van zomerdijsjes worden de uiterwaarden beschermd tegen langdurige overstroming en als de natuurgebieden eveneens omdijkt worden ondervinden broedende vogelpopulaties extra bescherming. Het voornaamste nadeel van zomerdijsjes is dat de natuurwaarde van de ‘beschermde’ uiterwaarden afneemt, omdat de overstromingsfrequentie afneemt en omdat ten tijde van stormvloeden dikke lagen slib afgezet worden op de door de zomerdijsjes gecreëerde sedimentatie bassins.

De afname van natuurwaarde moet dan weer gecompenseerd/gemitigeerd worden door:

1. De aanleg van gebieden gelijk aan de uiterwaarden elders (zonder dat dit extra komberging binnen het stuwpand tot gevolg heeft).
2. De aanleg van in-/uitwateringsvoorzieningen in de zomerdijsjes. Deze voorzieningen garanderen dat de normale gang van zaken doorgang kan vinden (huidige overstromingsfrequentie), terwijl de langdurige overstroming van de uiterwaarden door stormvloeden voorkomen kan worden.

Ter vermindering van afname van natuurwaarde van de uiterwaarden met zomerdijsjes zijn eigenlijk twee pakketten geschatst nl.

1. Aanleg van zomerdijsjes + aanleg van in-/uitwateringsvoorzieningen in de zomerdijsen ,zodat afname van natuurwaarde van uiterwaarden wordt voorkomen.
2. Aanleg van zomerdijsjes + compensatie van verloren natuurwaarde door aanleg van soortgelijke gebieden elders (zonder dat dit extra komberging binnen het beschouwde stuwpand met zich meebrengt).

*Criterium 1: Effectiviteit vermijden afname natuurwaarde uiterwaarden.*

Ter vermindering van de afname van natuurwaarde van de uiterwaarden is enkel de zomerdijk geen goed middel.

De twee geschatste middelen ter mitigatie/compensatie zijn goede middelen ter voorkoming van een netto afname van natuurwaarde.

*Criterium 2 t/m 5:*

(zie paragraaf 8.4.3.2)

*Conclusie.*

Ter voorkoming van de effecten van lange tijd overstroming van de uiterwaarden zijn beide ‘pakketten’ geslaagd. Echter als het slechts om het voorkomen van afname van natuurwaarde van de uiterwaarden gaat (en niet om het verkleinen van de komberging), is het veel goedkoper om geen zomerdijkjes aan te leggen en slechts de afname van natuurwaarde elders te compenseren (8.5.2.2).

### **8.5.2.2 Compensatie van het verlies aan natuurwaarde van de uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders.**

Deze maatregel houdt in het compenseren van de afname van natuurwaarde van de uiterwaarden door nabij gebieden te vernatuurlijken, zodat de netto natuurwaarde van het gebied niet afneemt.

Voor gebieden die als compensatie kunnen dienen komen in aanmerking:

- Uiterwaarden die in het gebruik zijn door landbouw buitendijks, bij voorkeur buiten het stuwpand.
- Binnendijks gebied.

Deze maatregel dient om aan te geven hoe het verlies van natuurwaarde op de uiterwaarden goed kan worden gecompenseerd zonder constructieve ingrepen te doen in het landschap

*Criterium 1: Vermijden van afname natuurwaarde van uiterwaarden.*

De afname van natuurwaarde van de uiterwaarden kan op deze manier goed gecompenseerd worden. De periode waarbinnen de lange stuwfase mag plaatsvinden wordt beperkt tot half sept.(beter nog dec.) t/m half mrt. in verband met het broedseizoen van vogels en het groeiseizoen van gewassen.

*Criterium 2: Kosten van de maatregel.*

De kosten van de maatregel bestaan vnl. uit de aankoop van land van boeren. De grondprijs voor uiterwaarden met een hoge landbouwkundige waarde is ca f 5 ~ 15,-/m<sup>2</sup>.

De vernatuurlijking van de gebieden kan met relatief kleine kosten geschieden.

*Criterium 3: Ecologie en landschapswaarde.*

Gebieden met hoge natuurwaarde (uiterwaarden in brak water milieu) verliezen natuurwaarde die moeilijk te compenseren valt aangezien deze specifieke gebieden niet ruimschoots voor handen zijn. Desalniettemin zijn dit geen onoverkomelijke bezwaren.

*Criterium 4: Belang van de scheepswerf.*

n.v.t

*Criterium 5: Overige functies van de rivier.*

- Landbouw belangen.

Landbouwgrond wordt opgekocht teneinde verlies aan natuurwaarde te compenseren. De vraag is of boeren hier beter of slechter van worden.

*Conclusie.*

Allereerst moet opgemerkt worden dat dit alternatief de doelstelling het vermijden van pompen in de Ems-kering door het verkleinen van de komberging niet dient.

Het verlies van netto natuurwaarde in het gebied kan goed worden gecompenseerd, echter het verlies van veel van de waarde van specifieke gebieden is praktisch onvermijdelijk.

Deze maatregel is veelbelovend.

## **8.6 Diepgang schip verkleinen.**

### **8.6.1 Algemeen**

Teneinde de benodigde waterdiepte die gecreëerd moet worden zo klein mogelijk te houden kan de diepgang van het schip verkleind worden. Dit heeft tot gevolg dat bezuinigd kan worden op stuweilverhoging en/of de mate van bodemverlaging,

Om het schip (afmetingen  $l*b*d = 300*38*8.3m$ ) van de werf te Papenburg naar open zee te krijgen is een waterdiepte nodig van minimaal 9.1~9.2m (zie bijlage XVI: berekening keel clearance). De diepgang van het schip van 8.3m is bereikt door reeds de voor de hand liggende bezuinigingen op het gewicht (minimale ballast, lege tanks, losse voorwerpen verwijderen etc.) door te voeren.

Indien het mogelijk is om verder te bezuinigen op de diepgang van het schip is dit een zeer waardevolle winst aangezien het alle drie de doelstellingen dient nl.

1. Vermijden verdere aanslibbing en onderhoudsbaggerwerkzaamheden, omdat de noodzaak tot bodemverlaging kleiner wordt.
2. Vermijden van pompen in de Ems-kering, omdat het benodigde stuweil kleiner kan worden.
3. Vermijden van de effecten van de uiterwaarden die lange tijd onder water staan. Bij een lager noodzakelijk stuweil kan de stuwfase sneller verlopen en daarmee zijn de effecten voor uiterwaarden kleiner.

In paragraaf 8.6 zijn twee maatregelen geanalyseerd.

- Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen.
- Diepgang verkleining van het schip door pontons langs het schip te plaatsen.

### **8.6.2 Maatregelen.**

#### **8.6.2.1 Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen.**

Verdere verkleiningen van de diepgang van het schip zijn mogelijk door in een fase van de bouw, het schip (met een kleiner gewicht/ diepgang) reeds af te varen en het elders verder af te bouwen. De vraag is nu welke winst er op de diepgang kan worden behaald en hoe dit het beste kan worden bereikt.

Bij de scenario's voor diepgang verkleining van het schip is er zoveel mogelijk naar gestreefd activiteiten in Papenburg te behouden, zodat slechts een zo klein mogelijk deel van de activiteiten moet verhuizen/uitbesteed moet worden. Dit is het gunstigst voor de werf.

Voor het afbouwen van de schepen van de Meyer-werf zijn twee locaties te noemen. Er kan gedacht worden aan het afbouwen van het schip na afvaart in Emden of Eemshaven. In de huidige situatie is reeds gebruik gemaakt van Eemshaven voor de bevoorrading. Deze haven beschikt over de noodzakelijke ruimte en waterdiepte voor schepen van deze afmetingen. Bij Emden is de ruimte en diepgang niet voor handen.

De maximale besparing op de diepgang is ca. 15cm. Voor het bereiken van deze minimale winst is een tijdrovende activiteit en daarmee kostbare activiteit verplaatst naar elders (Eemshaven). De vraag is nu of het verplaatsen van deze activiteit veel extra kosten met zich meebrengt of niet. Aangezien de winst (besparing diepgang) beperkt is zijn de te accepteren extra kosten klein.

Aangezien het moeilijk is in dit stadium hier verder een afweging te maken is slechts geconcludeerd dat er een kleine winst te behalen is door het verplaatsen van de meubilering en stoffering naar elders.

#### *Verplaatsen van het samenvoegen van 'building blocks' naar elders.*

Een andere optie welke eveneens verplaatsen van activiteiten naar elders inhoudt, is gebaseerd op een andere bouwmethode.

Het schip wordt tot op een zekere hoogte afgebouwd (inclusief voorzover mogelijk interieur en afwerking), echter de bovenste dekken worden nog niet op het schip gemonteerd. In deze fase wordt het schip afgevaren. Daarna worden de 'building blocks' (reeds voorzien van interieur - in het kader van het behoud van activiteiten in Papenburg), die nog gemonteerd moeten worden, apart afgevaren op een ponton. Deze laatste blokken worden dan elders gemonteerd, waarna de definitieve afwerking plaatsvindt.

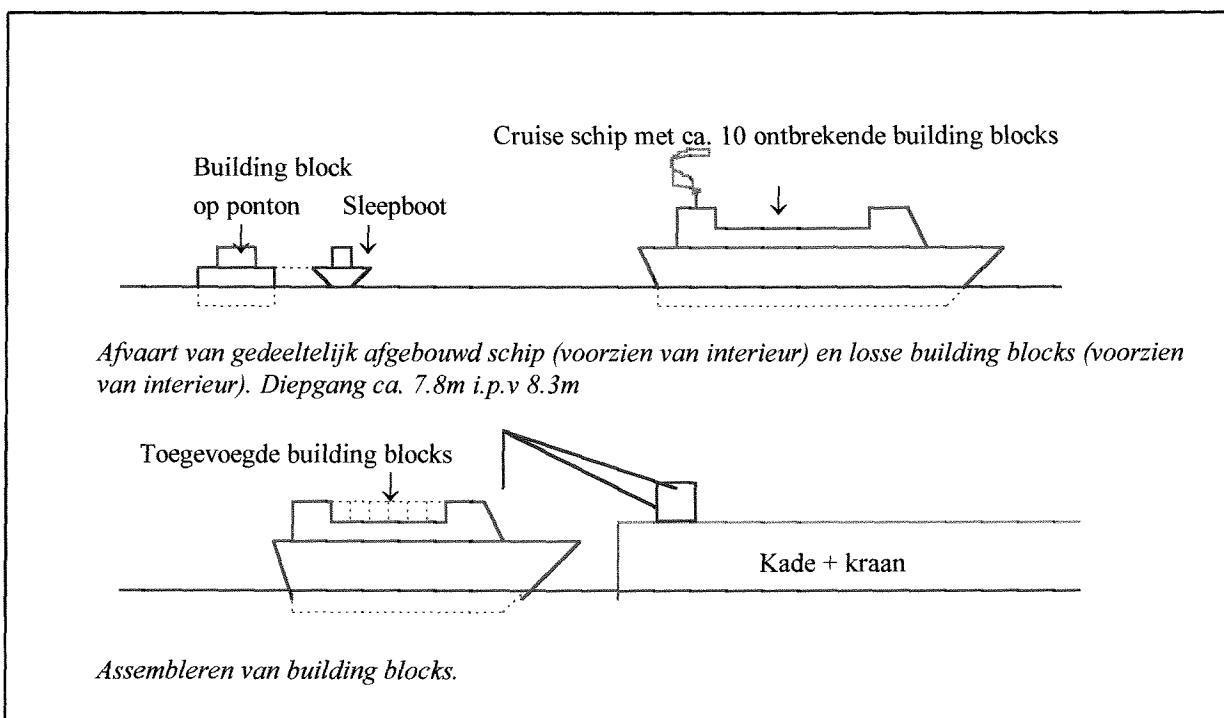


Fig.8.15: Principe samenvoegen 'building blocks' elders.

Berekening van de besparing van de diepgang is in bijlage XVII toegelicht. Met deze methode (het elders assembleren van 'building blocks' van 600ton) is een besparing op de diepgang van ca. een halve meter tot maximaal een meter redelijkerwijs mogelijk.

Voor het besparen van diepgang voor de afvaart van het schip in kwestie ( $l=300m ..$ ) zijn de negatieve effecten voor de werf zo minimaal mogelijk gehouden, omdat een groot deel van de activiteiten (constructie blokken+inbouw interieur) behouden blijft op de werf te Papenburg. Alleen het samenvoegen van de blokken tezamen met de uiteindelijke afwerking van bijv. de bovenste dekken wordt verplaatst naar elders. Dit betekent dat zware onderdelen van het schip apart afgevaren moeten worden op pontons.

Er zijn echter wel problemen te verwachten nl.:

- De bouwmethode van de werf moet gedeeltelijk veranderd worden, wat ingrijpende bedrijfskundige en logistieke gevolgen kan hebben.
- Afvaart van het schip wat slechts gedeeltelijk afgebouwd is moet wel mogelijk zijn. De brug moet intact zijn, afwijkingen in de trim e.d. mogen niet optreden of geen problemen voor de navigatie/besturing opleveren.
- De beschikbare kranen of drijvende bok(ken) in bijv. Eemshaven moeten voldoende hefcapaciteit hebben (orde van grootte 600ton) of de blokken die later gemonteerd worden moeten een kleiner gewicht hebben.

Aannemende dat deze problemen niet onoverkomelijk zijn, is voor het afbouwen van het schip een tweetal opties beschikbaar m.b.t. de bedrijfskundige aanpak. Er kan namelijk gekozen worden voor het uitbesteden van afbouwactiviteiten of het ontwikkelen van een tweede standbeen.

Het ontwikkelen van een tweede standbeen welke ligplaats biedt aan schepen van ca. 300m is een dure stap, en slechts rendabel indien deze constant in gebruik is. Aangezien schepen van bijv. 300m lengte slechts een deel van de geproduceerde schepen betreft en er gestreefd wordt naar het behoud van zoveel mogelijk activiteiten in Papenburg is het onvermijdelijk dat dit tweede standbeen bij tijden ‘werkeloos’ is. Dat maakt dat het rendabel maken van dit standbeen moeilijk wordt.

Het ontwikkelen van een tweede standbeen is naar verwachting slechts rendabel indien er gestreefd wordt naar het structureel overhevelen van activiteiten vanuit Papenburg naar het tweede standbeen. Hierbij moet er gestreefd worden naar een beleid waarbij niet alleen zeer grote schepen worden afgebouwd, maar ook andere schepen waarbij het voor de afvaart niet strikt noodzakelijk is. Dit om de continuïteit te garanderen.

Het uitbesteden van de afbouwactiviteit is een veelbelovende optie, de vraag is echter of er een lokatie beschikbaar is waarbij voldoende voorzieningen aanwezig zijn (ligplaats, kraancapaciteit e.d.).

### *Conclusie.*

Het verplaatsen van activiteiten meubilering en stoffering (het afwerken van het schip) naar elders levert weinig winst op (qua verkleining diepgang), terwijl veel activiteiten van het bouwproces (afbouw, afwerking) uitbested moeten worden of een (tijdelijk) tweede standbeen ingericht moet worden. De baten van dit alternatief zijn erg klein.

Het samenvoegen van enkele ‘building blocks’ verplaatsen naar elders levert wel winst op.  
Criterium 1: Diepgang verkleining.

Het verkleinen van het gewicht van het schip kan besparingen opleveren voor de diepgang in de orde van  $\frac{1}{2} \sim 1m$ .

**Criterium 2: Kosten van de maatregel.**

Een flink deel van de activiteiten kan behouden worden te Papenburg, echter hoge eisen aan de voorzieningen voor het assembleren van de resterende ‘building blocks’ elders zijn noodzakelijk en er kan niet vermeden worden dat een behoorlijk stuk afwerking noodzakelijk blijft. Dit alles kost de werf ongetwijfeld veel geld.

**Criterium 3: Invloed van maatregel op ecologie.**

n.v.t.

**Criterium 4: Belang van de scheepswerf.**

Het verplaatsen van activiteiten is absoluut niet de wens van de werf.

**Criterium 5: Overige functies rivier.**

n.v.t.

De baten van dit alternatief (verkleining diepgang) zijn groot echter de invloed op de werf is evenzo groot.

Een probleem van politiek-economische aard komt nu eveneens aan de orde. Feit is nl. dat de kosten voor het realiseren van de afvaart vnl. bij de scheepswerf liggen (diepgang verkleining schip) i.p.v. dat de kosten door de overheid worden gedragen (waterdiepte vergroting d.m.v. bijv. baggerwerkzaamheden). Met deze maatregel is geen sprake van een indirekte subsidie aan de werf, zoals die bij de Duitse plannen wel aan de orde is (waterdiepte vergroting).

N.B.: De afweging tussen uitbesteding van activiteiten of het ontwikkelen van een tweede standbeen van de werf is o.a. afhankelijk van de mate waarin dit probleem terugkeert en de aanwezigheid van de benodigde faciliteiten bij uitbesteding. Deze afweging komt in deze studie verder niet aan de orde.

### **8.6.2.2 Pontons.**

Een mogelijkheid voor het verkleinen van de diepgang van het schip is het gebruik van pontons/bakken. Deze pontons/schuiten worden aan de zijkanten van het schip bevestigd (de wijze waarop is nog niet relevant), zodat deze een gedeelte van de waterverplaatsing overnemen.

Gedacht kan worden aan bakken met een breedte van 4~8m en met een lengte van 40~80m.

Echter het onoverkomelijke probleem dat zich meteen voordoet is het feit dat de afvaart van het schip over vnl. het traject Papenburg-Leerort reeds zeer problematisch is. Er zijn veel bochten in dit traject die door een schip van 38m breed en 300m lang, slechts met veel moeite kunnen worden genomen. Bovendien zijn de twee bruggen die het schip bij z’n afvaart moet passeren ,obstakels (doorvaartbreedte brug=40m) die met bakken aan de zijkant niet kunnen worden genomen.

Pontons is geen optie.

## **8.7 Evaluatie en conclusie.**

### **8.7.1 Evaluatie.**

De maatregelen die veelbelovend leken na de brainstorm van cyclus 1 (Hf 7) in het besluitvormingsproces, zijn in cyclus 2 (Hf 8) aan verdere analyse onderworpen. Bij deze analyse zijn de problemen/effecten die de specifieke maatregelen met zich meebrengen belicht. Naar aanleiding van deze analyse(s) kan met redelijke zekerheid gezegd worden of de baten de kosten van een maatregel overstijgen.

#### **8.7.1.1 Maatregelen ter voorkoming van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden als gevolg van bodemverlaging.**

- Bodemverlaging in combinatie met het verkleinen van de stroomvoerende breedte.

De maatregel is niet acceptabel, omdat de inperking van de vaarbreedte de afvaart van het schip onmogelijk maakt.

- Bodemverlaging in combinatie met een vergroting van de stroomvoerende breedte van de Unterems.

Deze maatregel is niet in staat een afname van stroomsnelheid als gevolg van bodemverlaging door toename van de getijgolfdoordringing te compenseren en is dus niet effectief.

- Bodemverlaging in combinatie met een vergroting van de komberging: (a)sluizen openen te Hebrum en/of (b)komberging creëren in uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum.

(a) Sluizen te Hebrum openen.

Het creëren van eb en vloed in het pand bovenstrooms van Hebrum maakt scheepvaart in dit pand slechts tegen grote kosten mogelijk. De maatregel is niet geschikt.

(b) Creëren komberging in de uiterwaarden in het traject Hebrum-Papenburg door het afgraven van delen van de uiterwaarden.

Deze maatregel is effectief in het bestrijden van een afname van de stroomsnelheden als gevolg van de bodemverlaging, echter de kosten zijn groot. Desalniettemin wordt deze maatregel als veelbelovend gezien.

- Bodemverlaging in combinatie met het afvangen van sediment.

Het effect van deze maatregel op de vermindering van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden na bodemverlaging is naar verwachting erg klein, terwijl het een negatieve invloed heeft op bodemkwaliteit van de Unterems.

Deze maatregel wordt als geen goed alternatief gezien.

#### **8.7.1.2 Stuwen in combinatie met maatregelen ter voorkoming van pompen in de Emskering.**

- Het verkleinen/versmallen van het zomerbed ->verkleinen stuwwolume.

Deze maatregel is redelijk effectief (vnl. bij de lagere stuweieren <2.2m+NN), echter de kosten van deze maatregel zijn groot aangezien de oeverbescherming verplaatst moet worden.

Belangrijker nog is het verlies van hoge natuurwaarde dat gecompenseerd moet worden.

Deze maatregel wordt als geen goed alternatief gezien.

- Aanleggen/verhogen van zomerdijken -> verkleinen van stuwwolume.

Deze maatregel is erg effectief (vnl. bij hogere stuwwallen >2.2m+NN), echter deze maatregel heeft wel een afname van natuurwaarde van de uiterwaarden tot gevolg. Teneinde dit teniet te doen zijn er twee aanvullende maatregelen mogelijk.

(1) De zomerdijkjes voorzien van in-/uitwateringsvoorzieningen.

(2) Compensatie van verlies aan natuurwaarde elders.

Deze maatregel worden als veelbelovend beschouwd vooral in combinatie met in-/uitwateringsvoorzieningen..

- Het optimaliseren van de sluitingstijd van de stuwwallen te Hebrum, de Leda - en de Emskering ->verhogen initieel peil.

Het verkleinen van het benodigde stuwwolume door het bereiken van een zo hoog mogelijk initieel peil. Dit kan bereikt worden door de sluitingstijden van de keringen goed op elkaar af te stemmen. Ten opzichte van de Duitse plannen konden geen verbeteringen aangebracht worden.

De Duitse plannen m.b.t. de tijdsplanning voor de sluiting van de verschillende keringen wordt overgenomen.

- Natuurlijke toevoer van water zoveel mogelijk benutten.

Met betrekking tot het aanwenden van voor de gelegenheid opgeslagen hoeveelheden water bovenstroms van Hebrum en in het Leda-Jumme gebied kan ten aanzien van de Duitse plannen weinig worden gewijzigd. Dit vindt z'n oorzaak in het feit dat voor verandering uitgebreide informatie benodigd is over waterbeheer, veiligheid (berging) m.b.t. deze waterwegen en bassins. Deze is niet beschikbaar.

Het verschuiven van de periode waarin de winterafvaart plaatsvindt teneinde een grotere afvoer van de Ems te kunnen benutten is wel veelbelovend gebleken. Deze maatregel moet echter wel in combinatie met de maatregel die voorziet in de aanleg van zomerdijkjes worden uitgevoerd (i.v.m. het voorkomen van het overspoelen van de uiterwaarden in het broedseizoen).

- Tijdsduur stuwfase verlengen.

Door een langere stuwfase te creëren is er meer tijd beschikbaar voor het toevoegen en aftalen van het stuwwolume. Echter de verwachte extra kosten van de maatregel kunnen aanzienlijk oplopen (toename wachttijd schepen, kans op economische schade i.v.m. grotere kans op afgelasting afvaart vanwege eisen m.b.t. initiele waterkwaliteit). De opbrengst in de vorm van een toename van het beschikbare stuwwolume is klein.

Deze maatregel wordt als geen goed alternatief gezien.

#### **8.7.1.3 Stuwen van de Unterems in combinatie met maatregelen ter voorkoming van de afname van natuurwaarde van de uiterwaarden.**

- Verhogen/aanleggen van zomerdijkjes.

Deze maatregel is niet geschikt voor het vermijden van afname van netto natuurwaarde van het gebied, tenzij dure aanvullende maatregelen worden gebruikt.

- Compensatie van het verlies aan natuurwaarde van de uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders.

Puur ter compensatie van de afname van natuurwaarde van de uiterwaarden is deze maatregel succesvol.

#### **8.7.1.4 Diepgang schip verkleinen.**

- Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen.

Deze maatregel is redelijk succesvol in het verkleinen van de diepgang van het schip, echter de verwachte extra kosten voor de werf zijn aanzienlijk.

Deze maatregel is veelbelovend.

- Pontons langs het schip monteren.

Deze maatregel bleek vanwege de beperkte beschikbare vaargeulbreedte niet uitvoerbaar.

#### **8.7.2 Conclusie.**

Van de volgende maatregelen overstijgen de baten de kosten:

*Maatregelen ter voorkoming van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden als gevolg van bodemverlaging.*

- Bodemverlaging in combinatie met een vergroting van de komberging: (b)komberging creëren in uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum.

*Stuwen in combinatie met maatregelen ter voorkoming van pompen in de Emskering.*

- Aanleggen/verhogen van zomerdijken in combinatie met in-/uitwateringsvoorzieningen -> verkleinen van stuwwvolume.
- De Duitse plannen m.b.t. de tijdsplanning voor de sluiting van de verschillende keringen.
- Natuurlijke toevoer van water zoveel mogelijk benutten. Het verschuiven van de periode waarin de winterstuwfase plaatsvindt.

*Stuwen van de Unterems in combinatie met maatregelen ter voorkoming van de afname van natuurwaarde van de uiterwaarden.*

- Compensatie van het verlies aan natuurwaarde van de uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders.

*Diepgang schip verkleinen.*

- Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen.

## 9. Cyclus 3: Strategieën

### 9.1 Inleiding.

#### 9.1.1 Herhaling doelstelling.

Tot doel is gesteld om een dusdanige combinatie van bodemverlaging, stuwpeilverhoging en diepgang-verkleining van het schip in combinatie met aanvullende maatregelen te construeren, zodat er voldoende waterdiepte ontstaat om een afvaart zonder ecologische bezwaren en grote kosten mogelijk te maken.

Deze aanvullende maatregelen zijn er primair op gericht om de volgende effecten van bodemverlaging en stuwpeil verhoging te vermijden:

1. Het voorkomen van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van rivierbodem als gevolg van bodemverlaging als gevolg van bodemverlaging.
2. Het beperken/voorkomen van het lange tijd onderwater staan van de uiterwaarden als gevolg van stuwpeil verhoging.
3. Het beperken/voorkomen van het gebruik van pompen in de kering.

#### 9.1.2 Resultaten van cyclus 2.

In cyclus 1 van het besluitvormingsproces zijn alle mogelijke maatregelen welke de doelstelling kunnen dienen bekeken, waarna de veelbelovende maatregelen in cyclus 2 nader zijn bekeken en geselecteerd op hun effectiviteit. Cyclus 2 heeft een 6-tal maatregelen geproduceerd die effectief zijn, echter deze moeten nog samengevoegd worden tot een zgn. 'strategie' (doel van cyclus 3). Hierbij moet het maximale potentieel van iedere maatregel worden benut.

*Maatregelen ter voorkoming van bodemkwaliteitsvermindering en onderhoudsbaggerwerkzaamheden als gevolg van bodemverlaging.*

1. Bodemverlaging in combinatie met een vergroting van de komberging in de uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum (paragraaf 8.3.4.3).

*Stuwen in combinatie met maatregelen ter voorkoming van pompen in de Emskering.*

2. Aanleggen/verhogen van zomerdijken in combinatie met in-/uitwateringsvoorzieningen -> verkleinen van stuwwolume (paragraaf 8.4.3.2).
3. Duitse plannen m.b.t. de tijdsplanning voor de sluiting van de verschillende keringen-> bereiken hoog initieel peil (paragraaf 8.4.3.3).
4. Natuurlijke toevoer van water zoveel mogelijk benutten. Het verschuiven van de periode waarin de winterstuwfase plaatsvindt-> maximaal beschikbaar stuwwolume genereren (paragraaf 8.4.3.4).

*Stuwen van de Unterems in combinatie met maatregelen ter voorkoming van de afname van natuurwaarde van de uiterwaarden.*

5. Compensatie van het verlies aan natuurwaarde van de uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders (paragraaf 8.5.2.2).

*Diepgang schip verkleinen.*

6. Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen (paragraaf 8.6.2.1).

Deze aanvullende maatregelen kunnen niet zondermeer tezamen worden uitgevoerd.

Maatregel 4 kan slechts in combinatie met maatregel 2 worden uitgevoerd i.v.m. het verplaatsen van de stuwfase in de broedperiode.

Maatregel 5 kan niet zonder meer in combinatie met maatregel 4 worden uitgevoerd.

Maatregel 1 is moeilijk te verenigen met maatregel 2+3+4 aangezien deze elkaar tegenwerken.

De maximale potentie van deze aanvullende maatregelen moeten benut worden. Combinaties van aanvullende maatregelen moeten tot volwaardige strategieën worden gesmeed.

In dit hoofdstuk zijn allereerst alle theoretisch mogelijke strategieën die te vormen zijn uit de (aanvullende) maatregelen en die een afvaart van een Meyer-werf schip kunnen bewerkstelligen toegelicht (toetsing functionaliteit). Nadat duidelijk is geworden welke strategieën een afvaart mogelijk maken, is een keuze gemaakt tussen de verschillende strategieën aan de hand van criteria. Deze selectie brengt de meest geschikt strategie aan het licht. Na de keuze voor de meest geschikte strategie vindt een verdere toelichting van de gunstigste strategie plaats. Tot slot volgt de terugkoppeling/conclusie.

## **9.2 Het vormen van strategieën.**

### **9.2.1 Algemeen.**

Er zijn nu strategieën te vormen die bestaan uit combinaties van een, twee of drie elementen in combinatie met de bijbehorende aanvullende maatregelen.

- Bodemverlaging met aanvullende maatregel 1
- Stuwpeil verhoging in combinatie met aanvullende maatregelen 2,3 en 4 of in combinatie met aanvullende maatregelen 3 en 5.
- Diepgang verkleining van het schip met maatregel 6.

Deze combinaties van maatregelen (strategieën) moeten een beschikbare waterdiepte van 1.1\*diepgang schip bewerkstelligen (berekening keel clearance: zie bijlage XVI). Het schip met afmetingen van Lengte=300m, Breedte =38m en Diepgang <sub>onaangepast</sub>=8.3m moet dus een waterdiepte van 9.1m (zie fig. 9.1) tot haar beschikking hebben.

Dit is het belangrijkste criteria waaraan de strategieën moeten voldoen.

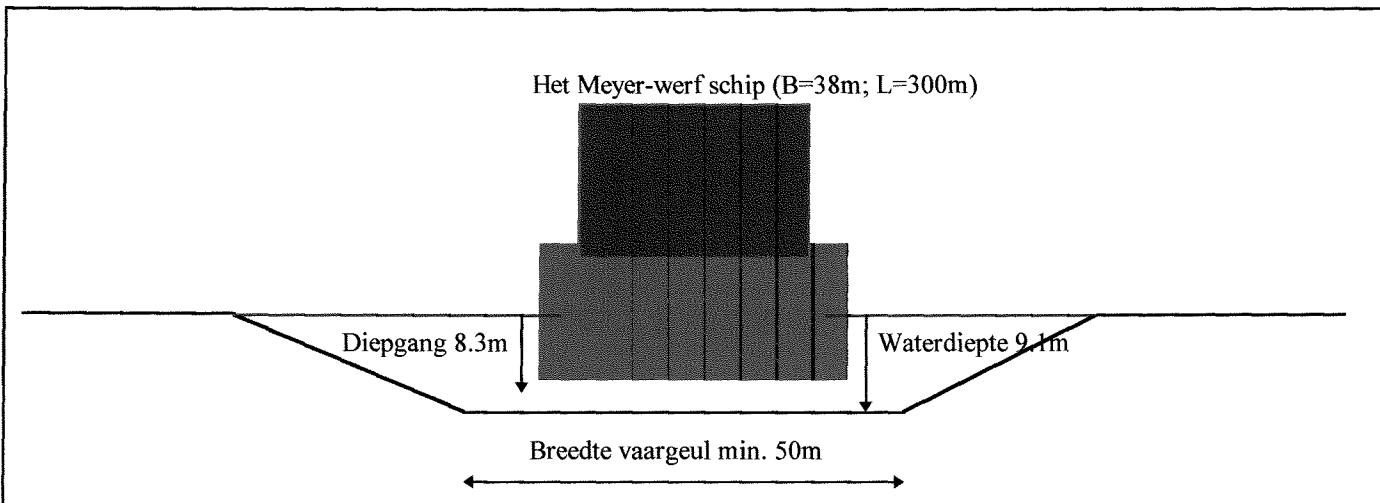


Fig. 9.1: Afvaart schip verhouding waterdiepte en diepgang.

### 9.2.2 Theoretisch mogelijke strategieën.

#### 9.2.2.1 Strategie 1: maatregel 1 en maatregelen 2,3 en 4.

Deze strategie combineert de volgende maatregelen:

*Maatregel 1:*

Bodemverlaging in combinatie met komberging vergroting in de uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum (zie fig 9.2). Deze maatregel moet een bodemverlaging tot 6.5m-NN op het traject Papenburg-Wachtplaats en een bodemverlaging van 7.5m-NN op het traject Wachtplaats -Emden zonder grote onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van bodemkwaliteit mogelijk maken. Dit geschiedt door een vergroting van het getijvolume te bewerkstelligen, zodat er een toename van uitschuring van de Unterems plaatsvindt. De voorspelde morfologische effecten zijn niet bevestigd d.m.v. een morfologisch model.

*Maatregel 2:*

Aanleggen van zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen (zie fig. 9.3). Deze maatregel zorgt voor een afname van het benodigde stuwwolume voor een bepaald stuweil, zonder afname van natuurwaarde van de uiterwaarden.

*Maatregel 3:*

Het Duitse tijdschema voor het sluiten van de keringen, zodat een initieel peil van 1.7m+NN kan worden bereikt en een aanzienlijk watervolume in het Leda-Jumme gebied wordt gevangen. Dit tijdschema houdt kort gezegd in, dat de Leda-kering ca. 10uur voor de Emskering wordt gesloten.

*Maatregel 4:*

De natuurlijke toevoer van water maximaal benutten. Deze maatregel behelst het benutten van ca. 11 miljoen m<sup>3</sup> water opgeslagen in gebieden bovenstrooms van Hebrum en in het Leda-Jumme gebied. Verder wordt de natuurlijke afvoer van de Ems maximaal benut door de periode voor de winterstuwfase in dec. t/m half apr. te plaatsen. Dit geeft bijna 100% garantie op een afvoer van 25m<sup>3</sup>/s of hoger. Dit alles geeft een beschikbaar stuwwolume van ca. 15 miljoen m<sup>3</sup> water.

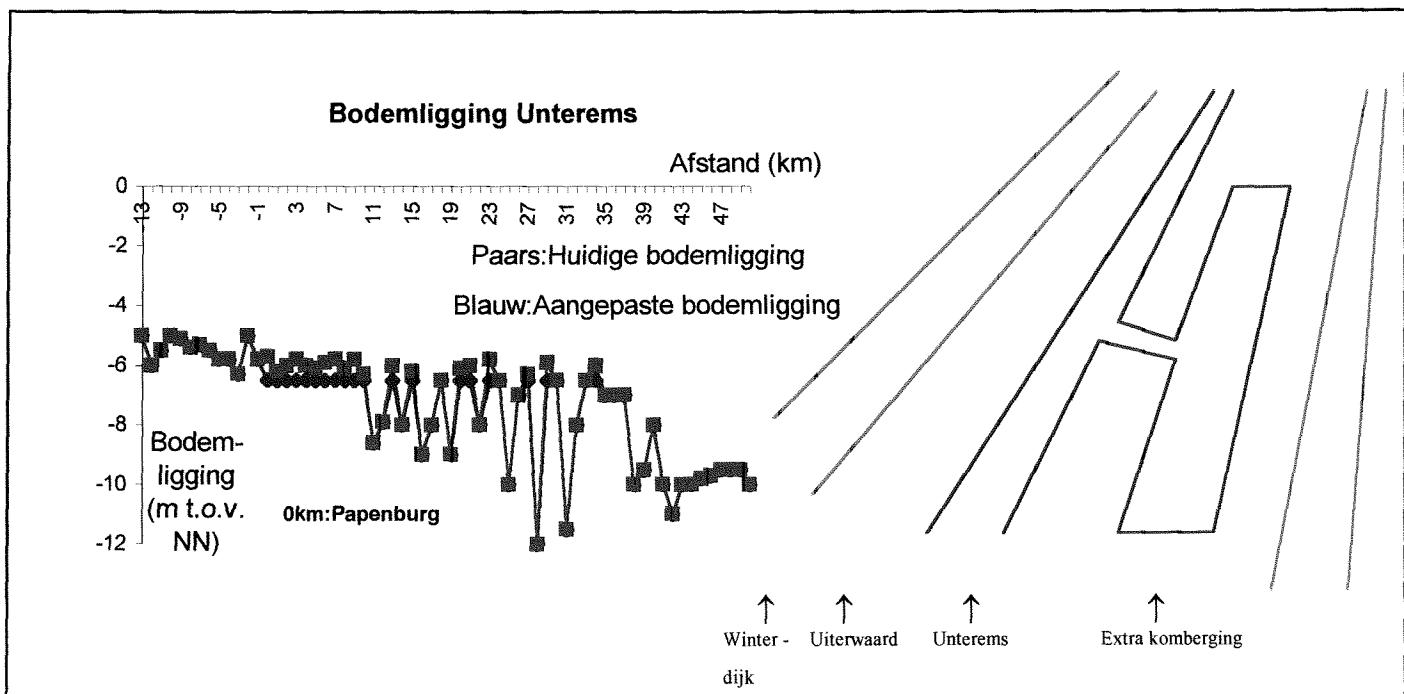


Fig. 9.2: Maatregel 1: Aangepaste bodemligging Unterems + Extra komberging in uiterwaarden

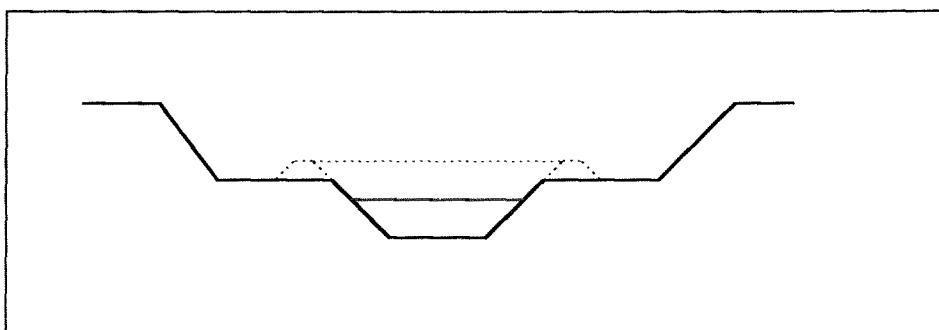


Fig. 9.3: Maatregel 2: Aanleggen/verhogen van zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen.

*Met strategie 1 is met betrekking tot waterdiepte hetvolgende mogelijk:*

Stuwvolume	: 15.3 miljoen m <sup>3</sup> water
Stuwpeil	: 2.0 m + NN
Bodemligging (excl. overdiepte/baggertol.)	: 6.5 m - NN
Waterdiepte	: 8.5 m
Diepgang schip	: 8.3 m

Het lage stuwpeil vindt z'n oorzaak in de toename van komberging.

Een waterdiepte van 8.5m is te weinig voor de afvaart van een schip met een diepgang van 8.3m.

Deze strategie biedt geen mogelijkheden.

### 9.2.2.2 Strategie 2: Maatregel 1, maatregel 3 en maatregel 6.

Deze strategie combineert de volgende maatregelen:

#### *Maatregel 1:*

Bodemverlaging in combinatie met komberging vergroting in de uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum (zie fig 9.2). Deze maatregel moet een bodemverlaging tot 6.5m-NN op het traject Papenburg-Wachtplaats en een bodemverlaging van 7.5m-NN op het traject Wachtplaats -Emden zonder grote onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van bodemkwaliteit mogelijk maken.

#### *Maatregel 3:*

Het Duitse tijdschema voor het sluiten van de keringen, zodat een initieel peil van 1.7m+NN kan worden bereikt.

#### *Maatregel 6:*

Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen. Deze maatregel houdt in dat het schip nog niet volledig afgebouwd de afvaart over de Unterems onderneemt(zie fig.: 9.4) . Bij het schip ontbreken bij een diepgang verkleining van 0.5 m ( $8.3m \Rightarrow 7.7$ ) ca. 10 building blocks van de ca. 110 in totaal. Het schip is bij afvaart volledig gestoffeerd. De 10 building blocks die apart op een ponton afgevaren moeten worden zijn eveneens voorzien van stoffering en meubilering. In Eemshaven kan het schip volledig geassembleerd worden indien de beschikbare voorzieningen aanwezig zijn.

Een maximale diepgang verkleining van 1m is haalbaar (ca. 21 ontbrekende building blocks), echter voorkeur gaat naar een maximale diepgang verkleining van ca.  $\frac{1}{2}m$ (ca. 10 ontbrekende building blocks).

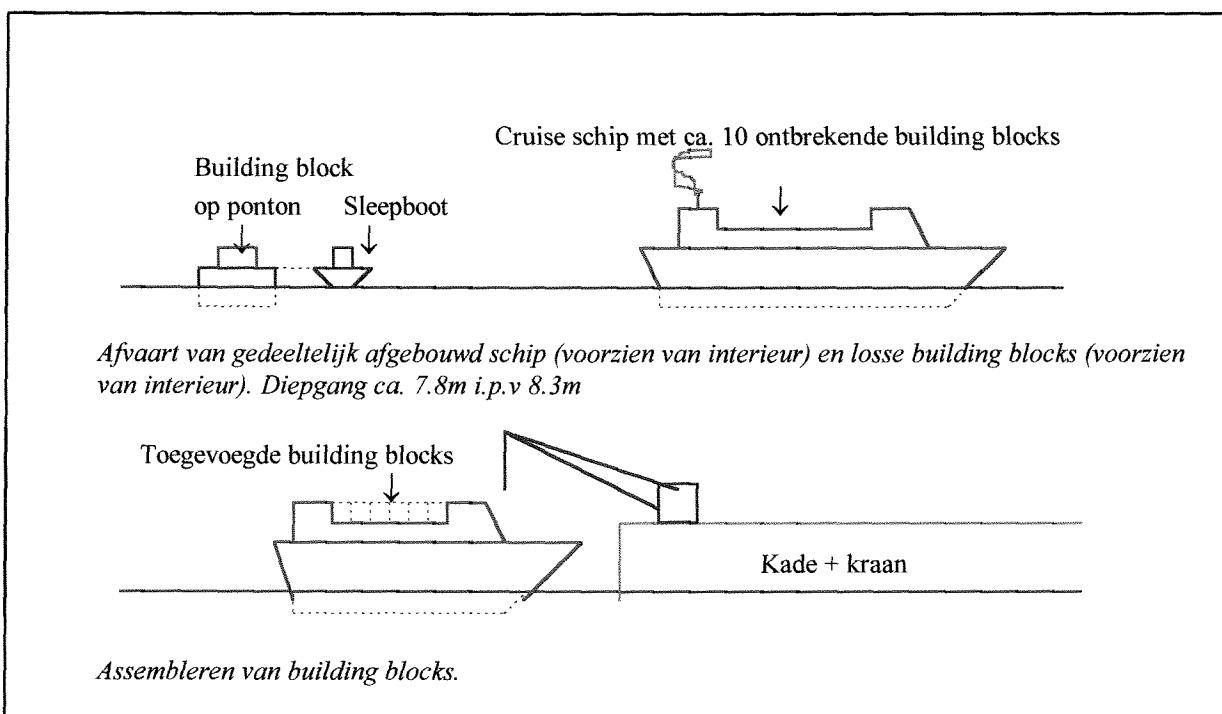


Fig. 9.4: Maatregel 6: Diepgang verkleining schip, door het schip elders af te bouwen.

*Met strategie 2 is met betrekking tot de waterdiepte hetvolgende mogelijk:*

Stuwvolume	:n.v.t
Stuwpeil	:1.7m+NN
Bodemligging (excl. overdiepte/baggertol.)	:6.5m-NN
Waterdiepte	:8.2m
Diepgang schip	:7.5m (~8.2/1.1)
Diepgang verkleining schip	:0.8m

Een minimaal diepgang van het schip van 7.3m is theoretisch haalbaar.

Dit is een veelbelovend strategie.

### 9.2.2.3 Strategie 3: maatregelen 2,3,4 en maatregel 6.

Deze strategie combineert de volgende maatregelen:

*Maatregel 2:*

Aanleggen van zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen (zie fig. 9.3).

*Maatregel 3:*

Het Duitse tijdschema voor het sluiten van de keringen, zodat een initieel peil van 1.7m+NN kan worden bereikt en een aanzienlijk watervolume in het Leda-Jumme gebied wordt gevangen.

*Maatregel 4:*

De natuurlijke toevoer van water maximaal benutten. Deze maatregel behelst het benutten van ca. 11 miljoen m<sup>3</sup> water opgeslagen in gebieden bovenstrooms van Hebrum en in het Leda-Jumme gebied. Verder wordt de natuurlijke afvoer van de Ems maximaal benut door de periode voor de winterstuwfase in dec. t/m half apr. te plaatsen. Dit geeft grote garantie op een afvoer van 25m<sup>3</sup>/s of hoger. Dit alles geeft een beschikbaar stuwwolume van ca. 15,3 miljoen m<sup>3</sup> water.

*Maatregel 6:*

Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen (zie fig.: 9.4). Deze maatregel houdt in dat het schip nog niet volledig afgebouwd de afvaart over de Unterems onderneemt.

*Met strategie 3 is met betrekking tot de waterdiepte hetvolgende mogelijk:*

Stuwvolume	:15.3 miljoen m <sup>3</sup> water
Stuwpeil	:2.5m+NN
Bodemligging (excl. overdiepte/baggertol.)	:5.8m-NN(huidige bodemligging)
Waterdiepte	:8.3m
Diepgang schip	:7.6m (~8.3/1.1)
Diepgang verkleining schip	:0.7m

Dit is een veelbelovende strategie.

#### 9.2.2.4 Strategie 4: maatregel 6.

Deze strategie maakt gebruik van alleen de volgende maatregel:

*Maatregel 6:*

Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen (zie fig.: 9.4). Deze maatregel houdt in dat het schip nog niet volledig afgebouwd de afvaart over de Unterems onderneemt.

*Met strategie 4 is met betrekking tot de waterdiepte hetvolgende mogelijk:*

Stuwvolume	:n.v.t.
Stuwpeil	:1.7m+NN
Bodemligging (excl. overdiepte/baggertol.)	:5.8m-NN(huidige bodemligging)
Waterdiepte	:7.5m
Diepgang schip	:6.8m(~7.5/1.1)
Diepgang verkleining schip	:1.2m

Een maximaal diepgang verkleining van 1.0m is mogelijk.

Strategie 4 is geen optie.

N.B.: In de huidige situatie is bij springtij (tijdelijk waterpeil 2.0m+NN te Papenburg) reeds een schip met een diepgang van 7.3m tot afvaart gekomen. Het betrof dan echter een kleiner schip (smaller), welke met erg weinig keel clearance voert.

#### 9.2.2.5 Strategie 5: maatregel 1 , maatregelen 3 en 5 en maatregel 6.

Deze strategie maakt gebruik van alleen de volgende maatregelen:

*Maatregel 1:*

Bodemverlaging in combinatie met komberging vergroting in de uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum (zie fig 9.2).

*Maatregel 3:*

Het Duitse tijdschema voor het sluiten van de keringen, zodat een initieel peil van 1.7m+NN kan worden bereikt en een aanzienlijk watervolume in het Leda-Jumme gebied wordt gevangen.

*Maatregel 5:*

Compensatie van het verlies aan natuurwaarde van de uiterwaarden, door aanleg van soortgelijke gebieden elders (vernatuurlijken landbouwgrond binnendijks).

*Maatregel 6:*

Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen (zie fig.: 9.4). Deze maatregel houdt in dat het schip nog niet volledig afgebouwd de afvaart over de Unterems onderneemt.

Strategie 5 maakt dus gebruik van het compenseren van de afname van natuurwaarde van de uiterwaarden i.p.v. overstroming van uiterwaarden te voorkomen. Tevens wordt bij deze strategie een winterstuwfase in de periode half sept. t/m half mrt. aangehouden, zodat slechts een stuwwolume van ca. 14miljoen m<sup>3</sup> water beschikbaar is (i.v.m. lagere bovenafvoer).

*Met strategie 5 is met betrekking tot de waterdiepte hetvolgende mogelijk:*

Stuwvolume	:14miljoen m <sup>3</sup> water.
Stuwpeil	:1.9m+NN
Bodemligging (excl. overdiepte/baggertol.)	:6.5m-NN
Waterdiepte	:8.4m
Diepgang schip	:7.7m(~8.4/1.1)
Diepgang verkleining schip	:0.6m

Deze strategie is veelbelovend.

### 9.2.2.6 Strategie 6: maatregel 1 , maatregel 2+3+4 en maatregel 6.

Deze strategie maakt gebruik van de volgende maatregelen:

*Maatregel 1:*

Bodemverlaging in combinatie met komberging vergroting in de uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum (zie fig 9.2).

*Maatregel 2:*

Aanleggen van zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen (zie fig. 9.3).

*Maatregel 3:*

Het Duitse tijdschema voor het sluiten van de keringen, zodat een initieel peil van 1.7m+NN kan worden bereikt en een aanzienlijk watervolume in het Leda-Jumme gebied wordt gevangen.

*Maatregel 4:*

De natuurlijke toevoer van water maximaal benutten.

*Maatregel 6:*

Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen (zie fig.: 9.4). Deze maatregel houdt in dat het schip nog niet volledig afgebouwd de afvaart over de Unterems onderneemt.

*Met strategie 6 is met betrekking tot de waterdiepte hetvolgende mogelijk:*

Stuwvolume	:15.3 miljoen m <sup>3</sup> water
Stuwpeil	:2.0m+NN
Bodemligging (excl. overdiepte/baggertol.)	:6.5m-NN
Waterdiepte	:8.5m
Diepgang schip	:7.8m(~8.5/1.1)
Diepgang verkleining schip	:0.5m

Deze strategie is veelbelovend.

### 9.2.2.7 Evaluatie.

In deze evaluatie zijn de 6 strategieën kort op een rij gezet.

	Maatregel 1: Bodemverlaging in combinatie met een vergroting van de komberging in de uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum. Bodemligging Papenburg-Wachtplaats 6.5m-NN	Maatregel 2: Aanleggen/verhogen van zomerdijken in combinatie met in-/uitwateringsvoorzieningen	Maatregel 3: De Duitse plannen m.b.t. de tijdsplanning voor de sluiting van de verschillende keringen.	Maatregel 4: Natuurlijke toevoer van water zoveel mogelijk benutten. Opslag ca. 11 miljoen m <sup>3</sup> water. Winterstuwfase dec. t/m ½ apr. Totaal stuwvolume ca. 15.3 miljoen m <sup>3</sup> water.	Maatregel 5: Compensatie van het verlies aan natuurwaarde van de uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders.	Maatregel 6: Diepgang verkleining door het schip elders af te bouwen.
Strategie 1	Ja	Ja	Ja	Ja		
Strategie 2	Ja		Ja			Ja
Strategie 3		Ja	Ja	Ja		Ja
Strategie 4						Ja
Strategie 5	Ja		Ja		Ja	Ja
Strategie 6	Ja	Ja	Ja	Ja		Ja

Tabel: strategieën in relatie met maatregelen.

	Minimale bodemligging	Beschikbaar stuwvolume (miljoen m <sup>3</sup> water)	Stuwpeil	Beschikbare waterdiepte	Diepgang schip	Afvaart mogelijk
Strategie 1	6.5m-NN	15.3	2.0m+NN	8.5m	8.3m	nee
<b>Strategie 2</b>	6.5m-NN	n.v.t.	1.7m+NN	8.2m	7.5m	<b>ja</b>
<b>Strategie 3</b>	5.8m-NN	15.3	2.5m+NN	8.3m	7.6m	<b>ja</b>
Strategie 4	5.8m-NN	n.v.t.	1.7m+NN	7.5m	7.3m	nee
<b>Strategie 5</b>	6.5m-NN	14.1	1.9m+NN	8.4m	7.7m	<b>ja</b>
<b>Strategie 6</b>	6.5m-NN	15.3	2.0m+NN	8.5m	7.8m	<b>ja</b>

Tabel: samenvatting resultaten strategieën.

Bij elke strategie die voldoende waterdiepte genereert voor een afvaart is maatregel 6 (diepgang verkleining van het schip) aanwezig (zie tabel 2). Zonder deze maatregel is met de overige beschikbare maatregelen een afvaart zonder ecologische bezwaren niet mogelijk. Echter met maatregel 6 (diepgang verkleining schip) alleen is eveneens geen afvaart mogelijk.

Strategie 2, 3, 5 en 6 maken een afvaart mogelijk.

### **9.3 Selectie van een strategie.**

#### **9.3.1 Algemeen.**

In sectie 9.3 zijn allereerst de criteria opgesteld waaraan de 4 strategieën worden getoetst. Daarna volgt een korte beschouwing van de 4 strategieën in relatie tot de criteria, waarna de keuze voor de meest geschikte strategie is gemaakt aan de hand van een scorekaart.

#### **9.3.2 Criteria.**

Teneinde de meest geschikte strategie te kiezen uit de vier beschikbare strategieën, zijn criteria opgesteld waaraan deze strategieën zijn getoetst.

##### *Criterium 1: Kosten.*

Dit criterium beoordeelt de strategieën op de financiële consequenties die de uitvoering van de verschillende maatregelen hebben.

- 1a) Kosten uitvoering maatregelen -> eenmalige investering.  
Bijv. Bodemverlaging Unterems of verlies landbouwgrond.
- 1b) Onderhoud van de maatregelen -> jaarlijks terugkerende kosten.  
Bijv. Onderhoud zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen.

##### *Criterium 2: Ecologie.*

Dit criterium beoordeelt de strategieën op de invloed, die deze hebben op de ecologie. Waarbij de verandering t.o.v. de huidige situatie (Hf 4) is beoordeelt. Er zijn twee situaties relevant nl. de situatie waarbij de kering geopend is en de situatie gedurende de stuwfase.

- 2a) Invloed op uiterwaarden Unterems.
- 2b) Waterkwaliteit Unterems+Leda-Jume gebied (zwevende stoffen, zuurstofgehaltes, zoutindringing).
- 2c) Kwaliteit rivierbodem Unterems (toename slibbodems).
- 2d) Waterkwaliteit Außenems en Dollard (zuurstofgehaltes, zoutconcentraties)

##### *Criterium 3: Overige functies Unterems.*

Dit criterium beoordeelt de invloed van de verschillende strategieën (tijdens de stuwfase en tijdens een geopende kering) op een drietal andere functies die de Unterems vervult nl.:

- 3a) Overstromingsbeheersing, veiligheid.
- 3b) Transport over water (overige scheepvaart), navigatie.
- 3c) Landbouw.

*De wijze van beoordeling.*

Criterium 1: Kosten

De kosten zijn onderverdeelt in initiële benodigde investering en jaarlijks terugkerende kosten.

Criterium 2: Ecologie

Ecologische effecten zijn uitgedrukt in procentuele af-/toename van de natuurwaarde ten opzichte van de huidige situatie (zie HF2 en HF4).

Criterium 3: Overige functies Unterems

Bij de overige relevante functies van de Unterems (afvoer capaciteit, landbouw, scheepvaart) zijn slechts algemene opmerkingen geplaatst.

### 9.3.3 Beoordeling van strategieën.

#### 9.3.3.1 Strategie 2

##### Beschrijving strategie 2

Maatregel 1: Bodemverlaging in combinatie met komberging vergroting.  
 Maatregel 3: Duitse plannen sluitingsprocedure keringen.  
 Maatregel 6: Diepgang verkleining schip door het elders af te bouwen.  
*Bodemligging 6.5m-NN, stuweil 1.7m+NN, diepgang schip 7.5m.*

##### Kosten

Investering eenmalig (miljoenen guldens)	Jaarlijks terugkerende kosten (miljoenen guldens)	Kosten totaal
Bodemverlaging: 20 miljoen (2,3 miljoen m <sup>3</sup> ).  Creëren komberging: Aankoop grond= 500ha*f5,-/m <sup>2</sup> =25miljoen Afgraven grond=500ha*2m*f10,-/m <sup>3</sup> =100miljoen. Aankoop stort=500ha*f5,-/m <sup>2</sup> =25miljoen (Geen rekening gehouden met opbrengst van eventuele klei).  <i>Totaal: 170 miljoen gulden.</i>	Onderhoud bodemverlaging Unterems: 2 miljoen  Onderhoud gecreëerde komberging: 5 miljoen  Afvaart per schip met diepgang verkleining van 0.8m: 27miljoen (zie bijlage XVII)  <i>Totaal jaarlijkse kosten: Bij 2 afvaarten per jaar 61 miljoen gulden</i>	<b>Investering: 170 miljoen gulden.</b>  <b>Jaarlijks 61 miljoen gulden.</b>

##### Ecologie

Natuurwaarde uiterwaarden van de Unterems	Waterkwaliteit Unterems en Leda-Jumme gebied (zuurstofgehalte etc.).	Kwaliteit bodem Unterems	Waterkwaliteit Außenems en Dollard (zuurstofgehalte en saliniteit)	Netto effect op ecologie
Toename natuurwaarde uiterwaarden tussen Papenburg en Hebrum  <i>Beoordeling: +20%</i>	Waterkwaliteit toename (naar verwachting: afname zwevende stoffen) door aanleg van waterzuiverende wetlands.  Benadeling mariene leven door sedimentatie en resuspensie van zwevende deeltje.  <i>Beoordeling: 0%</i>	Initiële bodemverlaging: benadeling van bodemflora en fauna.  <i>Beoordeling: -20%</i>	Korte stuwfase en geen opstuwing van het stuwpand. Dus weinig kwaliteit afname van water Unterems en geen groot volume dat afgelaten moet worden.  <i>Beoordeling: 0%</i>	<b>Beoordeling 0%</b>

##### Overige functies

Overstromingsbeheersing, veiligheid	Landbouw	Navigatie, belangen overige scheepvaart.	Beoordeling
Toename komberging Unterems. (overbodig)	Geen verandering	Korte stremming in verband met korte stuwfase (geen opstuwing). Toename waterdiepte Unterems (overbodig).	<b>Geen verandering.</b>

### 9.3.3.2 Strategie 3

#### Beschrijving strategie 3

Maatregel 2: Zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen.  
 Maatregel 3: Duitse plannen sluitingsprocedure keringen.  
 Maatregel 4: Optimaal aanwenden van de natuurlijk aanwezige water: winterstuwfase dec.- ½ apr.  
 Maatregel 6: Diepgang verkleining schip door het elders af te bouwen.  
*Bodemligging 5.8m-NN; stuweil 2.5m+NN; diepgang schip 7.6m.*

#### Kosten.

Investering eenmalig (miljoenen gulden)	Jaarlijks terugkerende kosten(miljoenen gulden)	Kosten totaal
Aanleg zomerdijkjes: lengte ca. 80km, $2\text{m}^3/\text{m}^1 \Rightarrow f50,-/\text{m}^1 = 4\text{ miljoen}$  Aankoop land waarop zomerdijkjes geplaatst worden: $80\text{km} * 4\text{m} * f15,-/\text{m}^2 = 5\text{ miljoen}$  Aanleg van in-/uitwateringsvoorzieningen: 4 per km oever, 84km oever. 336 voorzieningen * f50.000,- ≈ 18 miljoen  <i>Totaal investering: 27 miljoen gulden.</i>	Onderhoud bodemligging Unterems: 2 miljoen  Onderhoud zomerdijkjes: ½ miljoen  Onderhoud in-/uitwateringsvoorzieningen: 2 miljoen  Afvaart per schip met diepgang verkleining van 0.7m: 25 miljoen (bijlage XVII)  <i>Totaal jaarlijkse kosten: Bij 2 afvaarten per jaar 54.5 miljoen gulden</i>	<b>Investering: 27 miljoen gulden.</b> <b>Jaarlijks: 54.5 miljoen gulden.</b>

#### Ecologie

Natuurwaarde uiterwaarden van de Unterems	Waterkwaliteit Unterems en Leda-Jumme gebied(zuurstofgehalte etc.).	Kwaliteit bodem Unterems	Waterkwaliteit Außenems en Dollard (zuurstofgehalte en saliniteit)	Netto effect op ecologie
Geen verandering door aanleg van regulerende voorzieningen.  Positieve effecten voor vogels i.v.m. afname nest-verlies <i>Beoordeling: +10%</i>	Maximale lengte van de stuwfase van 3 etmaal in combinatie met winterstuwfase in periode met hoge zuurstofgehaltes. Benadeling mariene leven door sedimentatie en resuspensie van zwevende deeltje. <i>Beoordeling: -10%</i>	Geen verandering. <i>Beoordeling: 0%</i>	Stuwvolume van 15.3 miljoen $\text{m}^3$ water kan bij afsluiten de waterkwaliteit beïnvloeden (verandering van concentraties zuurstof en saliniteit)  <i>beoordeling 0 tot -20%</i>	<b>Beoordeling: -10%</b>

#### Overige functies

Overstromingsbeheersing, veiligheid	Landbouw	Navigatie, belangen overige scheepvaart.	Beoordeling
Geen verandering, aangezien de zomerdijkjes in het van belang zijnde bovenstroms gelegen gedeelte van de Unterems er reeds liggen.	Toename opbrengst gewassen i.v.m. bescherming door zomerdijkjes.	Potentiële lange wachttijden voor scheepvaart.	<b>Benadeling van 1 overige functie t.o.v. de huidige situatie.</b>

Eventuele scenario's voor het toepassen van diepgang verkleining door elders het schip af te bouwen zijn afhankelijk van de bouwwijze van de scheepswerf. En de vraag in welke fase van de bouw het beste afvaart kan plaatsvinden. De Meyerwerf heeft (voor passagiers-/cruiseschepen) de volgende bouwwijze.

- ‘Lego blokjes’ (ookwel ‘Building blocks’) van maximaal 600ton (erg zware kraan voor benodigd) worden stuk voor stuk geconstrueerd en aan elkaar gelast totdat de gehele ruwbouw van het schip (incl. motoren en tanks) is voltooid.
- Vervolgens wordt de tijdrovende afwerking van het schip (inrichting/aankleding van cabins e.d.) uitgevoerd.

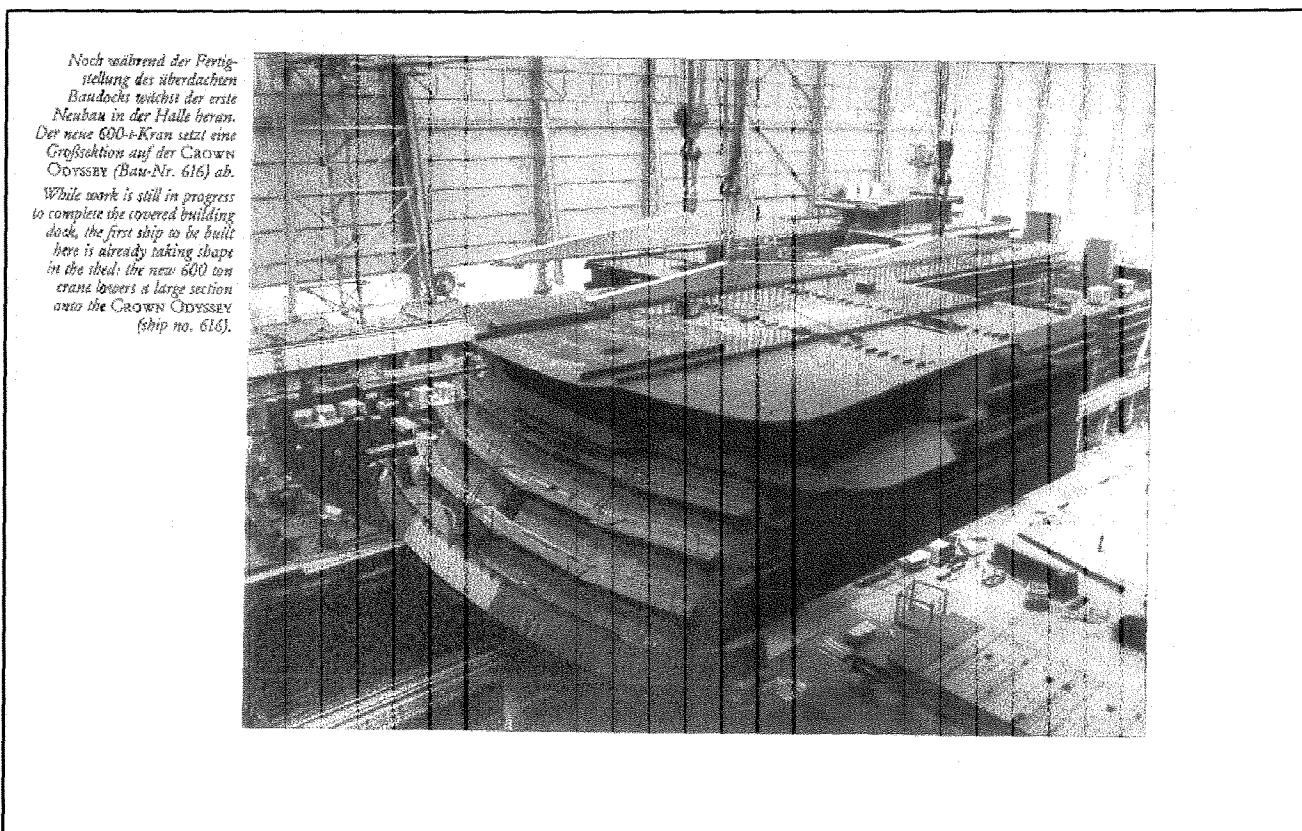


Fig 8.14: Foto van een ca. 600ton wegend ‘building block’ in de takels.

#### *Verplaatsen van activiteiten meubilering en stoffering naar elders.*

De werkwijze in ogenschouw nemende is het duidelijk dat afvaart alvorens de ruwbouw is voltooid niet gunstig is, omdat er dan veel activiteiten moeten verhuizen i.p.v. dat er slechts een deel van het produktieproces wordt verplaatst. Een optie is het laten uitvoeren van de afwerking elders. De vraag is echter hoeveel gewicht (diepgang) daarmee bespaart kan worden op de 8.3m en wegen de extra kosten (verplaatsen van activiteiten naar elders/uitbesteden van afbouw) daar tegen op. Bij het verplaatsen van de afwerking is het probleem nl. dat het verplaatsen van dit arbeidsintensieve werk (extra kosten) naar elders, relatief weinig gewicht bespaard. Het betreft slechts vloerbedekking, panelen e.d..

Om inzicht te krijgen op de besparingen van het gewicht en de diepgang door de afwerking elders te voltooien, wordt dit grof berekend (zie bijlage XVII).

### 9.3.3.3 Strategie 5

#### Beschrijving strategie 5

Maatregel 1: Bodemverlaging in combinatie met kombergingvergrotning

Maatregel 3: Duitse plannen sluitingsprocedure keringen.

Maatregel 5: Compensatie van verlies natuurwaarde uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders

Maatregel 6: Diepgang verkleining schip door het elders af te bouwen.

*Bodemligging 6.5m-NN; stuweil 1.9m+NN; diepgang schip 7.7m..*

#### Kosten

Investering eenmalig (miljoenen gulden)	Jaarlijks terugkerende kosten(miljoenen gulden)	Kosten totaal
Bodemverlaging: 20 miljoen (2,3 miljoen m <sup>3</sup> ). Creëren komberging: Aankoop grond= 25miljoen; Afgraven grond=100miljoen. Aankoop stort= 25miljoen (Geen rekening gehouden met opbrengst van eventuele klei.) Compensatie verlies natuurwaarde: 25% verlies over 1200ha=>aankoop 300ha(100% natuurwaarde)*fl 5,-/m <sup>2</sup> (inclusief inrichting)=45miljoen  <i>Totaal: 215 miljoen gulden.</i>	Onderhoud bodemverlaging Unterems: 2 miljoen Onderhoud gecreëerde komberging: 5 miljoen Onderhoud aangekocht gebied met natuurwaarde: 1 miljoen  Afvaart per schip met diepgang verkleining van 0.6m: 22.5miljoen (bijlageXVII)  <i>Totaal jaarlijkse kosten: Bij 2 afvaarten per jaar 53 miljoen gulden</i>	<b>Investering:</b> <b>215 miljoen gulden.</b>  <b>Jaarlijks:</b> <b>53 miljoen gulden.</b>

#### Ecologie.

Natuurwaarde uiterwaarden van de Unterems	Waterkwaliteit Unterems en Leda-Jumme gebied (zuurstofgehalte etc.).	Kwaliteit bodem Unterems	Waterkwaliteit Außenems en Dollard (zuurstofgehalte en saliniteit)	Netto effect op ecologie.
Afname van natuurwaarde uiterwaarden, maar elders gecompenseerd.	Maximale lengte van de stuwfase van 3 etmaal. Indien eisen m.b.t. initiële zuurstofgehaltes worden gehanteerd: lichte benadeling. Positieve effecten op gehalte zwevende stoffen door aanleg wetlands.	Initiële bodemverlaging: benadeling van bodemflora en fauna.	Stuwvolume van 14.1miljoen m <sup>3</sup> water kan bij afsluiten de waterkwaliteit benedenstroms beïnvloeden (verandering van concentraties zuurstof en saliniteit)	<b>Beoordeling:</b> <b>-20%</b>
Tevens toename natuurwaarde tussen Hebrum en Papenburg	Benadeling mariene leven door sedimentatie en resuspensie van zwevende deeltjes.	<i>Beoordeling: -20%</i>	<i>Beoordeling: 0 tot -20%</i>	
<i>Beoordeling: +20%</i>	<i>Beoordeling: -10%</i>			

#### Overige functies.

Overstromingsbeheersing, veiligheid	Landbouw	Navigatie, belangen overige scheepvaart.	Beoordeling
Toename komberging Unterems (niet noodzakelijk)	Afname opbrengst gewassen, doordat de lange stuwfase reeds in september kan plaatsvinden.	Potentiële lange wachttijden voor scheepvaart. Toename beschikbare waterdiepte (overbodig).	<b>Benadeling van 2 overige functies.</b>

### 9.3.3.4 Strategie 6

#### Beschrijving strategie 6

Maatregel 1: Bodemverlaging met komberging vergroting.  
 Maatregel 2: Zomerdijkjes+ in-/uitwateringsvoorzieningen.  
 Maatregel 3: Duitse plannen sluitingsprocedure keringen.  
 Maatregel 4: Winterstuwfase dec.- ½april.  
 Maatregel 6: Diepgang verkleining schip.  
*Bodemligging 6.5m-NN, stuwepeil 2.0m+NN, diepgang schip 7.8m.*

#### Kosten.

Investering eenmalig (miljoenen guldens)	Jaarlijks terugkerende kosten(miljoenen guldens)	Kosten totaal
Bodemverlaging: 20 miljoen (2,3 miljoen m <sup>3</sup> ). Creëren komberging: Aankoop grond= 25miljoen; Afgraven grond=100miljoen; Aankoop stort=25miljoen. Geen rekening gehouden met opbrengst van eventuele klei.  Aanleg zomerdijkjes: lengte ca. 60km, =3miljoen; aankoop land=4miljoen; in-/uitwateringsvoorzieningen= 15miljoen <i>Totaal: 192miljoen gulden.</i>	Onderhoud bodemverlaging Unterems: 2 miljoen Onderhoud gecreëerde komberging: 5 miljoen Onderhoud zomerdijkjes: ½ miljoen Onderhoud in-/uitwateringsvoorzieningen: 2miljoen Afvaart per schip met diepgang verkleining van 0.5m: 20miljoen <i>(bijlageXVII)</i>  <i>Totaal jaarlijkse kosten: Bij 2 afvaarten per jaar 49.5miljoen gulden.</i>	<b>Investering:</b> <b>192 miljoen gulden.</b>  <b>Jaarlijks:</b> <b>49.5 miljoen gulden.</b>

#### Ecologie.

Natuurwaarde uiterwaarden van de Unterems	Waterkwaliteit Unterems en Leda-Jumme gebied (zuur-stofgehalte etc.).	Kwaliteit bodem Unterems	Waterkwaliteit Außenems en Dollard (zuurstofgehalte en saliniteit)	Netto effect op ecologie
Toename natuurwaarde uiterwaarden tussen Papen-burg en Hebrum	Waterkwaliteit toename door aanleg van waterzuiverende wetlands. Benadering mariene leven ->sedimentatie en resuspensie van zwevende deeltjes.	Initiële bodemverlaging: benadering van bodemflora en fauna.	Stuwvolume van 15.3miljoen m <sup>3</sup> water kan bij afsluiten de waterkwaliteit beïnvloeden (verandering van concentraties zuurstof en saliniteit).  <i>Beoordeling: 0 tot -20%</i>	<b>Beoordeling:</b> <b>-20%</b>
Positieve effecten voor broedvogels.	Maximale lengte van de stuwfase van 3 etmaal in combinatie met stuweriode dec. t/m ½april..  <i>Beoordeling: +20%</i>			

#### Overige functies.

Overstromingsbeheersing, veiligheid	Landbouw	Navigatie, belangen overige scheepvaart.	Beoordeling
Toename komberging Unterems. (niet noodzakelijk).	Toename opbrengst gewassen i.v.m. bescherming door zomerdijkjes.	Potentiële lange wachttijden voor scheepvaart. Toename beschikbare waterdiepte (overbodig).	<b>Lichte benadering van overige functies van de Unterems.</b>

### 9.3.4 Keuze strategie.

Strategie	Beschrijving strategie	Kosten	Netto effect ecologie	Overige functies
2	Maatregel 1: Bodemverlaging in combinatie met komberging vergroting. Maatregel 3: Duitse plannen sluitingsprocedure keringen. Maatregel 6: Diepgang verkleining schip door het elders af te bouwen. <i>Bodemligging 6.5m-NN, stuweil 1.7m+NN, diepgang schip 7.5m</i>	Initiële investering: 170 miljoen Jaarlijkse kosten: 61 miljoen	0% - Afname bodemkwaliteit. - Toename kwaliteit uiterwaarden	Niet beïnvloed
3	Maatregel 2: Zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen. Maatregel 3: Duitse plannen sluitingsprocedure keringen. Maatregel 4: Optimaal aanwenden van de natuurlijk aanwezige water: winterstuwfase dec.- ½ apr. Maatregel 6: Diepgang verkleining schip door het elders af te bouwen. <i>Bodemligging 5.8m-NN; stuweil 2.5m+NN; diepgang schip 7.6m.</i>	Initiële investering: 27 miljoen Jaarlijkse kosten: 54.5 miljoen	-10% - vnl. benadeling van mariene leven.	Potentiële lange wachttijden voor overige scheepvaart.
5	Maatregel 1: Bodemverlaging in combinatie met komberging vergroting Maatregel 3: Duitse plannen sluitingsprocedure keringen. Maatregel 5: Compensatie van verlies natuurwaarde uiterwaarden, door aanleg soortgelijke gebieden elders Maatregel 6: Diepgang verkleining schip door het elders af te bouwen. <i>Bodemligging 6.5m-NN; stuweil 1.9m+NN; diepgang schip 7.7m.</i>	Initiële investering: 215 miljoen Jaarlijkse kosten: 53 miljoen	-20% - vnl. benadeling van mariene leven.	Afname mogelijkheden voor landbouw op de uiterwaarden.  Potentiële lange wachttijden voor de scheepvaart.
6	Maatregel 1: Bodemverlaging met komberging vergroting. Maatregel 2: Zomerdijkjes+ in-/uit-wateringsvoorzieningen Maatregel 3: Duitse plannen sluitingsprocedure keringen. Maatregel 4: winterstuwfase dec.- ½ apr. Maatregel 6: Diepgang verkleining schip. <i>Bodemligging 6.5m-NN, stuweil 2.0m+NN, diepgang schip 7.8m.</i>	Initiële investering: 192 miljoen Jaarlijkse kosten: 49.5 miljoen	-20% - vnl. benadeling van mariene leven.	Potentiële lang wachttijden voor de scheepvaart.

Tabel: Samenvatting beoordeling strategieën.

Opvallend is dat de enige strategie (strategie 2) die (netto) geen achteruitgang van de ecologie/natuurwaarde tot gevolg heeft, geen gebruik maakt van het opstuwen van de Unterems. Eveneens opvallend zijn de min of meer gelijke jaarlijkse kosten van de verschillende strategieën. De oorzaak hiervoor is te vinden bij het grote aandeel dat het afbouwen van Meyer-werf schepen elders hierin heeft.

Wellicht is het verstandig de kosten van deze strategieën in het licht van de (geschatte) kosten van de Emskering te zien. De geschatte kosten van de Emskering incl. ‘alle facetten’ zijn ca. 1,5 miljard gulden. Een afbetaling in 10 jaar met verwaarlozing van rentevoet en inflatie kost dan 150 miljoen/jaar. In het licht van dit getal zijn de kosten van de strategieën groot en kan geconcludeerd worden dat de onderlinge verschillen in kosten niet te verwaarlozen zijn.

De tabel (vorige blz.) geeft aan dat strategie 2 en 3 de minste ecologische achteruitgang met zich meebrengen. Strategie 2 met netto geen afname van natuurwaarde is erg prijzig. Strategie 3 brengt wel een kleine netto afname van natuurwaarde met zich mee maar is verre weg de goedkoopste strategie(de initiële investering is verre weg de kleinste). Strategie 2 is een goede tweede optie, echter de hoge kosten en twijfels over de effectiviteit van strategie 2 (invloed van creëren extra komberging op morfologie is niet in een morfologisch model getoetst), doet de voorkeur geven aan de gemakkelijker realiseerbare strategie 3.

Strategie 3 is het alternatief voor de Duitse plannen om een veilige, economische doch ecologie vriendelijke afvaart van een Meyer-werf schip ( $L=300m$ ;  $B=38m$ ;  $D_{initieel}=8.3m$ ) te bewerkstelligen.

## 9.4 Toelichting strategie 3.

### 9.4.1 De maatregelen.

Strategie 3 combineert een aantal maatregelen teneinde een waterdiepte van 8.3m te bewerkstelligen (bodemligging minimaal 5.8m-NN; stuweil 2.5m+NN), zonder veel ecologische bezwaren. Tevens maakt deze strategie gebruik van een maatregel die het afbouwen van het schip elders mogelijk maakt. Door combinatie van vergrote waterdiepte (8.3m) en verkleinde diepgang van het Meyer-werf schip van 8.3m naar 7.6m kan een afvaart plaatsvinden.

Naast de verschillende maatregelen van strategie 3 worden de mitigerende - en compenserende maatregelen grotendeels uitgevoerd, zoals die voor de Duitse plannen zijn opgesteld (zie Hf. 4). Met enige aanpassing van de periode waarin de winterstuwfase plaatsvindt.

#### *De maatregelen van strategie 3:*

- Aanleggen van zomerdijkjes over het traject Hebrum-Gandersum (zie fig. 9.3).

Over het gehele stuwpand (Hebrum, Ledakering, Emskering) worden zomerdijkjes aangelegd (indien nog niet aanwezig) tot een hoogte van minimaal 2.7m+NN (2.5m+NN + overhoogte 0.2m). De zomerdijkjes worden langs de huidige oever gelegd (waterlijn bij HHW) ook daar waar gebieden met hoge natuurwaarde liggen. De zomerdijkjes worden uitgevoerd met in-/uitwateringsvoorzieningen om afname van natuurwaarde door de zomerdijkjes te voorkomen. In-/uitwateringsvoorzieningen bij de uiterwaarden tussen Hebrum en Papenburg zijn niet strikt noodzakelijk ter voorkoming van afname van natuurwaarde ten opzichte van de huidige situatie aangezien er reeds zomerdijkjes liggen. Vanuit kosten oogpunt wordt wel gerekend op aanleg van in-/uitwateringsvoorzieningen in dit gedeelte van de Unterems.

Met deze maatregel is bereikt dat een stuwwolume van ongeveer 15.3 miljoen m<sup>3</sup> water benodigd is voor het bereiken van een stuweil van ongeveer 2.5m+NN zonder dat er afname van natuurwaarde plaatsvindt op de uiterwaarden. Tevens is bereikt dat het stuwwolume dat afgelaten moet worden verkleind is. Het voordeel hiervan is dat de verwachte constructieve problemen voor de Emskering m.b.t. het aflatlen van het stuwwolume en de eventueel ecologie problemen voor de Dollard en de Außenems kleiner zijn.

- Duitse plannen m.b.t. het sluiten van de keringen teneinde een hoog initieel peil in de Unterems te bewerkstelligen en de opslag van een aanzienlijk volume water in het Leda-Jumme gebied te realiseren (zie fig. 9.5 beheer keringen)

Hiermee wordt bereikt dat een initieel peil van 1.7m+NN in de Unterems wordt bereikt. Tevens is een initieel peil van ca. 1.7m+NN in het Leda-Jumme gebied haalbaar, zodat in een later stadium de waterschijf tussen 1.7m+NN en 0.5m+NN (ca. 4miljoen m<sup>3</sup> water) afgemaald kan worden ten behoeve van het opstuwen van de Unterems.

- Natuurlijke toevoer van water optimaal benutten -> verschuiven van periode waarin afvaart plaatsvindt +optimaal aanwenden van water uit omliggende gebieden.

De winterstuwfase vindt plaats in de periode dec. t/m half apr. ( $4\frac{1}{2}$ mnd.). Dit heeft als voordeel dat er een bovenafvoer van minimaal  $25m^3/s$  beschikbaar is (minimale afvoer waarbij afvaart plaatsvindt). Een ander voordeel is dat in deze periode een hoog zuurstofgehalte in het water aanwezig is. Dit heeft als effect een mindere belasting van het mariene leven gedurende een stuwfase en kleinere kans op afgelasting van de afvaart in verband met te lage initiële zuurstofgehaltes ( $O_2 > 4mg/l$ ).

Verder wordt er 7 miljoen  $m^3$  water uit gebieden bovenstroms van Hebrum gehaald en 4 miljoen  $m^3$  water uit het Leda-Jumme gebied.

- Bodemverlaging in het traject Wachtplaats-Emden tot 7.0m-NN.

Nadat de afvaart van het Meyer-werf schip over de opgestuwde Unterems van Hebrum tot de Wachtplaats (vlak voor de Ems-kering) is afgerond, moet het schip nadat het stuwwolume is afgelaten vanaf de wachtplaats naar het diepere Emder-fahrwasser varen. Hiervoor is een bodemligging van ca. 7.0m-NN benodigd. In de praktijk betekent dit dat er enkele hogere stukken van 6.5m-NN moeten worden verwijderd.

- Verkleining van diepgang van het schip door elders afbouwen van het schip.

Door het samenvoegen van ongeveer 16 segmenten (voorzien van interieur) te Eemshaven (na afvaart over de Unterems) kan een diepgang verkleining van ca. 0.7m op de originele diepgang van 8.3m worden behaald. Met deze diepgang verkleining kan een veilige afvaart met voldoende keel clearance plaatsvinden in combinatie met de voorgaande maatregelen.

## 9.4.2 Het waterbeheer.

### 9.4.2.1 Verloop stuwfase bij $Q_{ems}=25m^3/s$

De tijdstippen waarop sluiting en opening van de keringen plaatsvindt (Ems-kering, Leda-kering en de stuw te Hebrum) bij een minimale bovenafvoer ( $Q_{ems}=25m^3/s$ ) is in fig. 9.5 en fig. 9.6 toegelicht. Het verloop van de waterstand op de Unterems tijdens en na het afsluiten van het stuwwolume is in fig. 9.7 geïllustreerd.

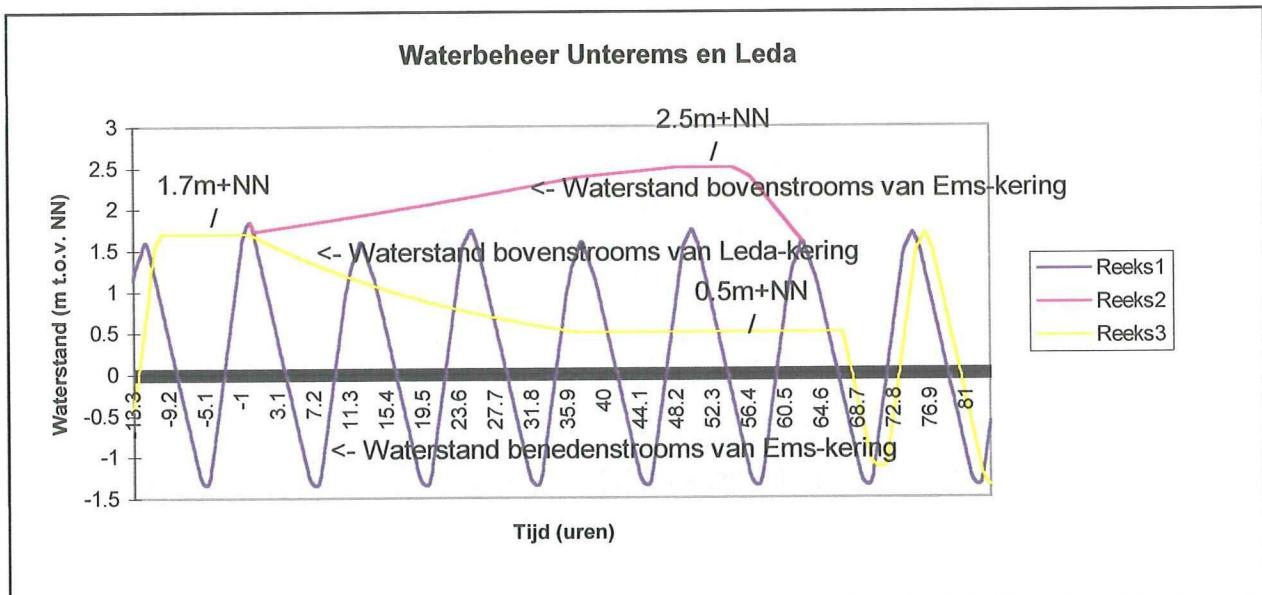


Fig. 9.5: Verloop waterstanden Unterems en Leda bij  $Q_{ems}=25m^3/s$ , tijdsduur stuwfase ca. 62u.

Voor de totale stuwfase (sluiten Emskering - openen Emskering) is ruim 62uur beschikbaar. Max. 48 uur hiervan is beschikbaar voor het stuwen, max. 8 uur is beschikbaar voor de afvaart ( $32.5\text{km} / 5\text{km/u} = 6.5\text{uur}$ ) en max. 8 uur is beschikbaar voor het afsluiten van het stuwwvolume. De periode waarin afvaart plaatsvindt en waarin gespuid wordt heeft een overlap van 2uur. Dit is mogelijk, omdat de benodigde keel clearance voor het schip afneemt naarmate het profiel van de Unterems verwijdt. De minimale bodemligging van  $5.8\text{m+NN}$  komt echter nog voor tot vlakbij Gandersum.

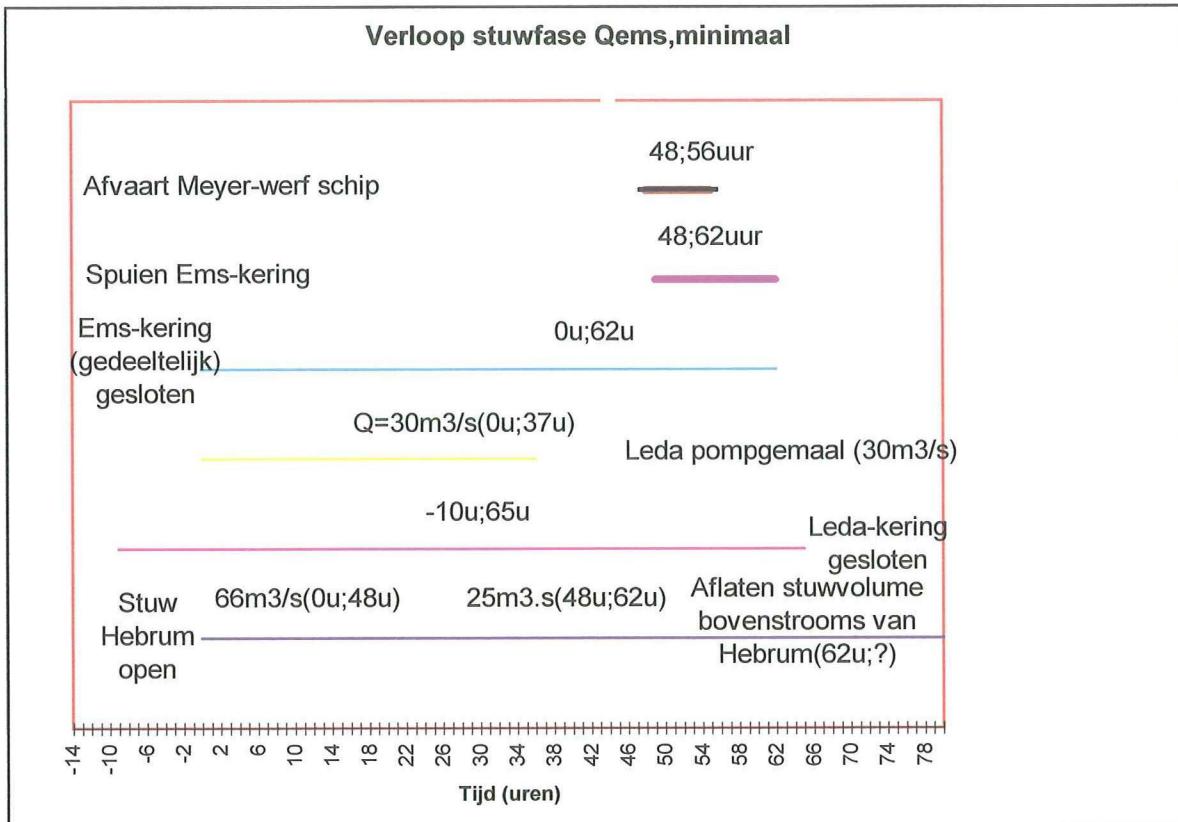


Fig. 9.6: Tijdschema voor het beheer van de keringen bij  $Q_{ems}=25m^3/s$ , tijdsduur stuwfase ca. 62u.

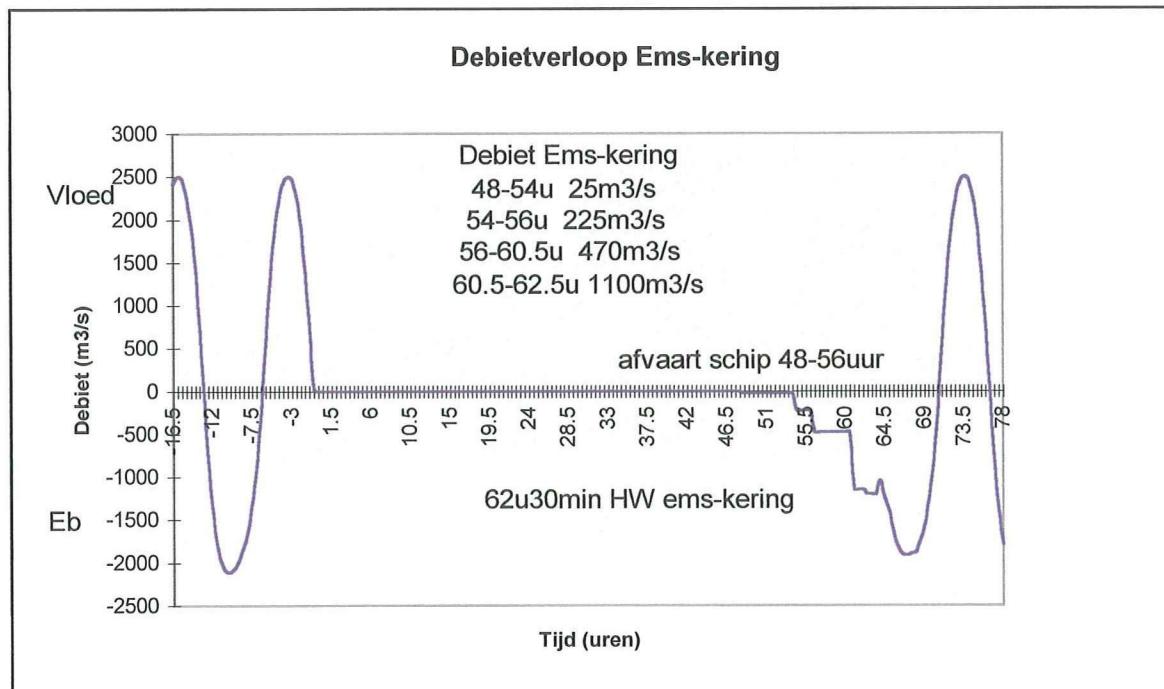


Fig. 9.7: Verloop van de debieten ter plaatse van de Ems-kering bij een stuwfase met  $Q_{ems}=25m^3/s$  in combinatie met strategie 3.

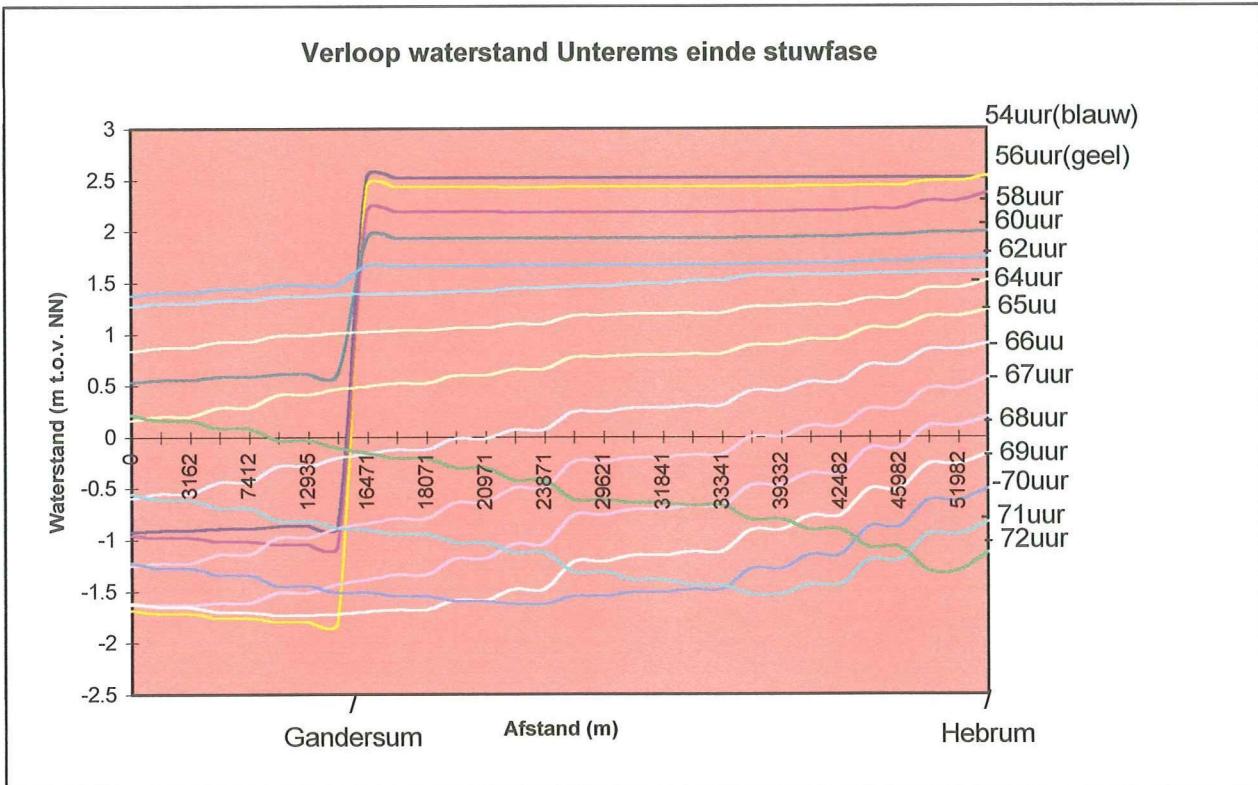


Fig.9.8: Verloop waterstand op de Unterems ten tijde van het afslaten van het stuwwolume. Stuwfase bij  $Q_{ems}=25m^3/s$ ; tijdsduur stuwfase ca. 62u.

#### 9.4.2.2 Verloop van de stuwfase bij $Q_{ems}=200m^3/s$

Het verloop van de stuwfase bij  $Q_{ems}=200m^3/s$  en  $Q_{leda}=Q_{leda-pompgemaal}=30m^3/s$  is in fig. 9.9 en fig. 9.10 toegelicht. Dit is naar schatting de maximale afvoer waarbij nog een veilige afvaart kan plaatsvinden. Bij hogere afvoeren treden te hoge stroomsnelheden op voor een afvaart en vermindert de veiligheid van het achterland (bovenstrooms van Hebrum) vanwege de afname van de bergende capaciteit.

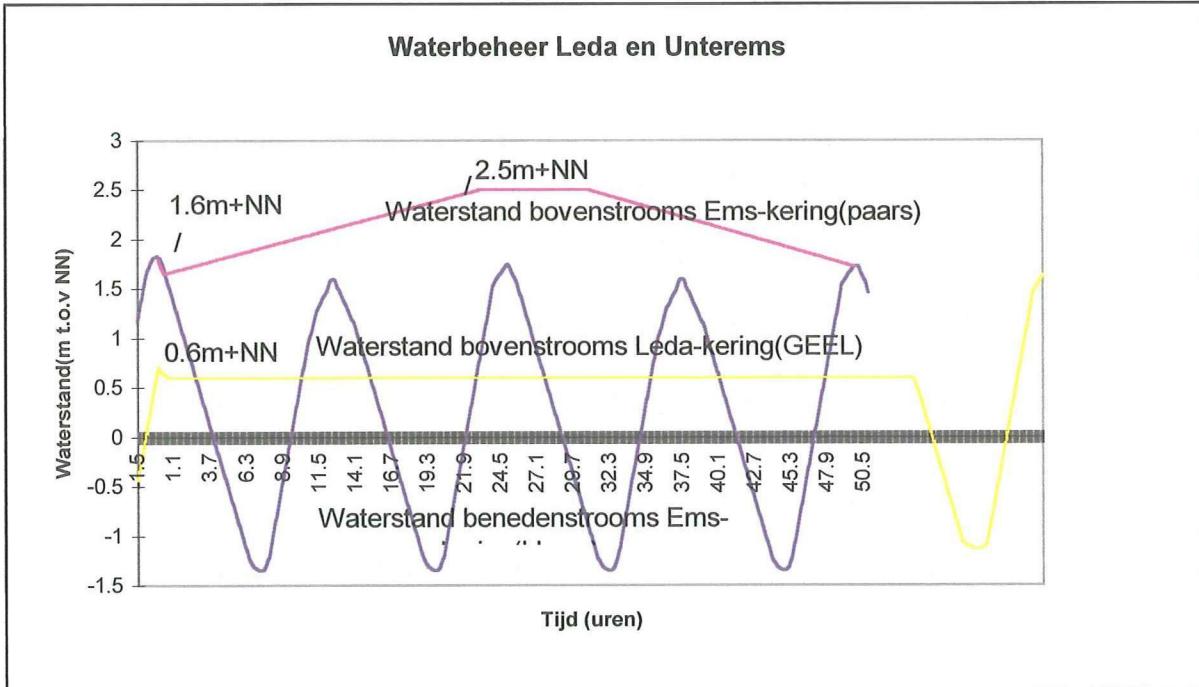


Fig. 9.9: Verloop van de waterstand benedenstrooms en bovenstrooms van de Ems-kering bij  $Q_{ems}=200m^3/s$ , tijdsduur stuwfase ca. 50u.

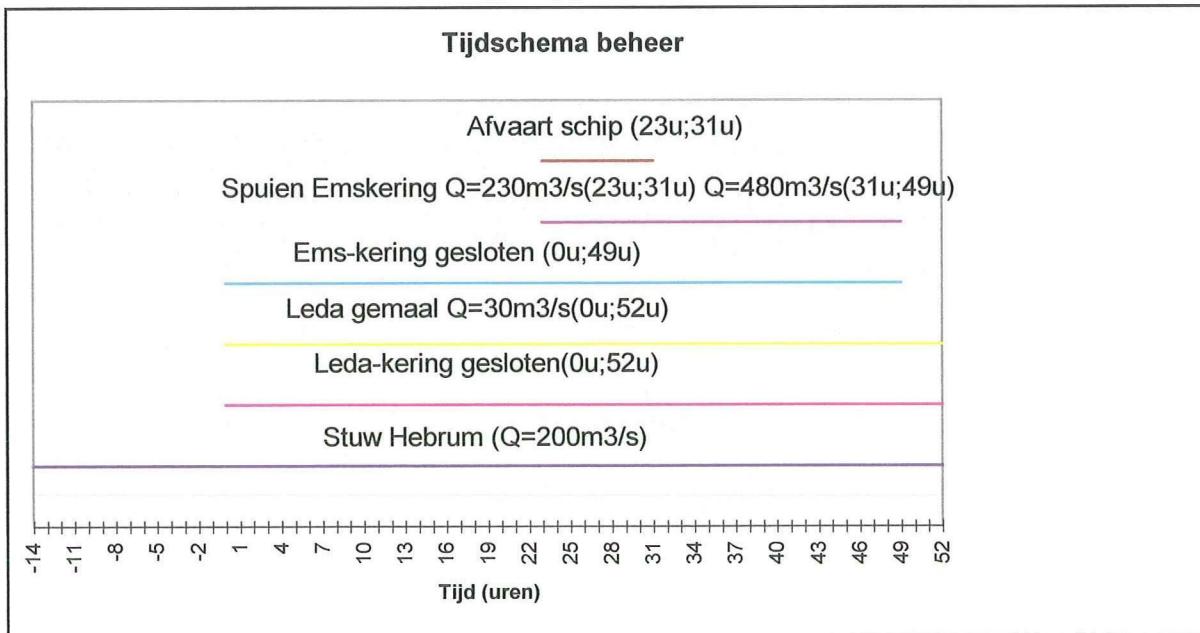


Fig. 9.10: Tijdschema voor het beheer van de keringen bij  $Q_{ems}=200m^3/s$ , tijdsduur stuwfase ca. 50u.

## **9.5 Terugkoppeling/conclusie.**

### **9.5.1 Algemeen.**

Het eindresultaat van het besluitvormingsproces moet nu gecontroleerd worden. De vraag is in hoeverre de geproduceerde strategie aan het in de doelstelling geformuleerde streven voldoet.

### **9.5.2 Toetsing strategie aan doelstelling.**

Strategie 3 (zie 9.4 en 9.3.3.2) maakt een afvaart van het Meyer-werf schip mogelijk. In welke mate zijn de doelen behaald.

1. Het voorkomen van onderhoudsbaggerwerkzaamheden en afname van kwaliteit van de rivierbodem (financieel en ecologisch belang).

De strategie voorziet in het behoud van de huidige bodemligging (zie Hf 2:situatiebeschrijving) m.u.v. kleine aanpassingen aan de bodemligging op het traject Wachtplaats -

Emder-fahrwasser. Er zijn dan ook geen veranderingen ten opzichte van de huidige situatie m.b.t. de onderhoudsbaggerwerkzaamheden en de kwaliteit van de bodem te verwachten.

2. Het beperken/voorkomen van afname natuurwaarde uiterwaarden (ecologisch belang).

Met behulp van de zomerdijkjes in combinatie met in-/uitwateringsvoorzieningen zijn de uiterwaarden beschermd tegen langdurig onder water staan en het afzetten van lagen slib op de uiterwaarden gedurende de stuwfase. De in-/uitwateringsvoorzieningen dragen zorg voor het snel afvloeien van water op de uiterwaarden na bijv. een stormvloed.

3. Het beperken/voorkomen van het gebruik van pompen in de kering (financieel en ecologisch belang).

Doel van nr.3 van de doelstelling is o.m. het voorkomen van indringing van de zouttong. Een andere betekenis is het streven naar een kleiner stuwwolume, teneinde de gevolgen als gevolg van het afslaten van dit volume voor ecologie benedenstroms en de constructie (Ems-kering) te beperken. Dit doel is redelijk gehaald doordat het stuwwolume ca. 15~ 16 miljoen m<sup>3</sup> water bedraagt i.p.v. de 23~24 miljoen m<sup>3</sup> water bij de Duitse plannen.

Met betrekking tot de drie streefpunten op ecologisch- en financieel gebied voldoet strategie 3 redelijk aan de doelstelling.

Een zorgen kindje blijft echter de waterkwaliteit. De sedimentatie en resuspensie van zwevende deeltjes en daarmee de zuurstofgehaltes blijven bij strategie 3 een minder rooskleurig punt. Bij strategie 3 voltrekt de winterstuwfase zich in perioden (dec. -½ apr.) met hoge zuurstofgehaltes. Grote schade aan het mariene leven kan zo voorkomen worden, echter lichte benadering van enkele soorten van het mariene leven (bijv. gespecialiseerde vissoorten, diertjes die op de bodemleven) kan niet vermeden worden.

Een afvaart compleet zonder ecologische bezwaren is met strategie 3 niet mogelijk.

Een mogelijkheid om afvaart zonder afname van natuurwaarde te bewerkstelligen kan door diepgang verkleining van het schip(elders afbouwen/assembleren) zeer grootschalig aan te pakken, zodat er slechts een zeer korte stuwfase benodigd is. Dit is echter een maatregel die erg kostbaar is, en de vraag is of het haalbaar is.

Het secundaire doel is om een afvaart met minimale kosten te bewerkstelligen. Bij de keuze van de meest geschikte strategie is ook gekozen voor de minst dure oplossing (9.3.3.5). Desalniettemin zijn de verwachte kosten absoluut niet klein.

Al met al is de doelstelling met strategie 3 redelijk gediend.

## 10 Invloed alternatieve strategie op ontwerp Ems-kering.

### 10.1 Inleiding.

Er is in hoofdstuk 9 een alternatieve strategie (strategie 3) gepresenteerd die een afvaart van een Meyer-werf schip mogelijk maakt met weinig ecologische bezwaren en zo klein mogelijke kosten. Strategie 3 dient als alternatief voor de Duitse plannen voor de afvaart van Meyer-werf schepen(zie HF 3).

Duidelijk is dat de aanvullende maatregelen van strategie 3 (vnl. het elders assembleren van gedeelten van het schip) erg kostbaar zijn. Hierdoor kan dit ecologie vriendelijke alternatief financieel gezien zeer moeilijk concurreren met de Duitse plannen. Er is echter een aspect dat nog niet belicht is, welke de financiële balans eventueel in het voordeel van strategie 3 kan doen tippen nl. de invloed van strategie 3 op het ontwerp van de Ems-kering. Een verandering van strategie voor de stuwfase kan namelijk gevolgen hebben voor de eisen die aan de kering worden gesteld. Als de eisen gesteld aan de kering minder hoog zijn als gevolg van een alternatief beheer tijdens de stuwfase kan er veel financiële winst worden behaald doordat de keringsmiddelen en de bodembescherming minder zwaar kunnen worden uitgevoerd.

De vraag is nu of het verschil in het waterbeheer en het beheer van de Ems-kering tussen de Duitse plannen en strategie 3 grote consequenties heeft voor het ontwerp van de kering of niet. Duidelijk moet worden welke verandering strategie 3 m.b.t. de functionele eisen heeft en welke concrete consequenties dit heeft voor de constructie.

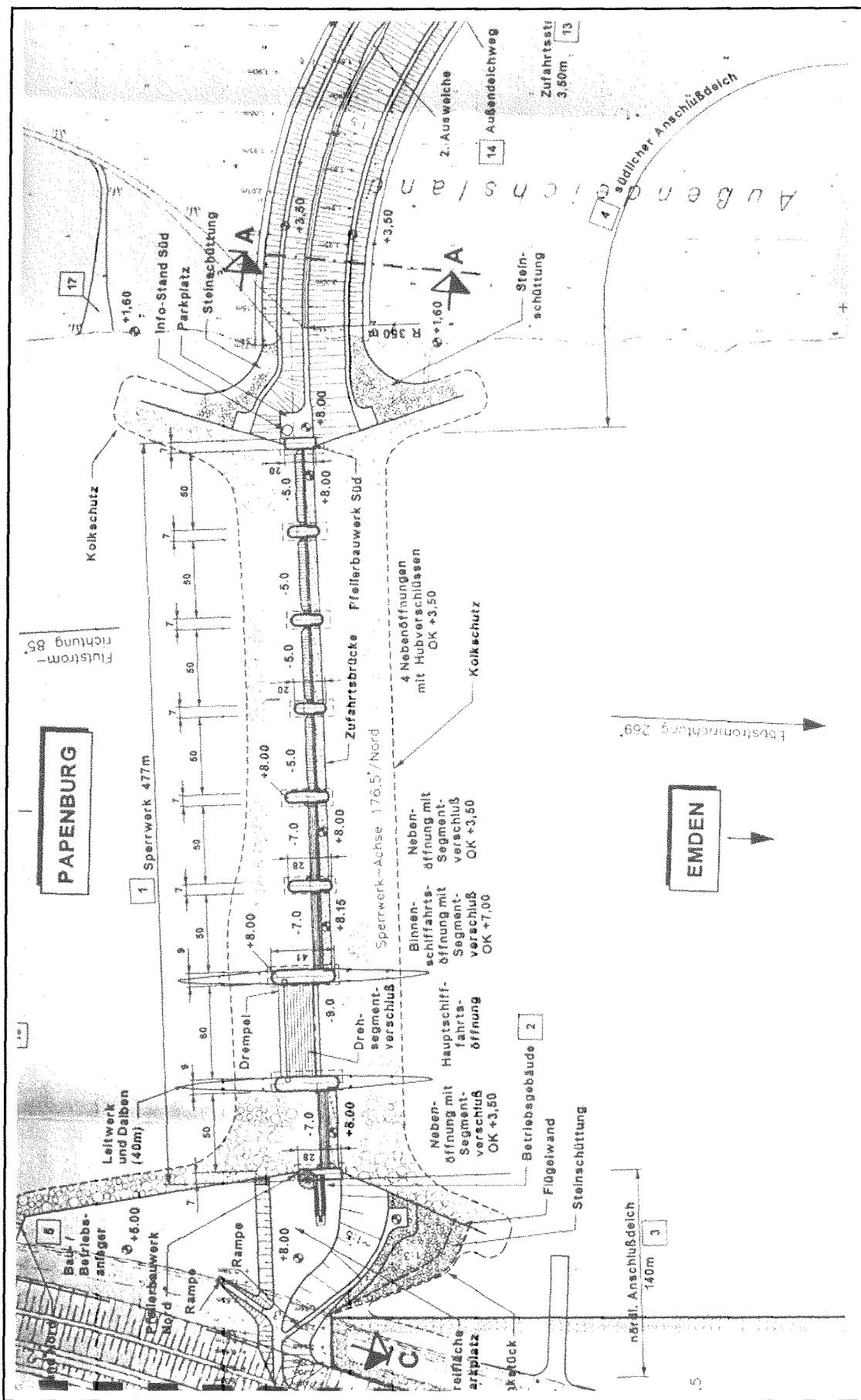
In dit hoofdstuk is allereerst voor strategie 3 (de alternatieve strategie) en de Duitse plannen het beheer van de Ems-kering voor enkele extreme situaties belicht, waaruit concrete eisen voor de constructie volgen. Tevens zijn de eisen voor de kering ten tijde van een stormvloed belicht. Vervolgens is het verschil in eisen beschouwd. Daarna volgt een beschouwing van de concrete invloeden van de veranderingen van eisen voor de constructie zelf. Tot slot volgt de conclusie.

### 10.2 De Ems-kering.

Bij het beschouwen van de invloed van de alternatieve strategie op het ontwerp van de constructie is het huidige Duitse ontwerp van de Ems-kering in ogenschouw genomen. Teneinde inzicht te krijgen in veranderingen op het ontwerp en op de mogelijkheden voor het beheerst aftalen van het stuwwolume is het ontwerp kort beschreven.

Het ontwerp bestaat uit een kering met een totale breedte van ca. 470m. De 8 doorgangen hebben een totale breedte van 410m (zie fig.10.1 en bijlage IV).

Voor het aftalen van het stuwwolume is het belangrijk op te merken dat er een keringsmiddel is die als overlaat kan dienen. De resterende 7 doorlaten bestaan uit 3 segmentschuiven en 4 verticale schuiven, welke alle onderspuiers zijn.



### 10.3 Maatgevende scenario's.

Voor de invloed van de stuwfase op de Ems-kering moeten de extreme situaties beschouwd worden. Deze scenario's zijn namelijk maatgevend voor de maximaal optredende vervallen tijdens de stuwfase, de optredende debieten tijdens het afslaten van het stuwwolume en de optredende stroomsnelheden tijdens het afslaten van het stuwwolume.

Met betrekking tot de optredende afvoer van de Ems en de Leda (Leda-pompgemaal) kunnen er twee extreme situaties optreden nl.:

$$Q_{\text{Ems}} = 25 \text{ m}^3/\text{s}; Q_{\text{Leda}} = 0 \text{ m}^3/\text{s}; \text{Lengte stuwfase ca. 3 etmaal.}$$

Dit is de laagste afvoer, waarbij nog een stuwfase kan plaatsvinden bij strategie 3.

$$Q_{\text{Ems}} = 200 \text{ m}^3/\text{s}; Q_{\text{Leda}} = 30 \text{ m}^3/\text{s}; \text{Lengte stuwfase ca. 2 etmaal.}$$

Deze situatie is een stuwfase met een maximale afvoer, waarbij nog een stuwfase kan plaatsvinden. Een afvoer van deze orde van grootte wordt als maximum gezien voor het goed verlopen van de stuwfase, aangezien een veilige afvaart bij stroomsnelheden groter dan  $1 \sim 2 \text{ km/u}$  niet gegarandeerd is en omdat de veiligheid van het achterland tegen overstromingen minder groot is.

Met betrekking tot de getijbeweging benedenstrooms van de Ems-kering is een extreme situatie maatgevend nl.:

Een situatie waarbij er door afwaaiing een zeer lage benedenstroomse waterstand ontstaat. Een minimum waterstand van 3.0m-NN te Gandersum komt zeer sporadisch voor in de huidige situatie (zie fig. 10.2). Bij een gesloten kering kan deze afwaaiing naar verwachting eveneens optreden. Echter een preciezere berekening is noodzakelijk om de invloed van een gesloten kering op de waterstand precies te achterhalen. Een uitgebreide berekening is hier niet uitgevoerd. Voor een eerste doorberekening van de extreme scenario's voldoen deze gegevens.

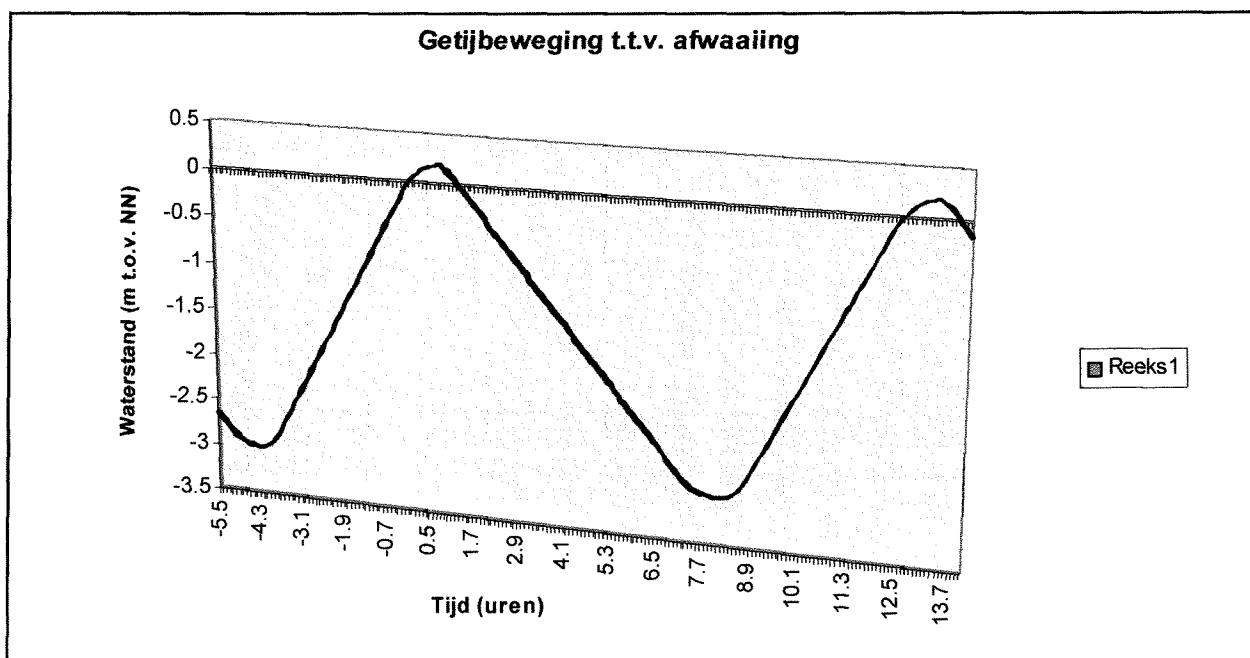


Fig. 10.2: Maatgevende situatie getijbeweging benedenstrooms van Ems-kering.

Bij een weervoorspelling die deze lage waterstand tot gevolg kan hebben (afwaaiing) kan de afvaart afgelast worden. Een 100% betrouwbare weervoorspelling voor langer dan 48uur is echter moeilijk te geven. Deze lage waterstand kan dan ook optreden in combinatie met de twee situaties m.b.t. de bovenafvoer.

Scenario 1:

$Q_{ems}=25m^3/s$  ;  $Q_{Leda}=0m^3/s$  ; Lengte stuwfase ca. 3 etmaal. Afwaaiing (zie fig. 10.2).

Scenario 2:

$Q_{ems}=200m^3/s$  ;  $Q_{Leda}=30m^3/s$  ; Lengte stuwfase ca. 2 etmaal. Afwaaiing (zie fig. 10.2).

Deze scenario's zijn beschouwd voor zowel de Duitse plannen voor de stuwfase (voor zover bekend) alsmede voor de alternatieve strategie (strategie 3).

## **10.4 Strategie 3: afleiden van eisen t.a.v. de Ems-kering.**

### **10.4.1 Algemeen.**

De functie als stuw van de Ems-kering in combinatie met extreme scenario's is in deze sectie belicht. Het doel is het creëren van duidelijke ontwerpeisen m.b.t. de spuicapaciteit, de bijbehorende vervallen, stroomsnelheden en de keuze tussen bijv. onderspuier of bovenspuier. Om dit te bereiken zijn twee extreme scenario's (hoge en lage afvoer van de Ems) in combinatie met extreem lage buitenwaterstand beschouwd.

Het waterbeheer wat de kering opgelegd krijgt is gebaseerd op strategie 3. Van belang voor het beheer van de Emskering tijdens de stuwfase (vnl. tijdens het afsluiten van het stuwwolume) is het gehanteerde stuweil (2.5m+NN), het stuwwolume (15.3 miljoen m<sup>3</sup> water), de toevoer van water (vnl. de afvoer van de Ems) en de tijd beschikbaar voor het afsluiten van het stuwwolume.

#### *Ecologie aspect.*

Teneinde eisen voor het ontwerp van de Emskering ten aanzien van de manier van spuien (overlaat, onderspuier etc.) te kunnen formuleren moet allereerst inzicht in een mogelijk belangrijke factor worden gecreëerd. Feit is namelijk dat de ecologie van de Unterems, Außenems en de Dollard invloed ondervinden van het afsluiten van het stuwwolume. Aangezien het voorkomen van schade aan ecologie een prioriteit is kan dit aspect een rol van betekenis spelen bij het opstellen van het beheer van de kering t.t.v. het afsluiten van het stuwwolume.

De twee belangrijkste ecologieaspecten die een rol spelen zijn: de saliniteit en het zuurstofgehalte van het water. Bij het zuurstofgehalte spelen twee aspecten een rol, enerzijds mag het zuurstofgehalte niet beneden een minimum waarde komen (hierin is voorzien bij strategie 3) en anderzijds mag de verandering van zuurstofgehalte op een plaats in de tijd ( $dc_{zuurstof}/dt$ ) niet te groot zijn. Bij de saliniteit speelt de eis dat de verandering van de salinititeit op een plaats in de tijd ( $dc_{zout}/dt$ ) niet te groot mag zijn. Aangezien de verandering in de tijd van salinititeit en zuurstofgehaltes benadeling van ecologie tot gevolg kunnen hebben moet hier rekening mee gehouden worden.

Teneinde nadelige effecten te minimaliseren is er bij het opstellen van een alternatieve strategie nastreefd het stuwwolume te minimaliseren, zodat de invloed van het afsluiten van dat volume op Außenems en Dollard kleiner is. Tevens is er nastreefd om - voor zover mogelijk - de tijdsduur beschikbaar voor het afsluiten van het stuwwolume zo lang mogelijk te maken. Dit is echter in extreme situaties (lage bovenafvoer) nauwelijks mogelijk. Bij de manier van het afsluiten van het stuwwolume kan nog winst worden behaald voor ecologie door het stuwwolume d.m.v. een onderspuier af te laten i.p.v. d.m.v. een overlaat. Dit is namelijk de minst schadelijke manier voor de ecologie om watervolumes met verschillende concentraties zuurstof en salinititeit te laten mengen.

### 10.4.2 Eisen Ems-kering (strategie 3) voor de twee scenario's.

#### 10.4.2.1. Scenario 1: $Q_{\text{ems}}=25 \text{ m}^3/\text{s}$ ; $Q_{\text{Leda}}=0 \text{ m}^3/\text{s}$ in combinatie met zeer lage waterstand benedenstrooms van de Ems-kering; Lengte stuwfase ca. 3 etmaal (strategie 3).

De volgende stappen zijn doorlopen:

- Opstellen beheer kering voor afsluiten stuwwolume.
- Berekening max. spuidebieten.
- Berekening maximale vervallen treden op over de kering.
- Berekening maximale stroomsnelheden bij de kering (bodembescherming).
- *Beheer Ems-kering.*

Het beheer van de Ems-kering tijdens de stuwfase ( $h-t$ ) is opgesteld.

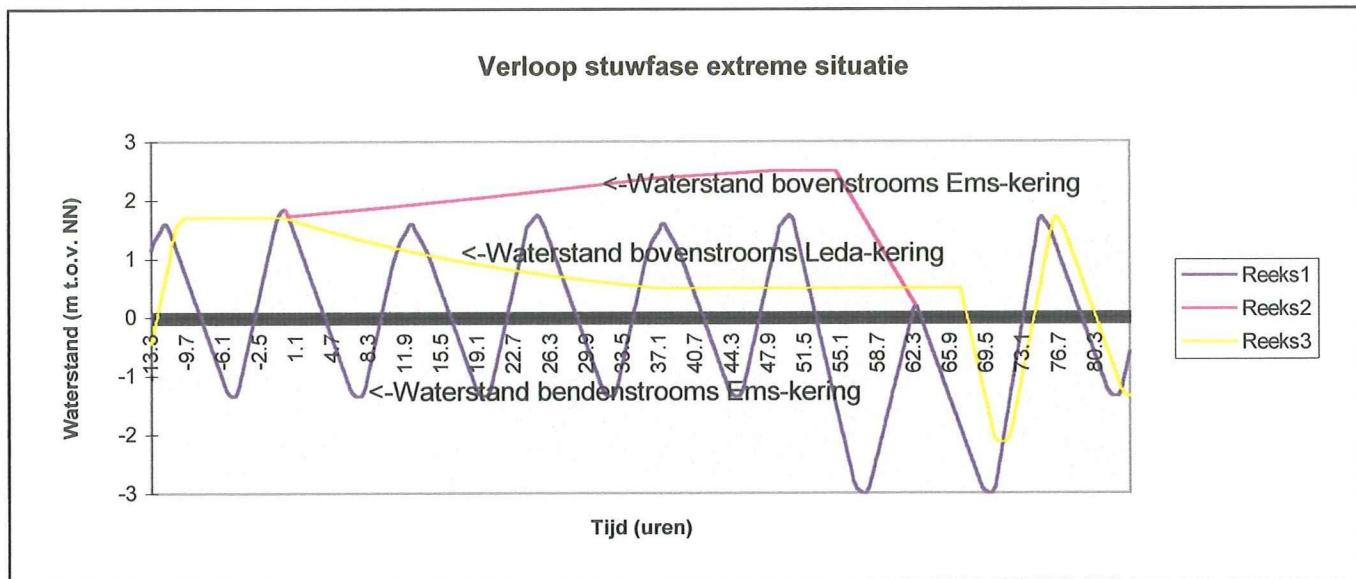


Fig.10.3: Het verloop van de waterstanden tijdens de stuwfase (strategie 3). Scenario 1:  $Q_{\text{ems}}=25 \text{ m}^3/\text{s}$   $Q_{\text{Leda}}=0 \text{ m}^3/\text{s}$  en zeer lage waterstanden benedenstrooms van de Ems-kering.

- *Debieten*

Het beheer van de Ems-kering ten tijde van het afsluiten van het stuwwolume ( $Q-t$ ) is nog niet precies bekend.

Bij het opstellen van het precieze beheer van de Ems-kering m.b.t. het afsluiten van het stuwwolume is gebruik gemaakt van de mogelijkheid om d.m.v. een overlaat de grote vervallen die optreden te verkleinen. De optredende snelheden bij een overlaat zijn nl. niet afhankelijk van het verval.

Afvoer formule overlaat:  $Q \approx 1.8 \sim 2.0 * B * H^{3/2}$ ;  $B=60m$  :  $z > 1/3H$  (zie fig. 10.6).

Bij het opstellen van het Q-t diagram is het maximale debiet wat de overlaat kan spuien gelimiteerd tot  $470m^3/s$  ( $H=2.5m$ ). Dit om schade aan de constructie te voorkomen.

Nadat de vervallen verkleind zijn d.m.v. de overlaat (verlagen van stuweil-bovenstrooms) + opkomende vloed tegen het einde van de stuwfase-benedenstrooms) kunnen de 7 onderspuiers gebruikt worden om het resterende stuwwolume af te laten.

Afvoer formule onderspuiers:  $u \approx (2g\Delta h)^{1/2}$ ;  $Q = \mu A u$ ;  $\mu = 0.7$  (zie fig. 10.4).

Bij het opstellen van het Q-t diagram, is er naar gestreefd een maximaal verval van ongeveer 2.5m te bereiken alvorens de onderspuiers geopend worden. Dit om de optredende stroomsnelheden zo klein mogelijk te houden. De stroomsnelheid direct onder de verticale schuif bij een verval van 2.5m bedraagt ca. 7m/s.

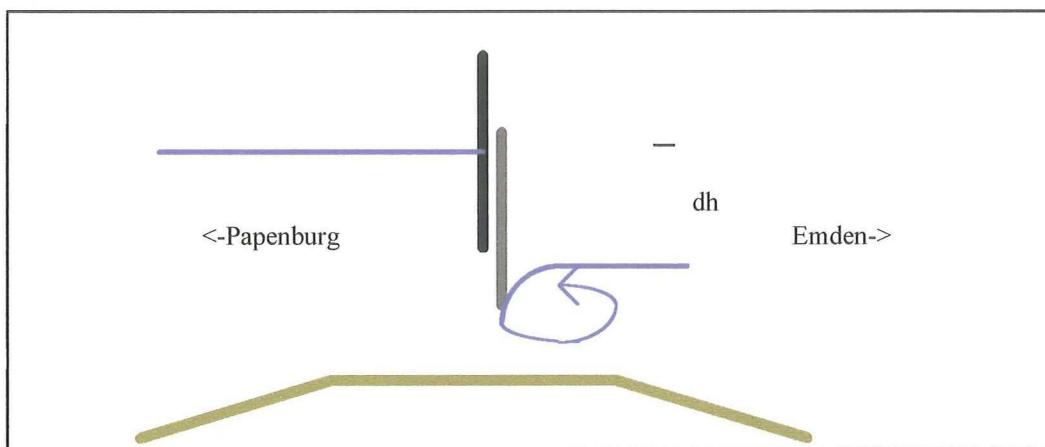


Fig. 10.4: Spuien m.b.v. een onderspuiers.

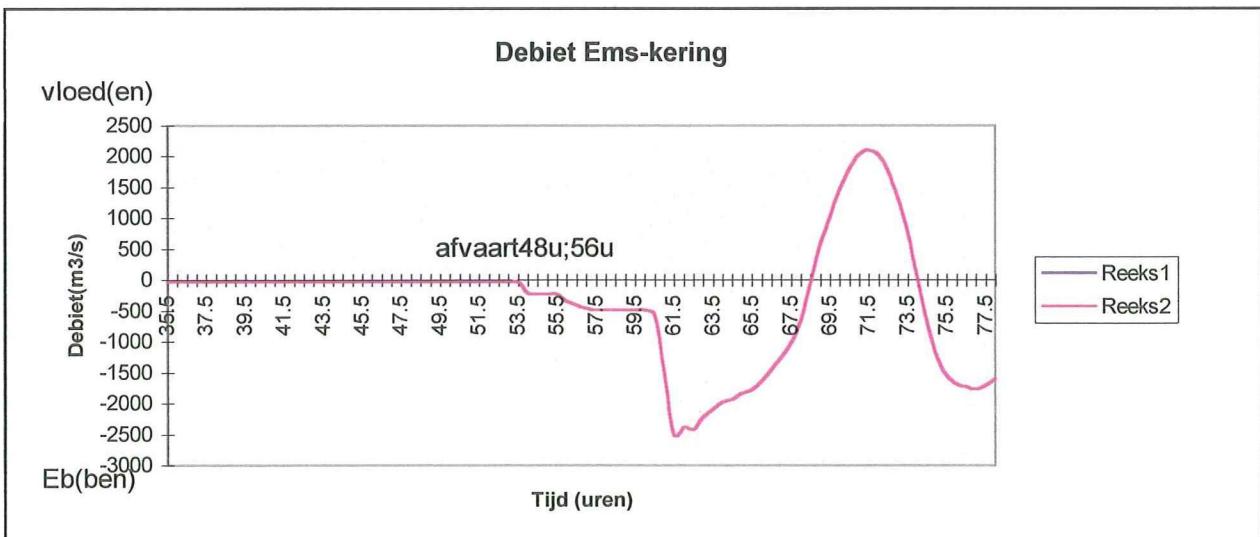


Fig. 10.5: Het spuidebiet van de Ems-kering aan het eind van de stuwfase strategie 3 (scenario 1).

Tijdsduur	debiet. max(m <sup>3</sup> /s)	max.verval	afgelaten volume(miljoen m <sup>3</sup> )
48-54uur	25m <sup>3</sup> /s (overlaat)	5.5m	n.v.t. (spuien bovenafvoer)
54-56uur	225m <sup>3</sup> /s(overlaat)	5.5m	1.4milj.m <sup>3</sup>
56-60.5uur	470m <sup>3</sup> /s(overlaat)	5.4m	7.6milj.m <sup>3</sup>
60.5-62.5uur	2400m <sup>3</sup> /s(overl.+onderspuier)	2.2m	14.0milj. m <sup>3</sup>

Tabel: De spuidebieten van de Ems-kering in de tijd bij verloop stuwfase fig. 10.3; strategie 3 (scenario 1).

- *Verval*

De maximale vervallen die over de kering optreden zijn voor strategie 3 (scenario 1) 5.5m (3.0m-NN + 2.5m+NN) (zie fig 10.3). Een overhoogte van 0.5m is in acht genomen (opwaaiing , menselijke fouten m.b.t. de bedieningen van de kering). Maximaal verval 6m (3.0m-NN + 3.0m+NN)

- *Stroomsnelheden*

Met betrekking tot de optredende stroomsnelheden waarop de bodembescherming gedimensioneerd moet worden, kunnen nu duidelijke getallen worden afgeleid.

De optredende stroomsnelheden onder de verticale schuif en over de overlaat zijn niet erg relevant aangezien hier de bodem uit beton bestaat (zie technisch tekeningen Duitse ontwerp Ems-kering Bijlage IV). De stroomsnelheden achter de Ems-kering zijn van belang. Voor de berekening van deze snelheden zijn de optredende debieten (niet het verval) van belang.

Berekening stroomsnelheid achter overlaat:

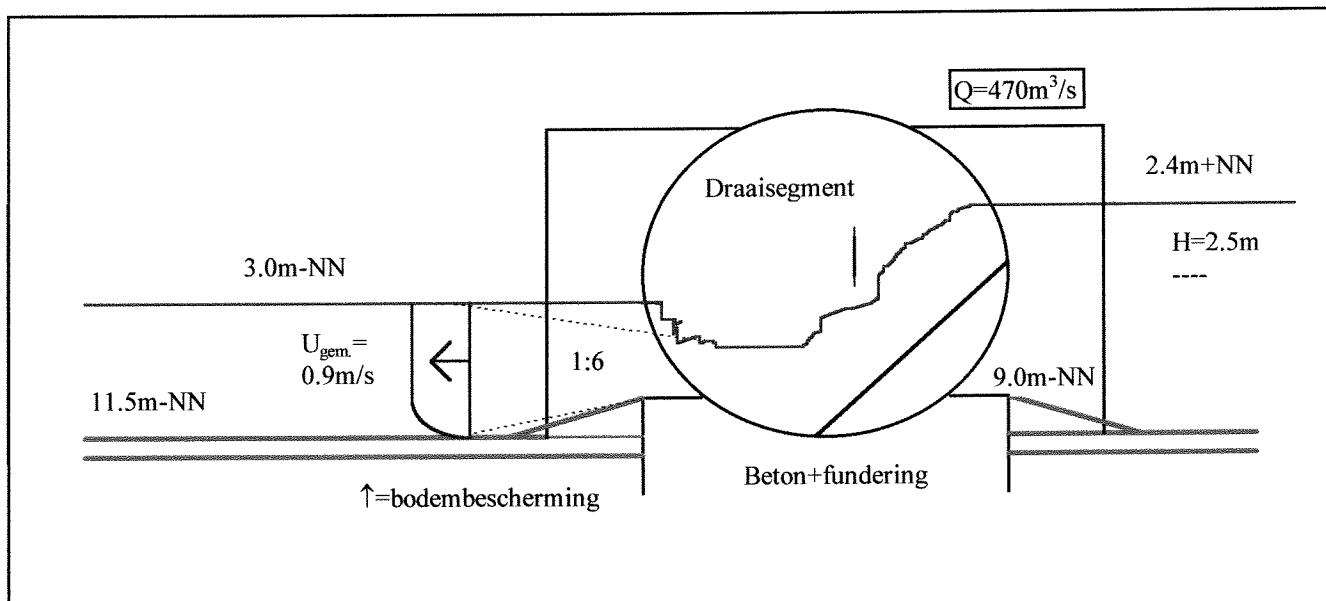


Fig. 10.6: Aflaten Q=470m<sup>3</sup>/s met overlaat; strategie 3 (scenario 1).

Doordat de mixing layers met een hoek van ca. 1:6 zich uitbreiden naar het wateroppervlak en de bodem, wordt de bodembescherming op ca. 15m achter de drempel pas volledig belast. De uitwaaiing van de stroming naar de zijkanten (gezien vanuit bovenaanzicht) is verwaarloosbaar, aangezien de constructie ( $B=60m$ ) nog een behoorlijk stuk de stroom geleidt (zie fig. 10.6).

Waterdiepte benedenstrooms =  $3.0\text{m-NN} - 11.5\text{m-NN} = 8.5\text{m}$

Breedte overlaat =  $60\text{m}$

Debit =  $470\text{m}^3/\text{s}$

De gemiddelde snelheid direct benedenstrooms van de overlaat bedraagt ca.  $470\text{m}^3/\text{s} / 8.5\text{m} \cdot 60\text{m} = 0.9\text{m/s}$  (zie fig. 10.6).

#### Berekening stroomsnelheid achter onderspuier:

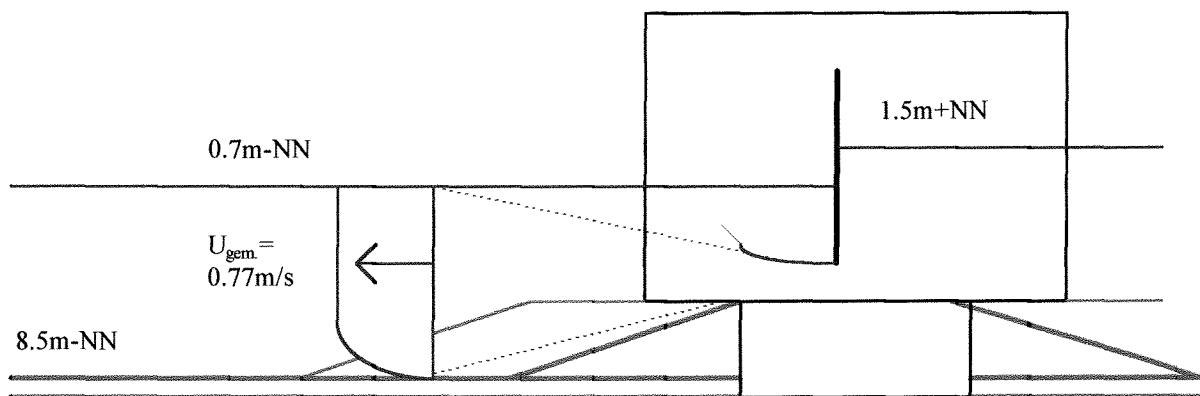


Fig.10.7: Aflaten van het stuwwolume met verticale schuif ;strategie 3,scenario 1 ( $Q=300\text{m}^3/\text{s}$ :  $dh=2.2\text{m}$ ).

Het maximaal optredende verval ten tijde van het openen van de onderspuiers bedraagt 2.2m.

Het maximaal te spuien debiet bedraagt ca.  $2400\text{m}^3/\text{s}$  (over 8 openingen);  $2400\text{m}^3/\text{s} / 8 = 300\text{m}^3/\text{s}$  per opening.

De maximaal optredende stroomsnelheid bedraagt ca.  $(20 \cdot 2.2)^{1/2} = 6.6\text{m/s}$

Echter deze snelheid treedt op over de betonnen vloer.

Doordat de mixing layers met een hoek van ca. 1:6 zich uitbreiden naar het wateroppervlak en de bodem, wordt de bodembescherming op ca. 20m achter de drempel pas volledig belast. De uitwaaiing van de stroming naar de zijkanten (gezien vanuit bovenaanzicht) is verwaarloosbaar, aangezien de constructie ( $B=50m$ ) nog een behoorlijk stuk de stroom geleidt (zie fig. 10.7).

De snelheid benedenstrooms van de kering bedraagt:

$$\text{Minimale waterdiepte benedenstrooms} = 0.7\text{m-NN} - 8.5\text{m-NN} = 7.8\text{m}$$

$$\text{Breedte onderlaat} = 50\text{m}$$

$$\text{Debit} = 300\text{m}^3/\text{s}$$

De gemiddelde snelheid direct benedenstrooms van de overlaat: ca.  $300 / 7.8\text{m} \cdot 50\text{m} = 0.77\text{m/s}$ .

Voor de segmentschuiven zijn de optredende stroomsnelheden iets kleiner aangezien de waterdiepte groter is (lagere bodemligging).

N.B. Gekozen kan worden om de debieten ongelijk over de doorgangen te verdelen, zodat de gemiddelde snelheid overall (achter elke doorlaat) precies gelijk is. Om de berekeningen simpel te houden is dat in dit stadium niet gedaan.

*Eisen.*

Verval max. = 6.0m

Stroomsnelheid max. over bodembescherming achter overlaat = 0.9m/s

Stroomsnelheid max. over bodembescherming achter onderspuier = 0.8m/s

**10.4.2.2 Scenario 2:  $Q_{ems}=200m^3/s$ ;  $Q_{Leda}=30m^3/s$  in combinatie met zeer lage waterstand benedenstrooms van de Ems-kering; Lengte stuwfase ca. 2 etmaal of 2.5 etmaal (strategie3).**

De volgende stappen zijn doorlopen:

- Opstellen beheer kering voor afsluiten stuwwolume.
- Berekening max. spuidebieten.
- Berekening maximale vervallen treden op over de kering.
- Berekening maximale stroomsnelheden bij de kering (bodembescherming).
- *Beheer Ems-kering*

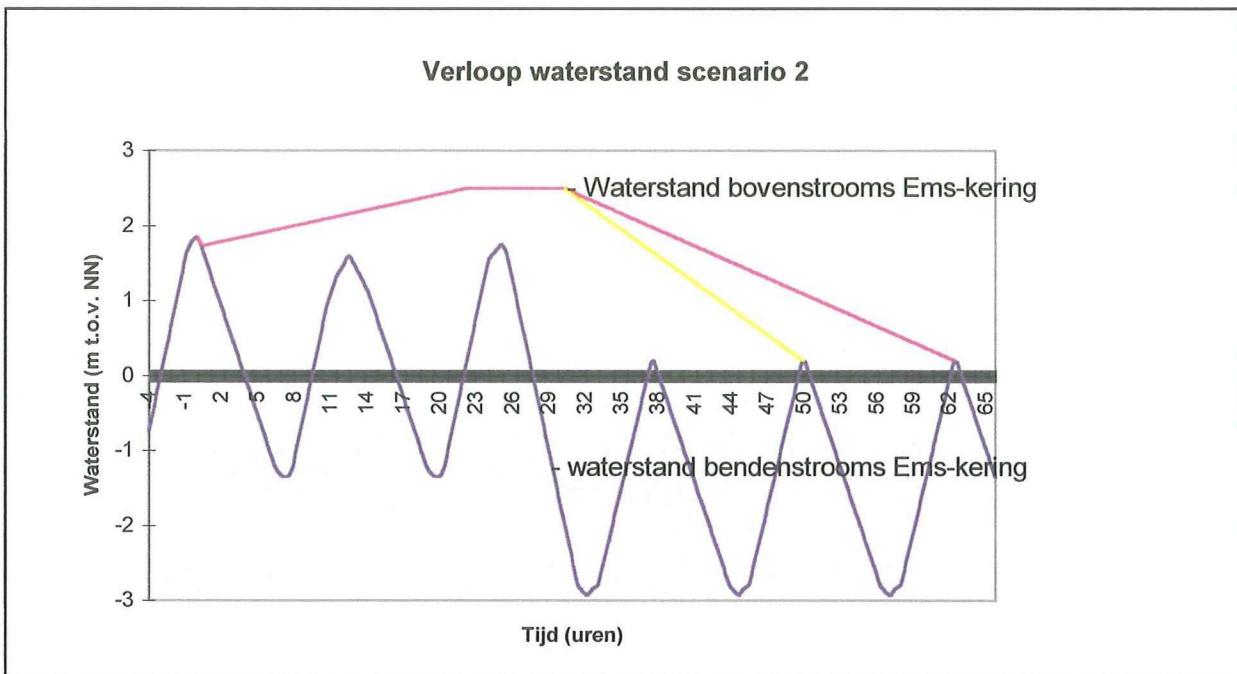


Fig. 10.7: Het verloop van de waterstanden tijdens de stuwfase; strategie 3. Scenario 2:  $Q_{ems}=200m^3/s$   $Q_{Leda}=30m^3/s$  en zeer lage waterstanden benedenstrooms van de Ems-kering.

- *Debieten.*

Voor het afsluiten van het stuwwolume is meer tijd beschikbaar bij de korte stuwfase (hoge bovenafvoer) dan bij een lage bovenafvoer, zodat er ruimte is om in te spelen op de lage benedenwaterstand door een extra getijperiode te gebruiken om d.m.v. de overlaat de waterspiegel langzaam te laten dalen (zie fig. 10.7). Voor het laten dalen van de bovenwaterstand is ca.  $240m^3/s$  van het toegestane maximale debiet van de overlaat van  $470m^3/s$  beschikbaar. De overige capaciteit van  $230m^3/s$  is nodig om de bovenafvoer af te laten.

Als bijv. gekozen wordt om de waterstand van  $2.5m+NN$  (verkleind stuwwolume d.m.v. zomerdijkjes) op de Unterems terug te brengen naar  $0.2m+NN$  d.m.v. alleen de overlaat ( $Q=470m^3/s$ ) dan is ca. 25uur benodigd. Deze tijd is indien noodzakelijk beschikbaar, het is echter niet wenselijk deze te gebruiken i.v.m. de langere wachttijd voor de scheepvaart.

Scenario 2 stelt geen hogere eisen aan de afvoercapaciteit van de Ems-kering als scenario 1 en is dan ook niet maatgevend. De langere beschikbare tijd voor het afsluiten van het stuwwolume bij scenario 2 is hier de reden voor.

- *Verval.*

Een maximaal verval van 6.0m ( $2.5\text{m+NN} - 3.0\text{m-NN} + \text{overhoogte } \frac{1}{2}\text{m}$ ) kan optreden in dit extreme geval.

Bij de berekening van de maximaal optredende vervallen is geen rekening gehouden met falen van de besturing van de kering. Dit is namelijk erg onwaarschijnlijk, omdat er vele back-up systemen in het ontwerp zijn opgenomen.

- *Stroomsnelheden.*

Bij het spuien van het stuwwolume met de overlaat treden geen grotere stroomsnelheden op dan in bij scenario 1.

*Eisen.*

Verval max. = 6.0m

#### 10.4.2.3 Eisen m.b.t. de kering strategie 3.

Met het gekozen beheer van de Ems-kering voor de twee extreme scenario's zijn duidelijke eisen voor de Ems-kering afgeleid m.b.t. de te weerstane vervallen en stroomsnelheden .

Verval over kering max.	= 6.0m
Stroomsnelheid max. achter overlaat	= 0.9m/s (bodembescherming)
Stroomsnelheid max. onder onderspuier	= 6.6m/s (verval max. 2.2m)
Stroomsnelheid max. achter onderspuier	= 0.8m/s (bodembescherming)
Spuidebiet overlaat (1 opening)	= $470\text{m}^3/\text{s}$
Spuidebiet onderlaat+overlaat(8 openingen)	= $2400\text{m}^3/\text{s}$

## **10.5 Duitse plannen: afleiden van eisen t.a.v. de Ems-kering.**

### **10.5.1 Algemeen.**

De functie als stuw van de Ems-kering in combinatie met de Duitse plannen is in deze sectie belicht. Het doel is het creëren van duidelijke ontwerpeisen m.b.t. de optredende vervallen en stroomsnelheden en de keuze tussen bijv. onderspuier of bovenspuier. Om dit te bereiken zijn de twee extreme scenario's beschouwd (zie 10.3).

Het waterbeheer wat de kering opgelegd krijgt is gebaseerd op de Duitse plannen (zie 3.3). Echter van voor het afslaten van het stuwwolume zijn de precieze beheer plannen onbekend. Dit moet dus nog opgesteld worden.

Van belang voor het beheer van de Ems-kering tijdens de stuwfase (vnl. tijdens het afslaten van het stuwwolume) is het gehanteerde stuweil (2.7m+NN), het stuwwolume (23.7 miljoen m<sup>3</sup> water; waterschijf tussen 1.7m+NN en 2.7m+NN), de toevoer van water (vnl. de afvoer van de Ems) en de tijd beschikbaar voor het afslaten van het stuwwolume( 3~5uur).

### **10.5.2 Eisen Ems-kering voor twee scenario's.**

Teneinde duidelijke eisen af te leiden voor de Emskering is het waterbeheer (Duitse plannen) in relatie tot het verloop van de stuwfase voor twee extreme situaties doorlopen.

Scenario 1 beschreven in 10.3 is iets verandert aangezien bij de Duitse plannen het 'worst case scenario' uitgaat van een bovenafvoer van 16m<sup>3</sup>/s i.p.v. 25m<sup>3</sup>/s

#### **10.5.2.1. Scenario 1: Q<sub>Ems</sub>=16m<sup>3</sup>/s ; Q<sub>Leda</sub> =0m<sup>3</sup>/s in combinatie met zeer lage waterstand benedenstrooms van de Ems-kering; Lengte stuwfase ca. 3 etmaal (Duitse plannen).**

De volgende stappen zijn doorlopen:

- Opstellen beheer kering voor afslaten stuwwolume.
- Berekening max. spuidebieten.
- Berekening maximale vervallen treden op over de kering.
- Berekening maximale stroomsnelheden bij de kering (bodembescherming).

- *Beheer Ems-kering*

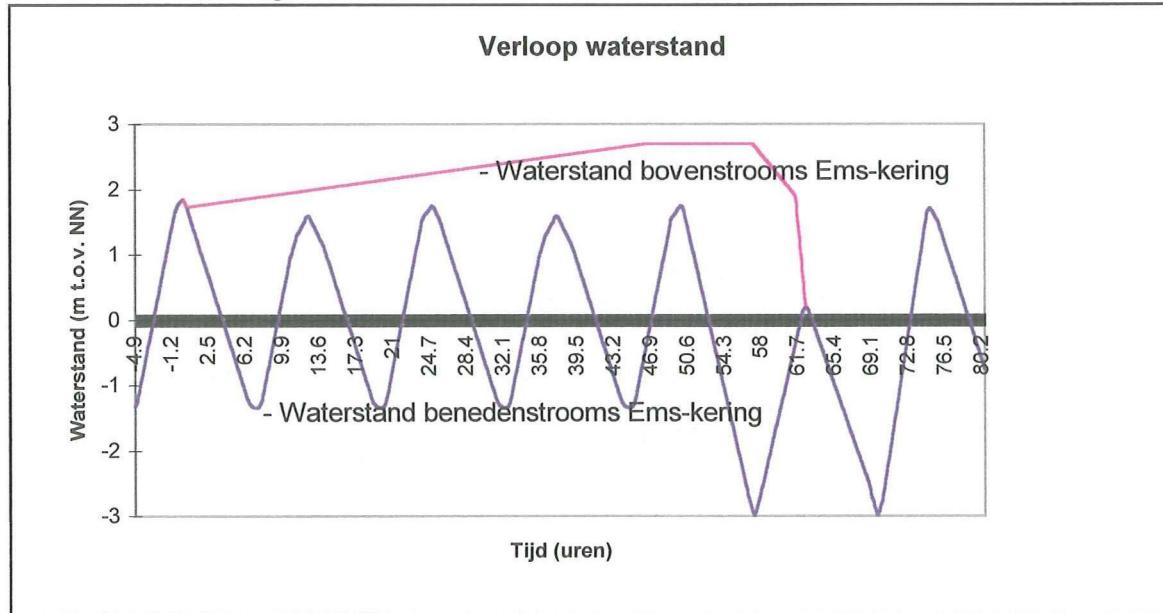


Fig.10.8: Het verloop van de waterstanden tijdens de stuwfase (Duitse plannen). Scenario 1:  $Q_{\text{ems}}=16 \text{ m}^3/\text{s}$   $Q_{\text{leda}}=0 \text{ m}^3/\text{s}$  en zeer lage waterstanden benedenstrooms van de Ems-kering.

- *Debieten.*

Het debiet dat de Ems-kering moet kunnen spuien en de stroomsnelheden die de bodembescherming moet kunnen weerstaan zijn nu geanalyseerd.

Allereerst moet er een beheer van de Ems-kering opgesteld worden voor tijdens het afsluiten van het stuwwolume. De totale tijdsduur beschikbaar voor het afsluiten van het stuwwolume is maximaal 5uur.

Tijdsduur	debiet max.( $\text{m}^3/\text{s}$ )	max.verval	afgelaten stuwwvolume(miljoen $\text{m}^3$ )
49.5-57.5uur	16 $\text{m}^3/\text{s}$ (overlaat)	5.7m	n.v.t. (spuien bovenafvoer)
57.5-60.5uur	470 $\text{m}^3/\text{s}$ (overlaat)	5.7m	4.8milj. $\text{m}^3$
60.5-62.5uur	3400 $\text{m}^3/\text{s}$ (overl.+onderspuijer)	2.7m	19.3milj. $\text{m}^3$

Tabel: De spuidebieten van de Ems-kering in de tijd voor verloop stuwfase zie fig. 10.8; Duitse plannen (scenario 1).

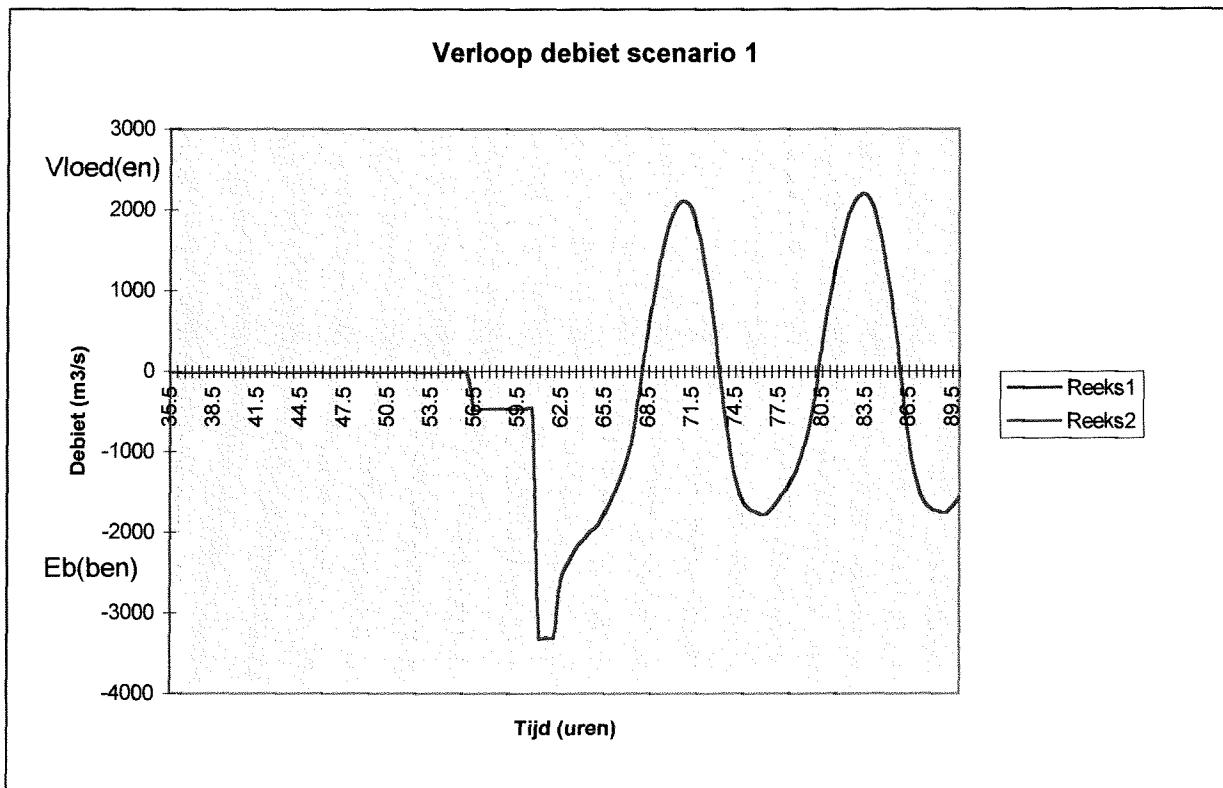


Fig. 10.9: Het spuidebiet van de Ems-kering aan het eind van de stuwfase; Duitse plannen (scenario 1).

- *Verval*

De maximale vervallen die optreden zijn  $2.7\text{m+NN} - 3.0\text{m-NN} = 5.7\text{m}$ . Een overhoogte van een  $\frac{1}{2}\text{m}$  is in acht genomen zodat het max. verval  $5.7\text{m} + \frac{1}{2}\text{m} = 6.2\text{m}$

- *Stroomsnelheden*

Berekening stroomsnelheid achter overlaat:

Stroomsnelheid die de bodembescherming achter de overlaat moet kunnen weerstaan:

Waterdiepte benedenstrooms =  $3.0\text{m-NN} - 11.5\text{m-NN} = 8.5\text{m}$

Breedte overlaat =  $60\text{m}$

Debit =  $470\text{m}^3/\text{s}$

Aangenomen is dat de stroming niet direct breed uitwaaiert.

De gemiddelde snelheid direct benedenstrooms van de overlaat bedraagt ca.  $470\text{m}^3/\text{s} / 8.5\text{m} * 60\text{m} = 0.9\text{m/s}$ .

Berekening stroomsnelheid achter onderspuijer:

Het maximaal optredende verval ten tijde van het openen van de onderspuiers bedraagt  $2.7\text{m}$  ( $2.0\text{m+NN} - 0.7\text{m-NN}$ ).

Het maximaal optredende debiet is ca.  $3400\text{m}^3/\text{s}$ .

De maximaal optredende stroomsnelheid bedraagt ca.  $(20 * 2.7)^{1/2} = 7.3\text{m/s}$

Echter deze snelheid treedt op over de betonnen vloer.

Doordat de mixing layers met een hoek van ca. 1:6 zich uitbreiden naar het wateroppervlak en de bodem, wordt de bodembescherming op ca. 20m achter de drempel pas volledig belast. De uitwaaiering van de stroming naar de zijkanten (gezien vanuit bovenaanzicht) is verwaarloos, aangezien de constructie ( $B=50m$ ) nog een behoorlijk stuk de stroom geleid (zie fig. 10.7).

De snelheid benedenstrooms van de verticale schuif bedraagt:

$$\text{Minimale waterdiepte benedenstrooms} = 0.7\text{m-NN} - 8.5\text{m-NN} = 7.8\text{m}$$

$$\text{Breedte onderlaat} = 50\text{m}$$

$$\text{Debit} = 425\text{m}^3/\text{s}$$

De gemiddelde snelheid direct benedenstrooms van de overlaat bedraagt ca.  $425 / 7.8\text{m} \cdot 50\text{m} = 1.09\text{m/s}$ .

*Eisen:*

$$\text{Verval maximaal} : 6.0\text{m}$$

$$\text{Stroomsnelheid achter overlaat} : 0.9\text{m/s}$$

$$\text{Stroomsnelheid achter onderspuier} : 1.1\text{m/s}$$

**10.5.2.2 Scenario 2:  $Q_{ems}=200m^3/s$ ;  $Q_{leda}=30m^3/s$  in combinatie met zeer lage waterstand benedenstroms van de Ems-kering; Lengte stuwfase ca. 2 etmaal of 2.5 etmaal (Duitse plannen).**

De volgende stappen zijn doorlopen:

- Opstellen beheer kering voor afralen stuwwvolume.
- Berekening max. spuidebieten.
- Berekening maximale vervallen treden op over de kering.
- Berekening maximale stroomsnelheden bij de kering (bodembescherming).
- *Beheer Ems-kering*

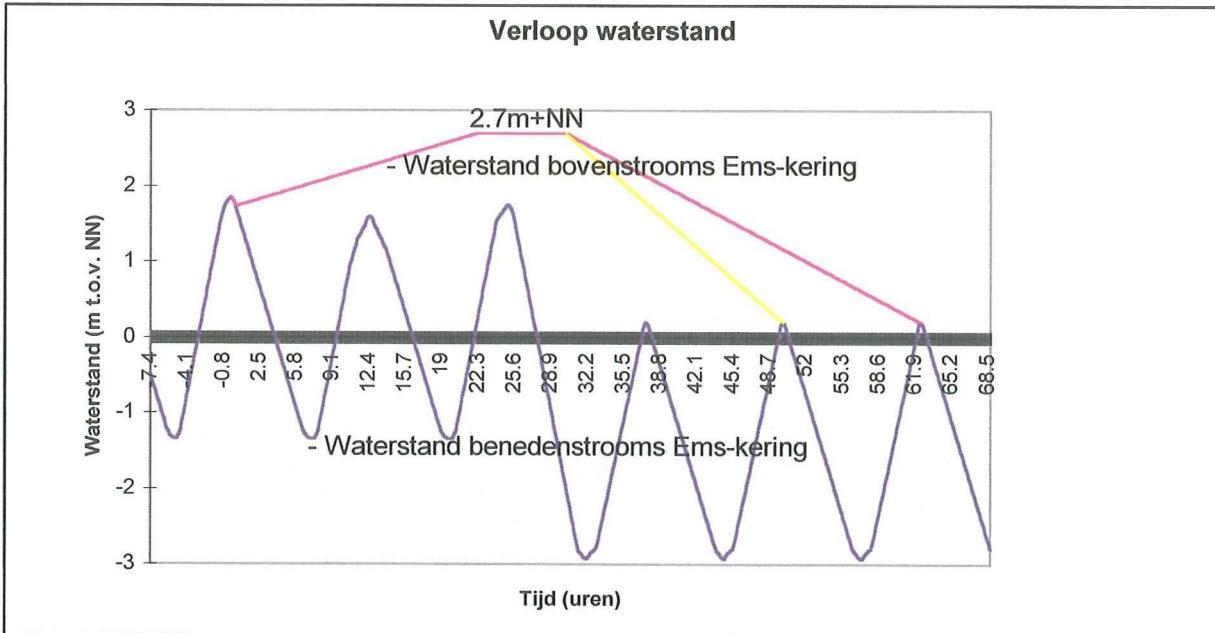


Fig. 10.10: Het verloop van de waterstanden tijdens de stuwfase, Duitse plannen. Scenario 2:  $Q_{ems}=200m^3/s$   $Q_{leda}=30m^3/s$  en zeer lage waterstanden benedenstroms van de Ems-kering.

- *Debieten.*

Voor het afralen van het stuwwvolume is meer tijd beschikbaar bij de korte stuwfase (hoge bovenafvoer) dan bij een lange stuwfase, zodat er ruimte is om in te spelen op de lage benedenwaterstand doordat een extra getijperiode gebruikt kan worden om d.m.v. de overlaat de waterspiegel langzaam te laten dalen (zie fig. 10.10). Voor het laten dalen van de bovenwaterstand is ca.  $240m^3/s$  van het toegestane maximale debiet van de overlaat van  $470m^3/s$  beschikbaar. De overige capaciteit van  $230m^3/s$  is nodig om de bovenafvoer af te laten. Echter voor het spuien van het stuwwvolume is ca. 4\* zoveel tijd beschikbaar (ca. 20uur) als bij scenario 1 (5uur). Deze situatie is niet maatgevend.

- *Verval.*

Een maximaal verval van 6.2m ( $2.7m+NN - 3.0m-NN+$  overhoogte) kan optreden in dit extreme geval.

Bij de berekening van de maximaal optredende vervallen is geen rekening gehouden met falen van de besturing van de kering. Dit is namelijk erg onwaarschijnlijk, omdat er vele back-up systemen in het ontwerp zijn opgenomen.

- *Stroomsnelheden.*

De optredende stroomsnelheden zijn niet groter dan in scenario 1 (Duitse plannen).

#### *Eisen*

Verval max.: 6.2m

#### **10.5.2.3 Eisen m.b.t. de kering Duitse plannen.**

Verval over kering max.	= 6.2m
Stroomsnelheid max. achter overlaat	= 0.9m/s (bodembescherming)
Stroomsnelheid max. onder onderspuier	= 7.3m/s (verval 2.7m)
Stroomsnelheid max. achter onderspuier	= 1.1m/s (bodembescherming)
Spuidebiet overlaat (1 opening)	= 470m <sup>3</sup> /s
Spuidebiet onderlaat+overlaat(8 openingen)	= 3400m <sup>3</sup> /s

## **10.6 Afleiden van eisen voor de Ems-kering voor een stormvloed.**

Er treden eveneens belasting situaties op voor de Ems-kering die maatgevend kunnen zijn ten tijde van een stormvloed.

- *Beheer Ems-kering*

Van belang zijnde aspecten voor de belasting van de keringsmiddelen en de bodembescherming zijn de optredende vervallen en de optreden stroomsnelheden.

De Duitse ontwerpwaterstanden voor de Ems-kering ten tijde van een stormvloed zijn een waterstand van 8.0m+NN (extreme stormvloed) en een ‘lage’ waterstand van 2.5m+NN in de Unterems.

Een voor de bodembescherming van belang zijnde eis is (ontleent aan Duitse plannen) dat de Ems-kering tussen twee stormvloeden 40 miljoen m<sup>3</sup> water moet kunnen afsluiten in twee uur. Dit ter ontlasting van de bovenstroomse zijde.

- *Debieten en stroomsnelheden.*

Als eis is gesteld (Duitse plannen voor beheer van de Ems-kering tijdens een stormvloed) dat de Ems-kering in 2 uur ca. 40 miljoen m<sup>3</sup> water moet kunnen afsluiten. Dit is ter ontlasting van de stroomopwaarts geborgen volume.

Maximaal debiet	= 5560m <sup>3</sup> /s
Debit per m <sup>1</sup> :	= 13.5m <sup>3</sup> /s/m
Waterdiepte:	= 11.5m
Maximale stroomsnelheden: q/h = 13.5m <sup>3</sup> /s/m /11.5m	= 1.17m/s

*Verval.*

De extreme situatie is ontleent aan de Duitse plannen voor het beheer van de Ems-kering ten tijde van een stormvloed.

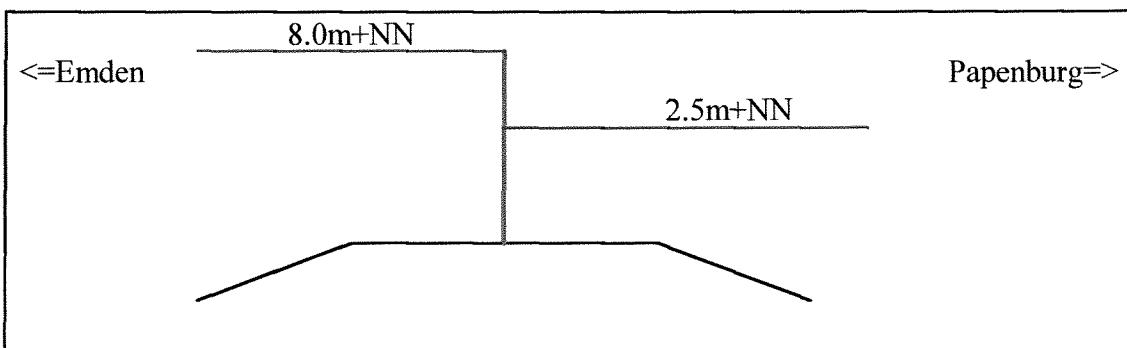


Fig. 10.11: Extreme waterstanden ten tijde van een stormvloed.

*Eisen m.b.t. de kering:*

Maximaal verval:	5.5m
Maximaal debiet (verval klein):	5560m <sup>3</sup> /s
Maximale stroomsnelheid achter onderspuier:	1.17m/s

## **10.7 Gevolgen verschillende eisen voor Ems-kering.**

### **10.7.1 Algemeen.**

Er zijn voor de extreme scenario's voor de stuwfase alsmede een extreme stormvloed eisen afgeleid waaraan de Ems-kering moet voldoen. De verschillen in eisen voor de Duitse plannen en strategie 3 voor de stuwfase en de stormvloed zijn in sectie 10.7 belicht, alsmede de concrete gevolgen die dit heeft voor de kering.

*Verschil in eisen m.b.t. de kering.*

	Strategie 3	Duitse plan	Stormvloed
Verval over kering max.:	6.0m	6.2m	5.5m
Stroomsnelheid max. achter overlaat:	0.9m/s	0.9m/s	~0.6m/s
Stroomsnelheid max. onder onderspuier:	6.6m/s	7.3m/s	~4.5m/s
Stroomsnelheid max. achter onderspuier:	0.8m/s	1.1m/s	1.17m/s
Spuidebiet overlaat (1 opening):	470m <sup>3</sup> /s	470m <sup>3</sup> /s	470m <sup>3</sup> /s
Spuidebiet onderlaat+overlaat(8 openingen):	2400m <sup>3</sup> /s	3400m <sup>3</sup> /s	5560m <sup>3</sup> /s

Tabel: Verschil in eisen voor de Ems-kering.

Met betrekking tot de optredende vervallen kan de stuwfase maatgevend zijn. De vervallen die optreden over de kering ten tijde van een stormvloed zijn weliswaar kleiner (en de resulterende kracht is de andere kant gericht), maar aangezien de waterstanden veel hoger zijn kan deze alsnog maatgevend zijn.

Met betrekking tot de optredende stroomsnelheden en debieten is de eis, dat in korte tijd een groot volume water afgelaten moet kunnen worden, maatgevend.

Kortom een eventuele winst m.b.t. het lichter uitvoeren van de bodembescherming kan niet behaald worden, aangezien de optredende stroomsnelheden tijdens (tussen) stormvloeden groter is. De mate van turbulentie is ongeveer gelijk verondersteld.

Of de keringsmiddelen eventueel lichter uitgevoerd kunnen worden is in 10.7.2. belicht.

### **10.7.2 Gevergelen voor de kering.**

De concrete gevolgen die het veranderde waterbeheer hebben voor de kering spits zich vnl. toe op een aspect namelijk de sterkte van het keringsmiddel.

Bij het Duitse ontwerp van de kering zijn 3 typen keringsmiddelen opgenomen nl. een draaisegment, 3 segmentschuiven en 4 verticale schuiven. Voor deze drie typen zijn de krachtenwerking beschouwd met als doel om de besparing in materiaal (staal) te achterhalen als gevolg van de andere strategie. Bij het beschouwen van de krachten zijn de twee plannen voor de stuwfase (Duitse plannen en strategie 3) alsmede een extreme stormvloed belicht.

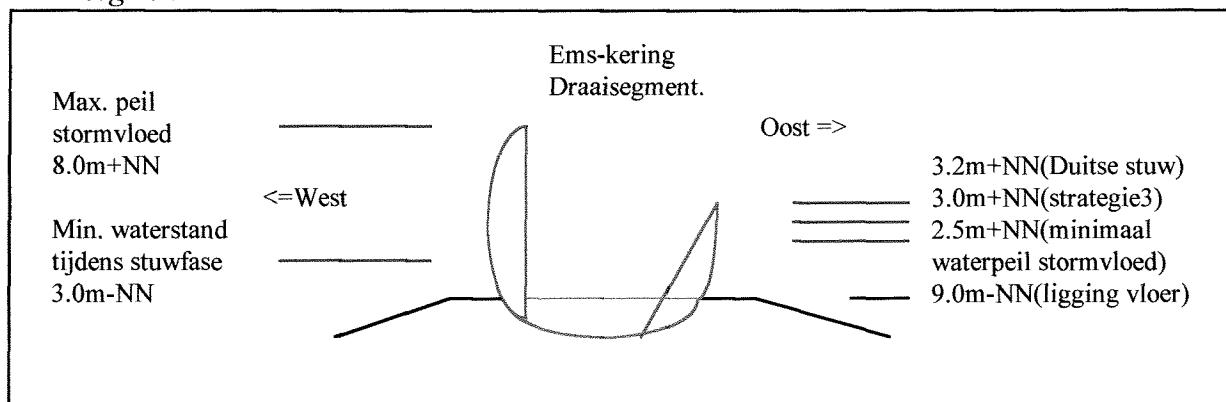
*Draaisegment.*

Fig. 10.12: Optredende waterstanden bij het draaisegment.

**De maximale resulterende horizontale krachten op het draaisegment bedragen ten tijde van een stormvloed:**

$$\text{Westzijde} \Rightarrow h = (8.0\text{m+NN} - 9.0\text{m-NN}) = 17\text{m} \text{ (zie fig. 10.11)}$$

$$\frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1025 * 10 * 17^2 = 1481\text{kN/m}^1$$

$$\text{Oostzijde} \Rightarrow h = (2.5\text{m+NN} - 9.0\text{m-NN}) = 11.5\text{m}$$

$$\frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1000 * 10 * 11.5^2 = 661\text{kN/m}^1$$

$$\text{Resultante} = 820\text{kN/m}^1 \text{ (Oostwaarts gericht)}$$

**De maximale resulterende horizontale krachten op het draaisegment bedragen ten tijde van een stuwfase volgens de Duitse plannen met scenario 1 (zie paragraaf 10.3):**

$$\text{Westzijde} \Rightarrow h = (3.0\text{m-NN} - 9.0\text{m-NN}) = 6.0\text{m}$$

$$\frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1000 * 10 * 6^2 = 180\text{kN/m}^1$$

$$\text{Oostzijde} \Rightarrow h = (3.2\text{m+NN} - 9.0\text{m-NN}) = 12.2\text{m}$$

$$\frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1025 * 10 * 12.2^2 = 763\text{kN/m}^1$$

$$\text{Resultante} = 583\text{kN/m}^1 \text{ (Westwaarts gericht)}$$

**De maximale resulterende horizontale krachten op het draaisegment bedragen ten tijde van een stuwfase volgens strategie 3 met scenario 1 (zie 10.3):**

$$\text{Westzijde} \Rightarrow h = (3.0\text{m-NN} - 9.0\text{m-NN}) = 6.0\text{m}$$

$$\frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1000 * 10 * 6^2 = 180\text{kN/m}^1$$

$$\text{Oostzijde} \Rightarrow h = (3.0\text{m+NN} - 9.0\text{m-NN}) = 12.0\text{m}$$

$$\frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1025 * 10 * 12^2 = 738\text{kN/m}^1$$

$$\text{Resultante} = 558\text{kN/m}^1 \text{ (Westwaarts gericht)}$$

De resultanten die optreden bij de stuwfase zijn beduidend kleiner dan de resultante die optreedt tijdens de stormvloed. Aangezien hetzelfde segment op dezelfde manier gebruikt wordt om het water te keren is de stormvloed maatgevend. Eventuele winst in materiaal van het keringsmiddel kan door het hanteren van de alternatieve strategie (lager stuwepeil) niet behaald worden.

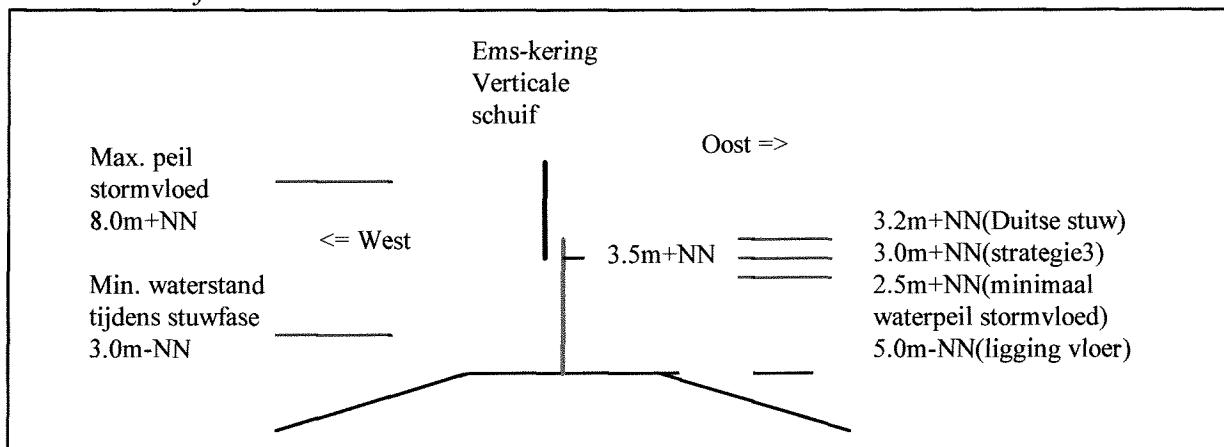
*Verticale schuif.*

Fig. 10.13 Optredende waterstanden.

Als de verticale schuif volledig is gesloten dan bevindt de bovenkant van de schuif zich op 3.5m+NN. Alle krachten (waterdruk) die op een hoger niveau aangrijpen worden via een soort ‘flood screen’ direct aan de betonconstructie afgedragen.

De maximale resulterende horizontale krachten op de verticale schuif bedragen ten tijde van een stormvloed:

$$\begin{aligned}
 \text{Westzijde} &\Rightarrow h = (8.0\text{m+NN} - 5.0\text{m-NN}) &= 13\text{m} (\text{zie fig. 10.12}) \\
 &\quad \frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1025 * 10 * 13^2 &= 866\text{kN/m}^1 \Rightarrow 762\text{kN/m}^1 \text{ naar schuif} \\
 \text{Oostzijde} &\Rightarrow h = (2.5\text{m+NN} - 5.0\text{m-NN}) &= 7.5\text{m} \\
 &\quad \frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1000 * 10 * 7.5^2 &= 281\text{kN/m}^1 \\
 \text{Resultante} &= 762 - 281 &= \underline{\underline{481\text{kN/m}^1 (\text{Oostwaarts gericht})}}
 \end{aligned}$$

De maximale resulterende horizontale krachten op de verticale schuif bedragen ten tijde van een stuwfase volgens de Duitse plannen met scenario 1 (zie 10.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Westzijde} &\Rightarrow h = (3.0\text{m-NN} - 5.0\text{m-NN}) &= 2.0\text{m} \\
 &\quad \frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1000 * 10 * 2^2 &= 20\text{kN/m}^1 \\
 \text{Oostzijde} &\Rightarrow h = (3.2\text{m+NN} - 5.0\text{m-NN}) &= 8.2\text{m} \\
 &\quad \frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1025 * 10 * 8.2^2 &= 345\text{kN/m}^1 \\
 \text{Resultante} & &= \underline{\underline{325\text{kN/m}^1 (\text{Westwaarts gericht})}}
 \end{aligned}$$

De maximale resulterende horizontale krachten op de verticale schuif bedragen ten tijde van een stuwfase volgens strategie 3 met scenario 1 (zie 10.3):

$$\begin{aligned}
 \text{Westzijde} &\Rightarrow h = (3.0\text{m-NN} - 5.0\text{m-NN}) &= 2.0\text{m} \\
 &\quad \frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1000 * 10 * 2^2 &= 20\text{kN/m}^1 \\
 \text{Oostzijde} &\Rightarrow h = (3.0\text{m+NN} - 5.0\text{m-NN}) &= 8.0\text{m} \\
 &\quad \frac{1}{2}\rho gh^2 = \frac{1}{2} * 1025 * 10 * 8.0^2 &= 328\text{kN/m}^1 \\
 \text{Resultante} & &= \underline{\underline{308\text{kN/m}^1 (\text{Westwaarts gericht})}}
 \end{aligned}$$

De resultanten die optreden bij de stuwfase zijn beduidend kleiner dan de resultante die optreedt tijdens de stormvloed. Dezelfde schuif is weliswaar gebruikt, echter deze is anders belast, zodat een kleinere resultante (Westwaarts gericht) toch enige winst op kan leveren. De afname van de grootte van de resultante (Westwaarts gericht) als gevolg van het uitvoeren van strategie 3 i.p.v. de Duitse plannen is echter erg klein, zodat de eventuele winst ook nog erg klein is. Winst in materiaal van het keringsmiddel kan door het hanteren van de alternatieve strategie nauwelijks behaald worden.

**Evaluatie.**

Bij de twee beschouwde keringmiddelen is geen/nauwelijks potentiële winst geboekt m.b.t. de belasting en er dus geen/nauwelijks winst haalbaar in de vorm van materiaalbesparing. Een snelle berekening leert dat dit eveneens het geval is voor de segmentschuif, zodat deze berekeningen niet meer zijn opgenomen.

**10.8 conclusie.**

Bij het achterhalen van de effecten van een alternatief beheer tijdens de stuwfase voor het ontwerp van de Ems-kering, zijn de Duitse plannen voor de stuwfase, de alternatieve strategie alsmede een extreme stormvloed beschouwd. Met betrekking tot eventuele aanpassingen aan de Ems-kering is vooral geconcentreerd op de bodembescherming en de keringsmiddelen.

De stuwfase (Duitse plannen en alternatieve strategie) blijkt met betrekking tot de optredende stroomsnelheden en debieten niet maatgevend. Het afslaten van een groot volume water (ter ontlading van de bovenstroomse zijde) tussen twee stormvloeden zorgt voor grotere stroomsnelheden. De bodembescherming kan dus niet lichter uitgevoerd worden, vanwege een alternatief beheer tijdens de stuwfase.

Met betrekking tot de sterke van de keringsmiddelen blijkt de alternatieve strategie minimale winsten op te leveren t.o.v. de Duitse plannen. De vervallen die optreden over het keringsmiddel zijn namelijk 0.2m kleiner. De krachten die optreden op de keringsmiddelen tijdens een extreme stormvloed zijn groter dan tijdens de stuwfase (beide plannen). De resultante is echter wel de andere kant op gericht.

Wellicht dat voor de uitvoering van het keringsmiddel de optredende krachten tijdens de stuwfase aparte eisen stellen, in dat geval kan de alternatieve strategie minimale winsten opleveren.

## **11 Strategie 3 versus Duitse plannen.**

### ***11.1 Inleiding***

Ter vergelijking van de Duitse plannen en strategie 3 zijn de twee plannen naast elkaar gezet. Dit vergelijken van de twee plannen heeft tot doel om te achterhalen hoe het alternatief zich op verschillende terreinen verhoudt tot de Duitse plannen.

In dit hoofdstuk zijn allereerst de financiële gevolgen van het alternatieve plan voor het ontwerp van de kering beschouwd. Vervolgens zijn strategie 3 (HF 9) en de Duitse plannen (HF3) met elkaar vergeleken, waarna de balans opgemaakt kan worden. Tot slot volgt een terugkoppeling en de conclusie.

### ***11.2 Financiële voordeelen aanpassen ontwerp Ems-kering aan strategie 3.***

Het lichter uitvoeren van de keringsmiddelen is vanwege de minder grote krachten die tijdens de stuwfase optreden op de schuiven wellicht mogelijk. De vraag is of de krachten die optreden tijdens de stuwfase een grote invloed hebben op het ontwerp van een schuif, aangezien de krachten op een schuif die tijdens een extreme stormvloed optreden (resultante andere kant op gericht) groter zijn.

Het feit dat de krachten tijdens de stuwfase een kleinere rol spelen als de krachten tijdens een extreme stormvloed alsmede het feit dat de winst in optredende krachten voor strategie 3 klein is t.o.v. de Duitse plannen maakt dat de mogelijkheid voor het lichter uitvoeren van de keringsmiddelen niet haalbaar is.

Er kunnen geen aanpassingen aan bodembescherming en de keringsmiddelen van het huidige ontwerp van de Ems-kering worden uitgevoerd. Hier kan dan ook geen financieel voordeel worden gehaald.

### **11.3 Vergelijking van kosten van de plannen voor de stuwfase.**

#### **11.3.1 Algemeen.**

##### *Duitse plannen.*

Om de afvaart van een schip met een diepgang van ca. 8.3m mogelijk te maken voorzien de Duitse plannen in een bodemverlaging tot 6.3m-NN in combinatie met een stuweil verhoging tot 2.7m+NN (periode ½ sept - ½ mrt.). De stuwfase heeft een maximale tijdsduur van 3 etmaal bij een ‘worst case scenario’ (lage afvoer Ems). Teneinde de vele nadelige gevolgen voor ecologie van de bouw van de Ems-kering en het beheer tijdens de stuwfase te verhelpen zijn er mitigerende en compenserende maatregelen gepland (voor mitigerende en compenserende maatregelen zie 4.4.3).

##### *Strategie 3*

Om de afvaart van het Meyer-werf schip mogelijk te maken is een stuweil van 2.5m+NN (in de periode dec. t/m ½ apr.) gehanteerd, de huidige bodemligging van minimaal 5.8m-NN blijft gehandhaafd en een diepgang verkleining van het schip van 0.7m is noodzakelijk. In combinatie met de mitigerende en compenserende maatregelen (beschreven in 4.4.3.) zijn de ecologische gevolgen van de stuwfase klein.

##### *Vergelijking van de twee plannen.*

De verschillen in kosten (financieel) van de stuwfase van de twee plannen is gerelateerd aan een basis situatie namelijk:

- De Ems-kering zoals deze in HF3 is omschreven, echter zonder pompen.
- Het geplande Leda-pompgemaal.
- De huidige situatie (vnl. bodemligging) van de Unterems (zie HF2).

Ten opzichte van deze basis situatie zijn de aanpassingen aan de Unterems, aan de Ems-kering e.d. gerelateerd. De kosten van de Ems-kering en de Leda-pompgemaal worden toch gemaakt i.v.m. de stormvloedkerende functie.

De kosten van de in beide plannen aanwezige wachtplaats voor de Meyer-werf schepen en de geplande mitigerende en compenserende maatregelen (m.b.t. de effecten van de stuwfase) zijn nog niet meegenomen in de vorige afwegingen (vorige hoofdstukken). Om de kosten van de stuwfase voor de twee plannen volledig te maken zijn deze meegenomen.

De geschatte kosten van de wachtplaats en mitigerende en compenserende maatregelen:

Eenmalig: 10 miljoen gulden.

Jaarlijks: 2 miljoen gulden.

### 11.3.2 Plannen in relatie tot criteria.

#### 11.3.2.1 Duitse plannen.

Beschrijving strategie	Kosten			Ecologie					Overige		
	Investering eenmalig (miljoenen guldens)	Jaarlijks terugkerende kosten (miljoenen guldens)	Kosten totaal	Natuurwaarde uiterwaarden van de Unterems	Waterkwaliteit Unterems en Leda-Jumme gebied(zuurstofgehalte etc.).	Kwaliteit bodem Unterems	Waterkwaliteit Außenems en Dollard (zuurstofgehalte en saliniteit)	overige .	Overstromingsbeheersing, veiligheid	Landbouw	Navigatie, belang overige scheepvaart.
<i>Bodemligging 6.3m-NN; stuweil 2.7m+NN (1/2sept.-1/2mrt.) diepgang schip 8.3m. Geen diepgang verkleining Max. lengte stuwfase 3etmaal. Minimale afvoer Ems: 16m<sup>3</sup>/s. Stuwvolume 24miljoen m<sup>3</sup> water</i>	Bodemverlaging naar minimaal 6.3m-NN (minimale bodemligging huidige situatie 5.8m-NN) bodemverlaging naar ca 6.6m-NN(incl. 0.3m overdiepte/bagger-tolerantie) ≈1.5 miljoen m <sup>3</sup> bagger ≈ 12 miljoen gulden  Inpassen van pompen in de Ems-kering: 44 miljoen gulden  Wachtplaats+mitigerende en compenserende maatregelen: 10 miljoen gulden  <i>Totaal investering: ~66 miljoen gulden.</i>	Onderhoud bodemligging Unterems: 2~4 miljoen  Onderhoud pompen in kering ca. 2 miljoen  Onderhoud wachtplaats + mitigerende- en compenserende maatregelen: 2 miljoen	<b>Kosten eenmalig:</b> ~ 66 miljoen gulden.  <b>Jaarlijks:</b> ~ 7 miljoen gulden.	Afname van natuurwaarde uiterwaarden als gevolg van lang onderwater staan en afzetten van laag sib.	Winterstuwfase in periode zuurstofgehaltes groter dan 4mg/l, lichte benadeling eveneens fauna in Unterems.  Door inpompen van zoutwater benadeling mariene leven.  Benadeling mariene leven door sedimentatie en resuspensie van zwevende deeltjes.	Toename slibbedems door bodemverlaging. Benadeelt eveneens waterkwaliteit benedenstroms van de Ems-kering negatief beïnvloeden (verandering van concentraties zuurstof en salinititeit).  Verdere toename benadeling bodemfauna bij toename baggerwerkzaamheden	Stuwvolume van 23.7 miljoen m <sup>3</sup> water kan bij afslaten de waterkwaliteit negatief beïnvloeden (verandering van concentraties zuurstof en salinititeit).	—	Toename stroomvoerende capaciteit  Veiligheid Unterems bij hoge afvoeren Ems vergroot (overbodig)	Afnname opbrengst gewassen door aanvang stuwfase reeds ½ sept.	Potentiële lange wachttijden voor scheepvaart.  Toename waterdiepte.

## 11.3.2.2 Strategie 3

Beschrijving strategie	Kosten			Ecologie					Overige		
	Investering eenmalig (miljoenen guldens)	Jaarlijks terugkerende kosten (miljoenen guldens)	Kosten totaal	Natuurwaarde uiterwaarden van de Unterems	Waterkwaliteit Unterems en Ledajumme gebied(zuurstofgehalte etc.).	Kwaliteit bodem Unterems	Waterkwaliteit Außenems en Dollard (zuurstofgehalte en saliniteit)	overige	Overstromingsbeheersing, veiligheid	Landbouw	Navigatie, belang overige scheepvaart.
<p><i>Bodemligging 5.8m-NN; stuwepeil 2.5m+NN; diepgang schip 7.6m. Diepgang verkleining van schip 0.7m. Max. lengte stuwfase 3etmaal. Minimale afvoer Ems: 25m<sup>3</sup>/s Extra maatregelen</i></p> <p>Maatregel 2: Zomerdiijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen: 4 per km oever, 84km oever. 336 voorzieningen *f50.000,-≈ 18miljoen</p> <p>Maatregel 4: Optimaal aanwenden van de natuurlijk aanwezige water: winterstuwfase dec.- ½ apr.</p> <p>Maatregel 6: Diepgang verkleining schip door het elders af te bouwen.</p>	<p>Aanleg zomerdiijkjes: lengte ca. 80km, 2m<sup>3</sup>/m<sup>1</sup> =&gt; f50,-/m<sup>1</sup> =4miljoen</p> <p>Aankoop land waarop zomerdiijkjes geplaatst worden: 80km*4m*f15,-/m<sup>2</sup> = 5miljoen</p> <p>Aanleg van in-/uitwateringsvoorzieningen: 4 per km oever, 84km oever. 336 voorzieningen *f50.000,-≈ 18miljoen</p> <p>Kosten wachtplaats en mitigerende- en compenserende maatregelen: 10 miljoen gulden</p> <p><i>Totaal investering: 37 miljoen gulden.</i></p>	<p>Onderhoud bodemligging Unterems: 2 miljoen</p> <p>Onderhoud zomerdiijkjes+ Onderhoud in-/uitwateringsvoorzieningen: 2.5miljoen</p> <p>Afvaart per schip met diepgang verkleining van 0.7m: 25miljoen bijlageXVII</p> <p>Onderhoud wachtplaats+mitigerende en compenserende maatregelen =2 miljoen</p> <p><i>jaarlijkse kosten: Bij 2 afvaarten per jaar 56.5miljoen</i></p>	<p><b>Kosten eenmalig:</b> <b>37 miljoen gulden.</b></p> <p><b>Jaarlijks:</b> <b>56.5 miljoen gulden.</b></p>	<p>Geen verandering door aanleg van regulerende voorzieningen.</p> <p>Positieve effecten voor vogels i.v.m. afname nestverlies</p>	<p>Maximale lengte van de stuwfase van 3 etmaal in combinatie met winterstuwfase in periode met hoge zuurstofgehaltes lichte benadering van fauna in Unterems.</p> <p>Benadering mariene leven door sedimentatie en resuspensie van zwevende deeltje.</p>	<p>Geen verandering.</p>	<p>Stuwvolume van 15.3miljoen m<sup>3</sup> water kan bij afsluiten de waterkwaliteit beïnvloeden (verandering van concentraties zuurstof en saliniteit).</p>	<p>—</p>	<p>Geen verandering.</p>	<p>Toename opbrengst gewassen i.v.m. bescherming door zomerdiijkjes.</p>	<p>Potentiële lange wacht-tijden voor de scheepvaart.</p>

### 11.3.3 Schematische vergelijking.

Nu grotendeels bekent is wat de kosten en ecologische gevolgen van de Duitse plannen en van de alternatieve strategie zijn, kan de balans opgemaakt worden. Er kan nu duidelijk neergezet worden wat het verschil in kosten (ecologische - en financiële kosten) is van de Duitse plannen en van de alternatieve strategie.

De verschillen in kosten (financieel) van de stuwfase van de twee plannen is gerelateerd aan een basis situatie namelijk:

- De Ems-kering zoals deze in HF3 is omschreven, echter zonder pompen.
- Het geplande Leda-pompgemaal.
- De huidige situatie (vnl. bodemligging) van de Unterems (zie HF2).

De kosten van de Ems-kering en het Leda-pompgemaal worden toch gemaakt i.v.m. de stormvloedkerende functie die vervult moet worden.

De kosten van de in beide plannen aanwezige wachtplaats voor de Meyer-werf schepen en de kosten van de mitigerende - en compenserende maatregelen zijn voor de volledigheid meegenomen.

In de tabel zijn ter vergelijking kort de kosten (financieel) van de beide plannen geïllustreerd. Tevens is de afname van natuurwaarde van de beïnvloede onderdelen t.o.v. de huidige situatie in procenten uitgedrukt. Overige invloeden van de plannen zijn eveneens genoemd.

	Duitse plan	Strategie3
<i>Financieel:</i>		
Kosten eenmalig (miljoenen guldens)	66 miljoen	37 miljoen
Jaarlijkse kosten (miljoenen guldens)	7 miljoen	56.5 miljoen
<i>Ecologische effecten:</i>		
Invloed op natuurwaarde uiterwaarden:	-25%	+10%
Invloed op waterkwaliteit en mariene leven in Unterems:	-25%	-10%
Invloed op kwaliteit van de bodem van de Unterems:	-25%	0%
Invloed op waterkwaliteit en mariene leven in de Außenems en Dollard:	- 0 tot 35%	- 0 tot 20%
<i>Overige:</i>		
Invloed afvoer capaciteit:	+5%	0%
Invloed opbrengst gewassen op uiterwaarden:	-15%	+10%
Invloed op scheepvaart:	Maximale wachttijden voor de scheepvaart van 3 etmaal i.v.m. stremming t.b.v. de stuwfase	

Tabel: Vergelijking Duitse plannen en strategie 3

#### **11.4 Conclusie.**

De alternatieve strategie levert een stuwfase op die een lichte afname van de waterkwaliteit en een lichte benadeling van het mariene leven ten opzichte van de huidige situatie tot gevolg heeft. De jaarlijks terugkerende kosten voor de strategie 3 zijn erg groot 56.5 miljoen gulden.

De Duitse plannen voor de stuwfase kosten in vergelijking met de alternatieve strategie nagenoeg niets (jaarlijkse kosten 6 miljoen gulden). De ecologische bezwaren zijn echter groot. Vooral de van ecologisch hoge waarde zijnde water- en bodemkwaliteit ondervindt naar verwachting veel benadeling.

De nadelen die de scheepvaart ondervindt als gevolg van de stremming zijn voor beide plannen ongeveer even groot.

## 12 Conclusie en aanbevelingen.

### 12.1 Conclusie

Bij het creëren van voldoende waterdiepte, zodat er een afvaart van een Meyer-werf schip ( $L=300m$ ,  $B=38m$ ,  $D=8.3m$ ) kan plaatsvinden, spelen drie parameters een rol. Deze parameters zijn bodemligging, hoogte van het stuweil en diepgang van het schip.

Bij de Duitse plannen voor de stuwfase (het opstuwen van de Unterems) is voor een behoorlijke bodemverlaging (maximaal 0.7m) en een hoog stuweil (1m boven hoogwater-springtij) gekozen om een afvaart mogelijk te maken. Deze plannen brengen relatief weinig kosten maar veel ecologische bezwaren met zich mee.

Bij het creëren van een alternatieve strategie voor de stuwfase, zonder ecologische bezwaren, is een besluitvormingsproces doorlopen om op een gestructureerde wijze tot een goed alternatief te komen. Dit proces is er op gericht om m.b.v. aanvullende maatregelen de volgende doelen te dienen nl.:

- Een bodemverlaging bewerkstelligen zonder afname van de kwaliteit van de rivierbodem en toename van onderhoudsbaggerwerkzaamheden.
- Een zo hoog mogelijk stuweil bereiken zonder gebruik te maken van pompen in de Ems-kering en zonder afname van de natuurwaarde van de uiterwaarden te veroorzaken.
- Een diepgang-verkleining van het schip mogelijk maken.

Bij de selectie van aanvullende maatregelen is gekeken naar de mate waarin het de na te streven doelen dient. Tevens is er onderzocht welke kosten dit met zich meebrengt, welke ecologische effecten de aanvullende maatregelen zelf veroorzaken, of de scheepswerf invloed ondervindt en of andere functies van het estuarium worden beïnvloed.

Vervolgens zijn er verschillende combinaties van bodemligging, hoogte van het stuweil en diepgang van het schip in combinatie met verschillende aanvullende maatregelen vergeleken, waaruit de beste strategie (combinatie van de 3 parameters en aanvullende maatregelen) is gekozen. Bij deze keuze is vnl. een afweging gemaakt tussen de kosten van de strategie en de ecologische effecten die een stuwfase met deze strategie nog met zich meebrengt. De gekozen strategie dient als alternatief voor de Duitse plannen voor de stuwfase.

Deze alternatieve strategie combineert een stuweil van 2.5m+NN (ca. 0.8m boven hoogwater-springtij) en een diepgang verkleining van het schip van 8.3m naar 7.6m met een aantal aanvullende maatregelen om de ecologische bezwaren te minimaliseren. Deze aanvullende maatregelen bestaan uit:

- Het aanleggen van zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen.
- Het optimaal aanwenden van de natuurlijke afvoer van de Ems door de afvaart in de periode dec. t/m half apr. te doen plaatsvinden.
- Diepgang verkleining van het schip door het assembleren van ca. 15 ‘building blocks’ (van ca. 110~120 waaruit het schip van 300m is opgebouwd) na afvaart in Eemshaven..

De huidige bodemligging ('98) blijft gehandhaafd.

De Ems-kering (Duitse ontwerp) blijkt niet lichter/goedkoper uitgevoerd te kunnen worden als gevolg van de alternatieve strategie voor de stuwfase. Er is gekeken naar aanpassingen aan de bodembescherming en de keringsmiddelen.

De Duitse plannen voor de stuwfase vragen om een geschatte initiële investering van 66 miljoen gulden en jaarlijkse kosten van 7 miljoen gulden. De hoge initiële investering is nodig voor de bodemverlaging en het inpassen van pompen in de Ems-kering.

De alternatieve strategie vraagt om een initiële investering van 37 miljoen en jaarlijkse kosten van 56.5 miljoen gulden. Het grootste deel van de initiële investering zit hier in de aanleg van zomerdijkjes met in-/uitwateringsvoorzieningen. Het bulk van de jaarlijks terugkerende kosten van de alternatieve strategie is veroorzaakt door de grote kosten die gemoeid gaan met het verkleinen van de diepgang van het schip (het afbouwen van het schip te Eemshaven).

Bij de kosten kan onderscheid gemaakt worden tussen particuliere kosten (kosten voor de scheepswerf) en maatschappelijke kosten (kosten voor de overheid). Feit is nl. dat maatschappelijke kosten minder ongewenst zijn, aangezien deze een soort indirecte subsidie zijn aan de Meyer-werf. Deze subsidie biedt dan een bijdrage aan het behoud van de werf met al z'n werkgelegenheid. De particuliere kosten hebben directe gevolgen voor de werf.

Duidelijk is dat de alternatieve strategie, die een afvaart van Meyer-werf schepen met weinig ecologische bezwaren mogelijk maakt, extra geld kost.

## **12.2 Aanbevelingen.**

Naar aanleiding van deze studie kunnen een aantal aanbevelingen gedaan worden m.b.t. onderwerpen voor verdere studie.

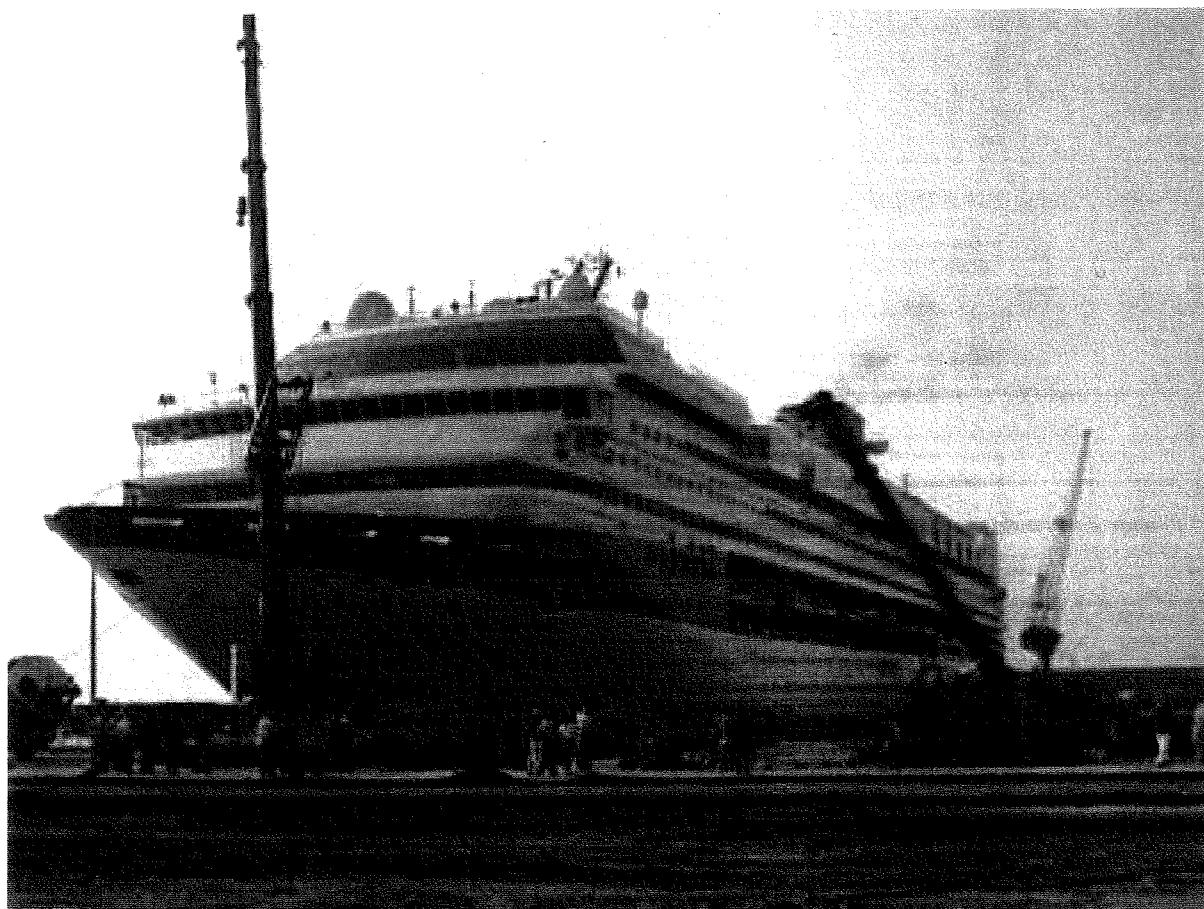
- Beheer opstellen voor het toevoegen van het opgeslagen water bovenstrooms van Hebrum en bepalen van de precieze hoeveelheden water die aangewend kunnen worden.
- Studie naar de mogelijkheden om structureel water uit de Hunte (nabij de Weser) via het Kustenkanal aan de Unterems toe te voegen ter compensatie van de afnemende afvoeren van de Ems. Dit om de kritieke zuurstofgehaltes, die in de zomertijd bij zeer lage bovenafvoeren optreden, te vermijden.
- Studie naar de precieze kosten van het afbouwen van Meyer-werf schepen te Eemshaven. Onderzoek naar de mogelijkheden om deze kosten te drukken.
- Duidelijkheid creëren omtrent de ecologische bezwaren die het aftalen van het stuwvolume met zich meebrengt.

## **Het stuwen van de Unterems**

Studie naar de problematiek omtrent de afvaart van Meyer-werf schepen over de Unterems

---

### ***Bijlagen***



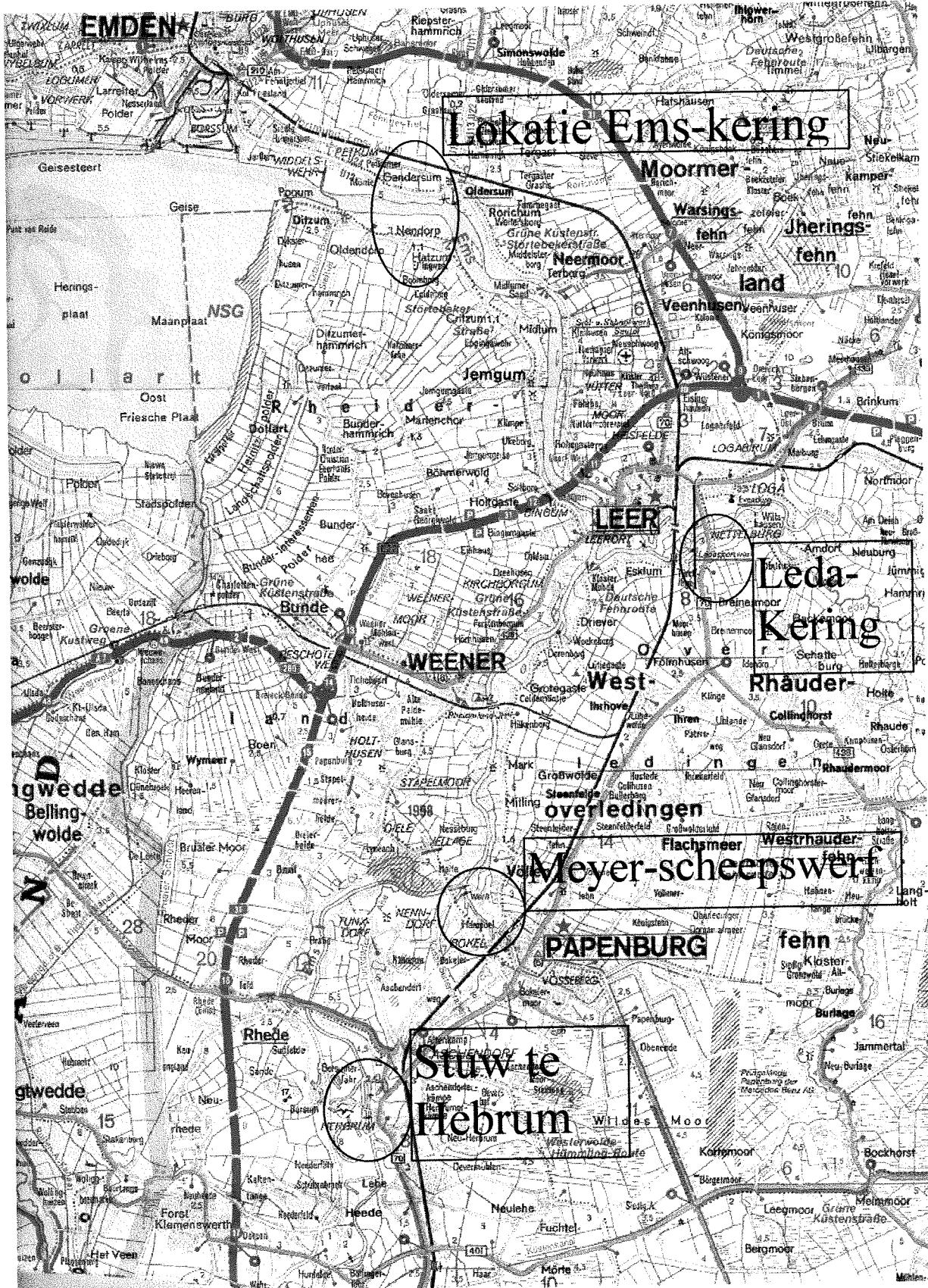
L.M.R. Pronk (stud.nr.: 672477)

## **Bijlagen.**

- I      Kaart :        Overzicht gebied
- II     Kaarten:       Unterems  
                          außenems
- III    Literatuurlijst
- IV    Technisch tekeningen van Duitse ontwerp van Ems-kering
- V     Foto's:        Ems  
                          Unterems
- VI    Foto:          Dollard & Außenems
- VII   Foto's:        Meyer-werft  
                          Meyer-werf schepen
- VIII   Foto: brug over de Unterems
- IX    Getijgegevens + overstromingsfrequentie
- X    Kansverdeling afvoer Ems
- XI    Intensiteit scheepvaart
- XII   Bodemligging Duitse plannen & huidige situatie
- XIII   Modellering Rijkswaterstaat Dollard, Unterems en Außenems
- XIV   Indeling gebied in secties
- XV    Bezinksnelheid slib in Unterems
- XVI   Berekening keel clearance
- XVII   Berekening diepgang verkleining schip
- XVIII   Berekening kosten pomp
- XIX    Grafiek watertemperatuur en zuurstofgehaltes
- XX    Verdeling zoutgehaltes bij het afslaten van het stuwwolume

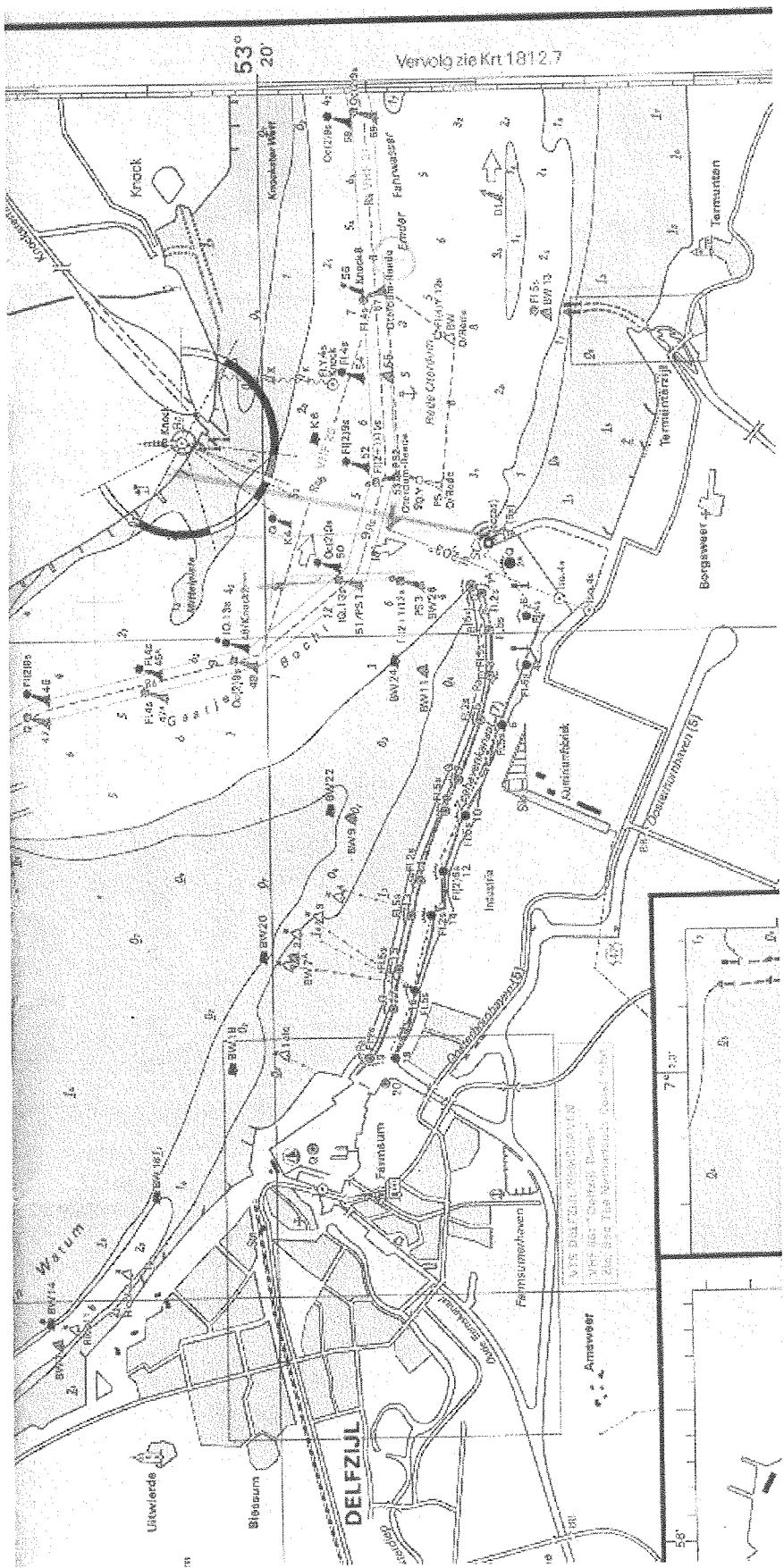
## **Bijlage I**

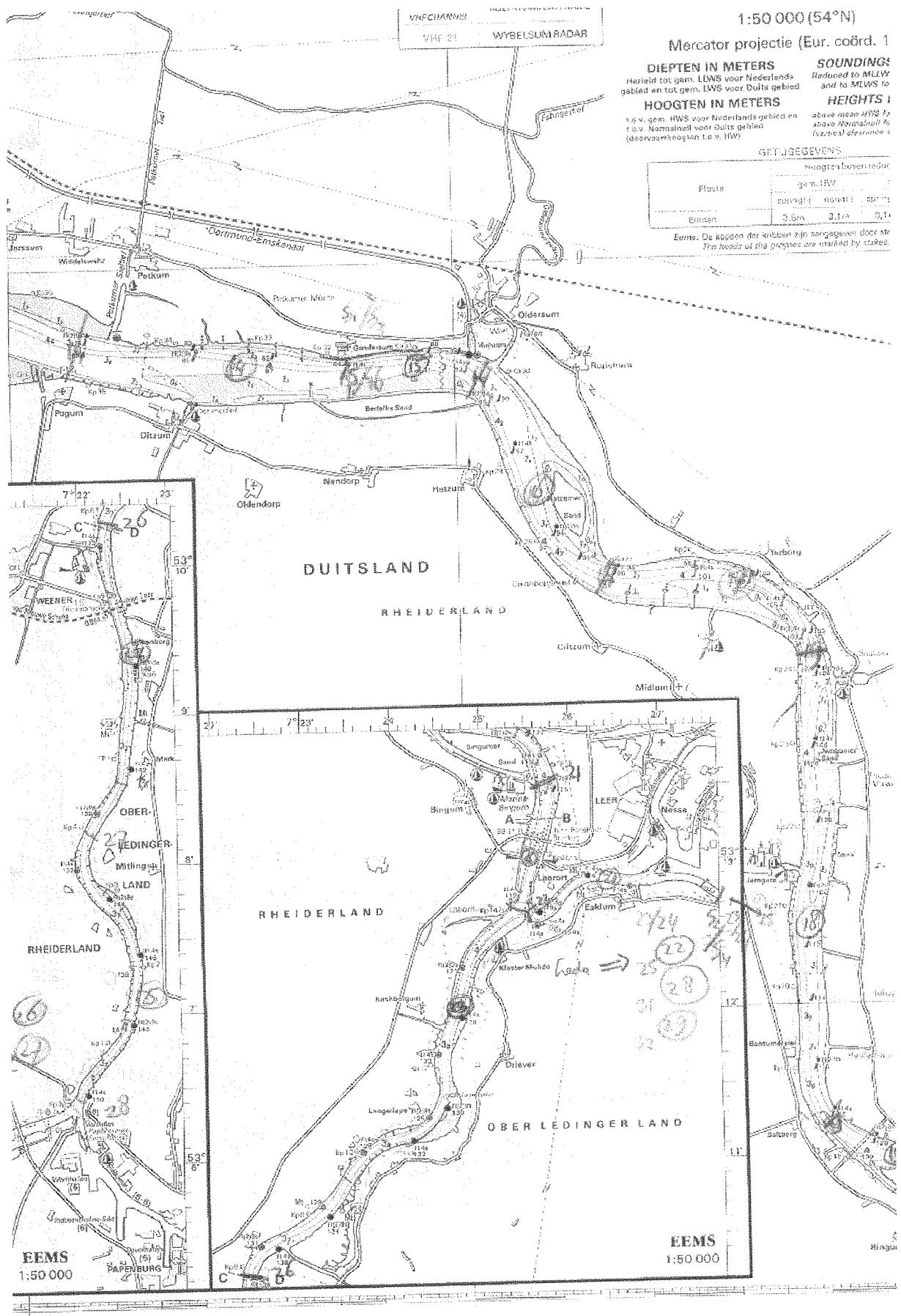
Kaart overzicht gebied



## **Bijlage II**

Kaarten Unterems en Außenems



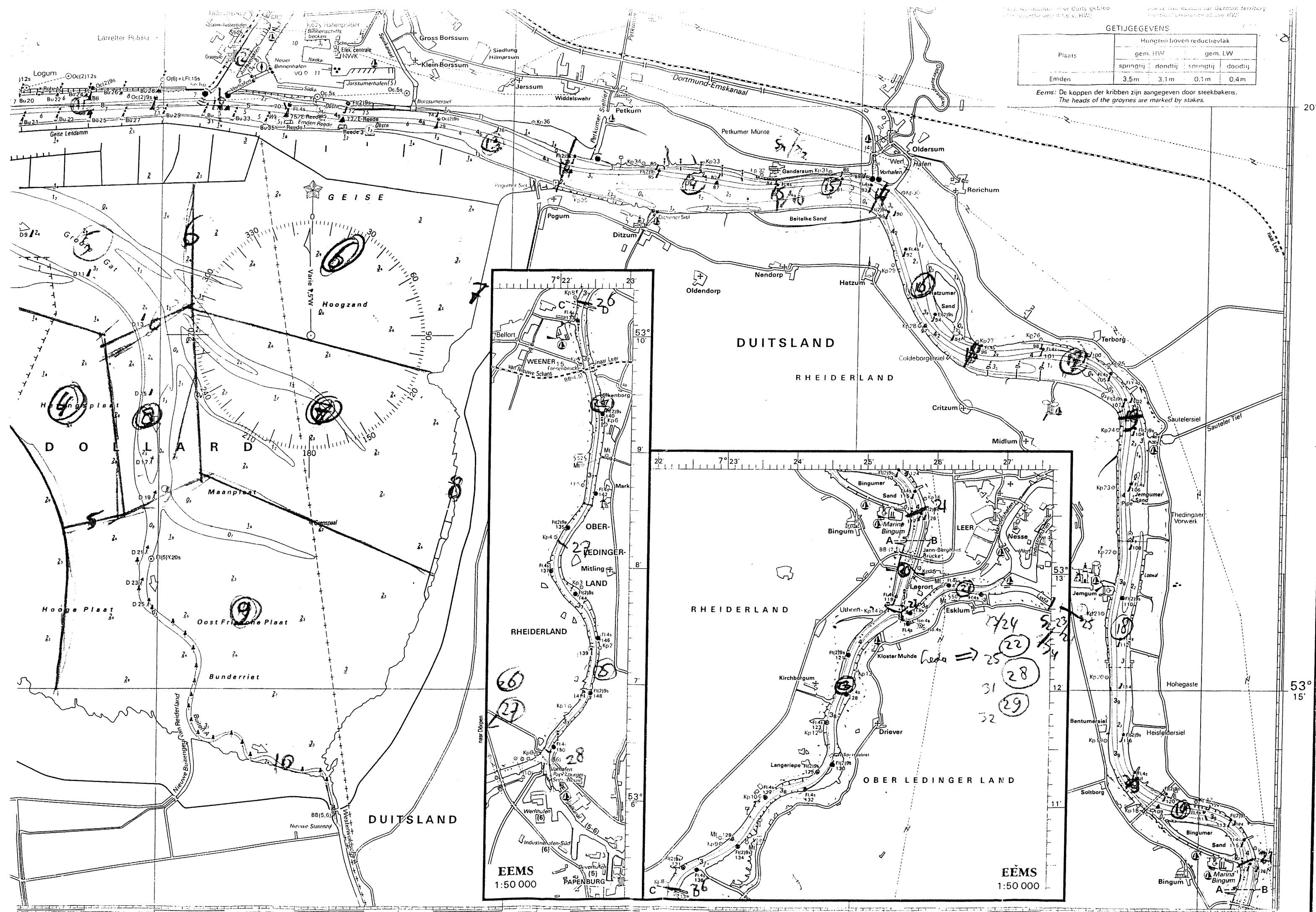


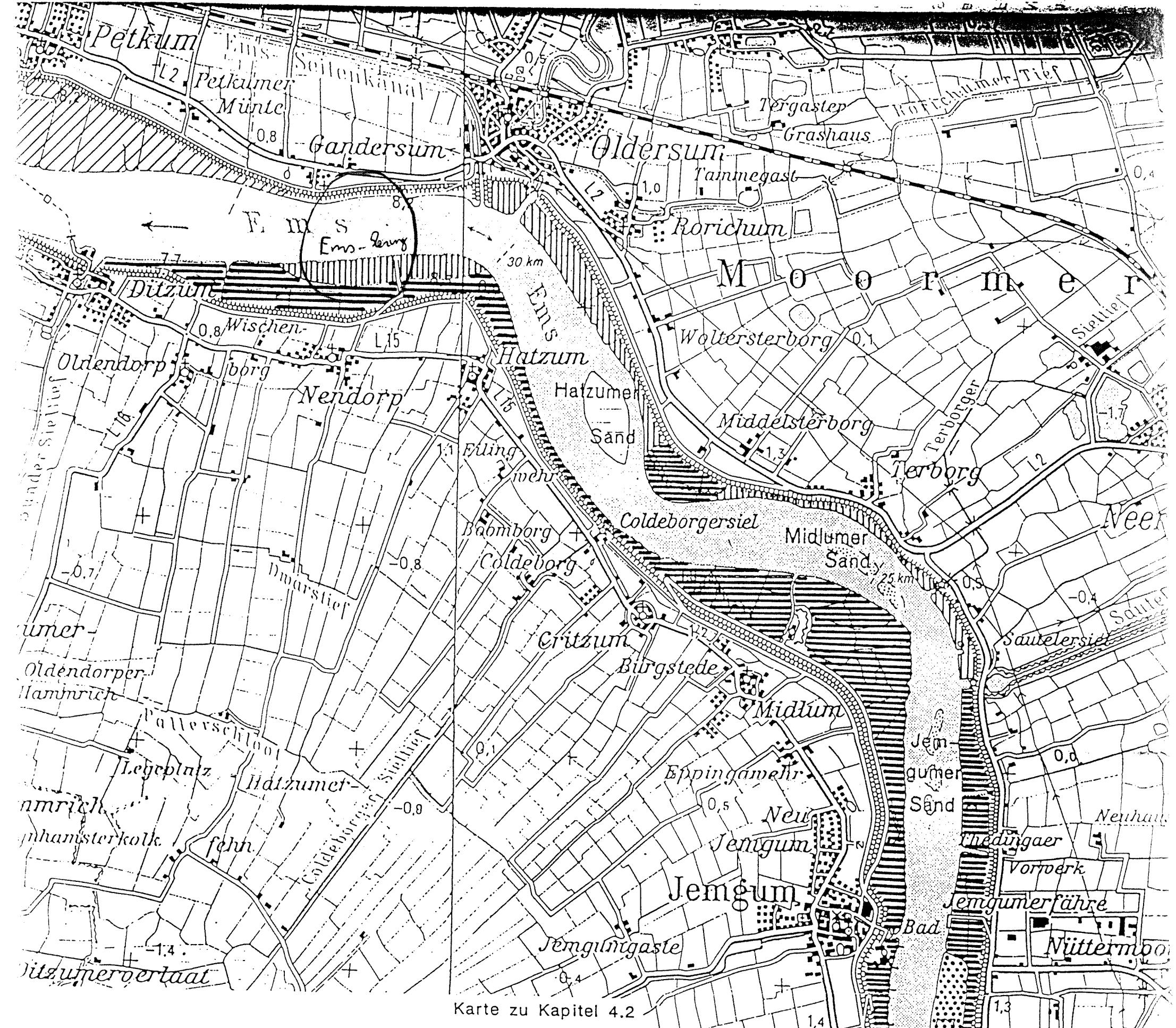


### GETIJGEGEVENEN

Plaats	Hoogten boven reductievlak			
	gem. HW	gem. LW	springtij	doodtij
Emden	3.5m	3.1m	0.1m	0.4m

Eems: De koppen der kribben zijn aangegeven door stekbaken.  
The heads of the groynes are marked by stakes.





## Landwirtschaftliche Vorstudie zum Bau des Ems-Sperrwerkes Gandersum

### Darstellung der Bewirtschaftungsintensitäten

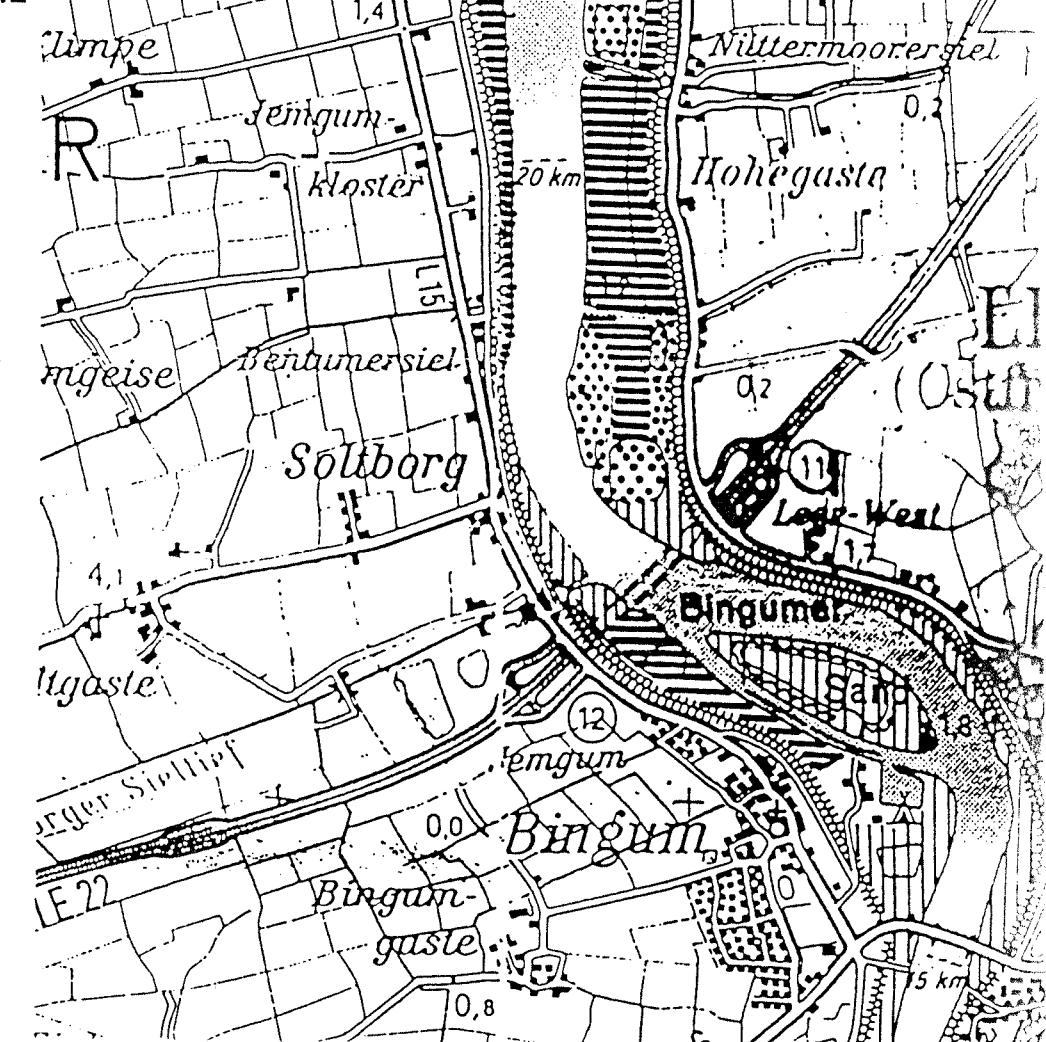
- hohe Bewirtschaftungsintensität
- mittlere Bewirtschaftungsintensität
- geringe Bewirtschaftungsintensität
- keine landwirtschaftliche Nutzung

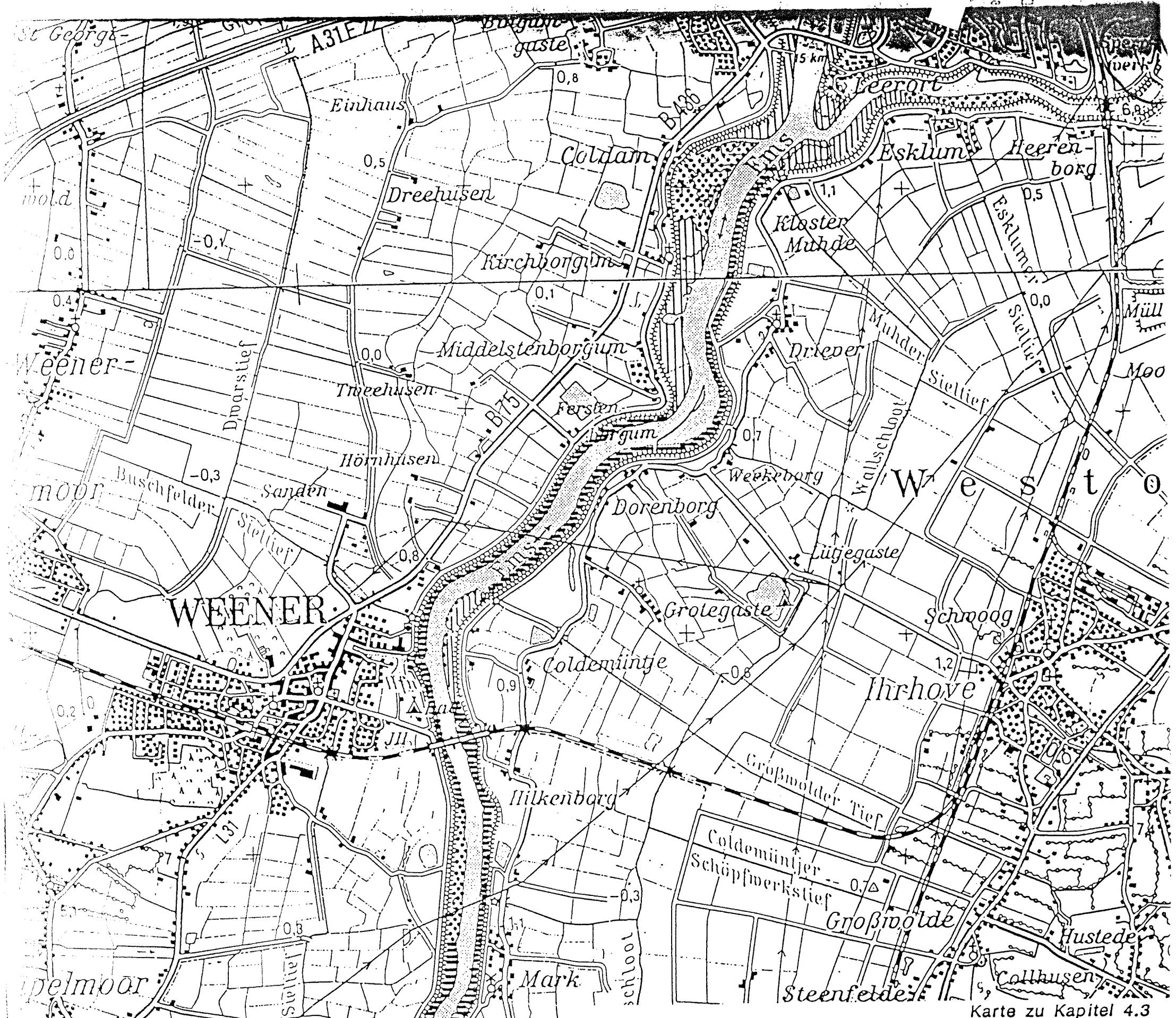
Landwirtschaftskammer Weser-Ems  
Landwirtschaftsamt Leer



Mai 1997

0 1 2 km





## Landwirtschaftliche Vorstudie zum Bau des Ems-Sperrwerkes Gandersum

Darstellung der Bewirtschaftungsintensitäten

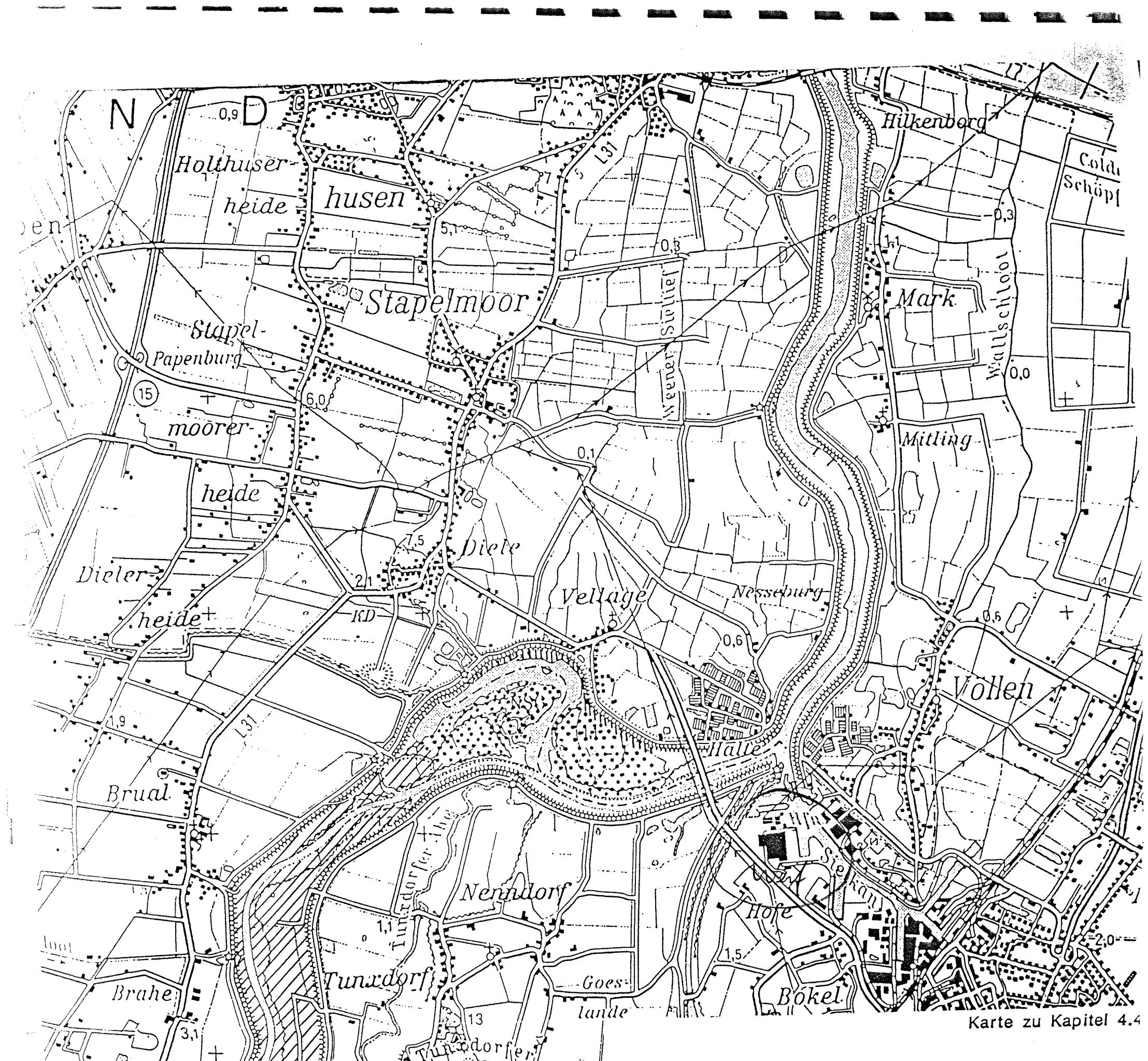
- hohe Bewirtschaftungsintensität
- mittlere Bewirtschaftungsintensität
- geringe Bewirtschaftungsintensität
- keine landwirtschaftliche Nutzung

Landwirtschaftskammer Weser-Ems  
Landwirtschaftsamt Leer



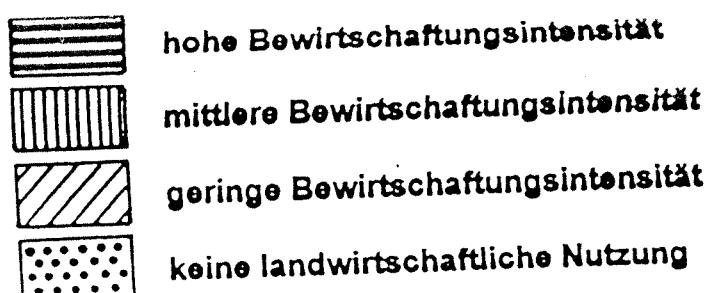
Mai 1997

0 1 2 km



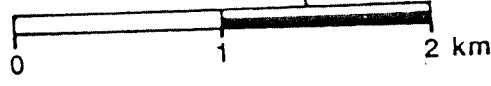
## Landwirtschaftliche Vorstudie zum Bau des Ems-Sperrwerkes Gandersum

Darstellung der Bewirtschaftungsintensitäten



Landwirtschaftskammer Weser-Ems  
Landwirtschaftsamt Leer

Mai 1997



### **Bijlage III**

#### Literatuurlijst

## Literatuurlijst.

### Boeken + Notities.

1. Tidel Flat Estuaries - Simulation of the Ems Estuary ( 1988 )  
J.Baretta, P.Ruardij
2. Sluitstuk van de Deltawerken - Stormvloedkering Nieuwe Waterweg.  
Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
3. Oosterschelde storm-surge barrier  
Rijkswaterstaat.
4. River runoff regulation and water management calculations ( 1972 )  
P.A. Lyapichez
5. Zur dynamik der schwebstoff haushaltes im Brackwassergebieten - Emsastuars ( 1990 )  
A. Fuhrboter, P. Kayser, E.H.A.J. Roidkivi
6. Beschrijving van de Westeuropese vaarwegen ( 1960 )  
Nederlandse Rijnvaart-centrale
7. Hoch- und Niedrigwasserzeiten -fur die Deutsche Bucht und deren Flussgebiete ( 1992 )  
Bundesamt fur Seeschiffahrt und Hydrographie
8. Sedimenttransport in het Eems-Dollard estuarium, volgens de methode McLaren(1991)  
Rijkswaterstaat
9. Een waterbeweging en kwaliteitsmodel van het Eems-Dollard estuarium ( 1990 )  
Rijkswaterstaat
10. Infrastructuur en compensatie van natuurwaarden ( 1993 )  
Ministerie van verkeer en waterstaat
11. Rehabilitation of rivers for fish ( 1998 )  
European inland fishery advisory commission
12. Decision support for river management ( 1995 )  
R.L.J. Nieuwkamer
13. Alternatives in regulated river management ( 1989 )  
J.A. Gore , G.E. Petts
14. Een model voor resuspensie en sedimentatie van slib ( markermeer ) ( 1991 )  
Rijkswaterstaat -riza
15. Water- en slibbeweging in diepe putten in de uiterwaarden (1991 )  
Rijkswaterstaat -riza

16. Natuurontwikkeling in uiterwaarden - perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van ooibossen in de uiterwaarden van de Rijn (1991)  
TNO, Rijkswaterstaat e.a.
17. Estuarine Transport Processes (1979)  
B. Kjerfve
18. Meyer Werft - Papenburg (1795-1988)  
R. Eilers  
K. Kiedel
19. Samenvatting van plannen BAW.
20. Bewertung des einbaus einer Schleuse in das geplante Ems-Sperrwerk bei Gandersum (1997) Planco Consulting GMBH
21. Sturmflutsperrwerk Ems bei Gandersum(1997)
22. Gutachten zur Tidedynamiek.
  - Salzgehalts- und Schwebstoffverhaltnisse in der Unterems
  - Analyse der Salzgehaltsverhaltnisse in Unter- und AusseremsBAW
23. Stellungnahme zum Planfeststellungsverfahren: Bau eines Emssperrwerke.(1997)  
BUND/WWF
24. Toetsingsadvies over de "Umweltvertraglichkeitstudie Emssperrwerk zwichen Gandersum und Nendorp"(1997)  
Commissie MER
25. Bedenkingen tegen "Erlauterungsbericht zum antrag auf fesstellung des planes fur den Bau eines Emssperrwerkes"(1997)  
Waddenvereniging.
26. Okologie studie: Umwelt vertraglichkeit zum antrag auf Planfeststellung fur die Errichtung eines Emssperrwerkes(1997)  
IBL UmweltPlanning/UVS.
27. Vorstudie zum Bau des Ems-Sperrwerkes Gandersum zur landwirtschaftlichen betroffenheit der Emsniederung.(1997)  
Landwirtschaftsamt Leer.

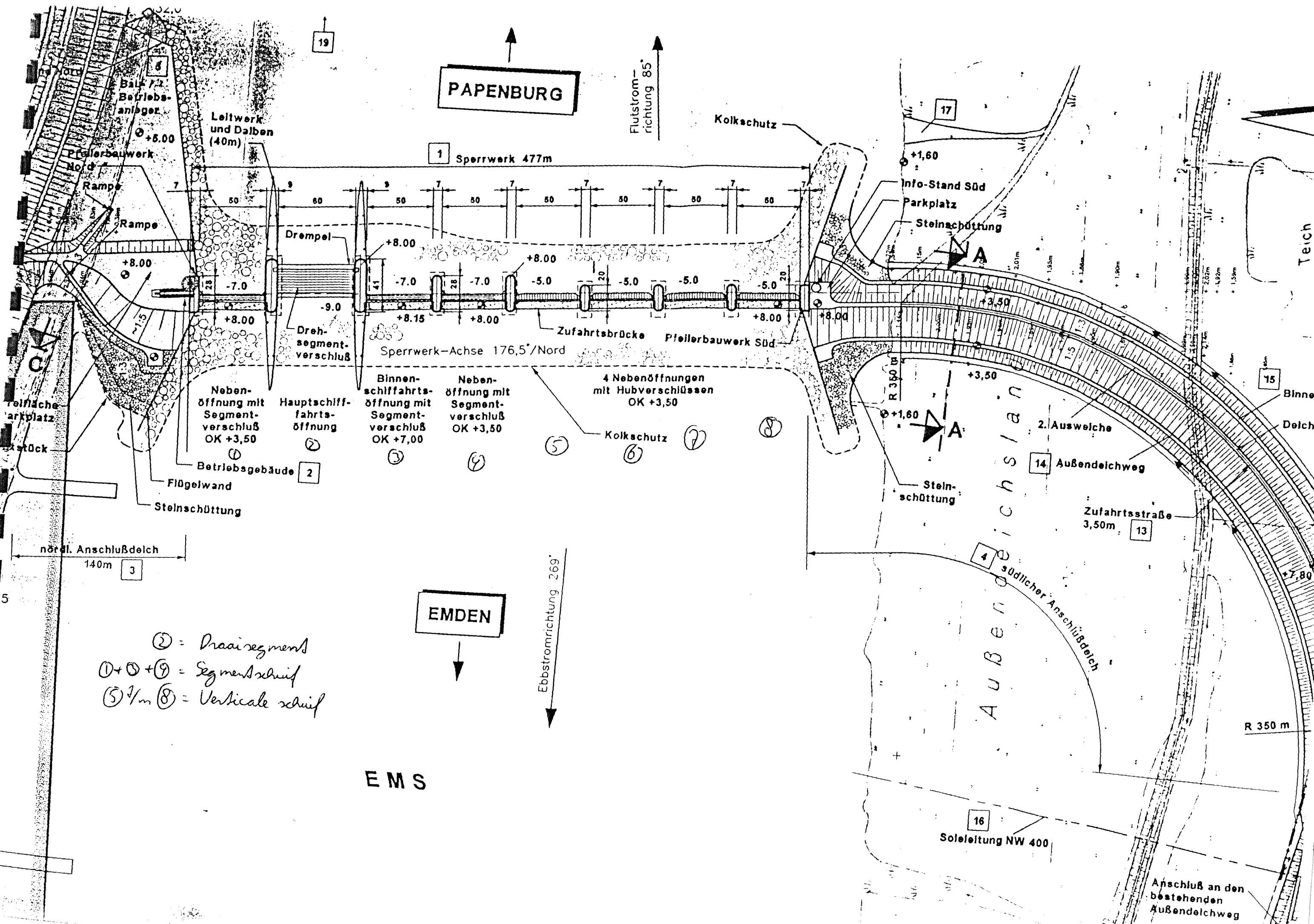
### **Dictaten.**

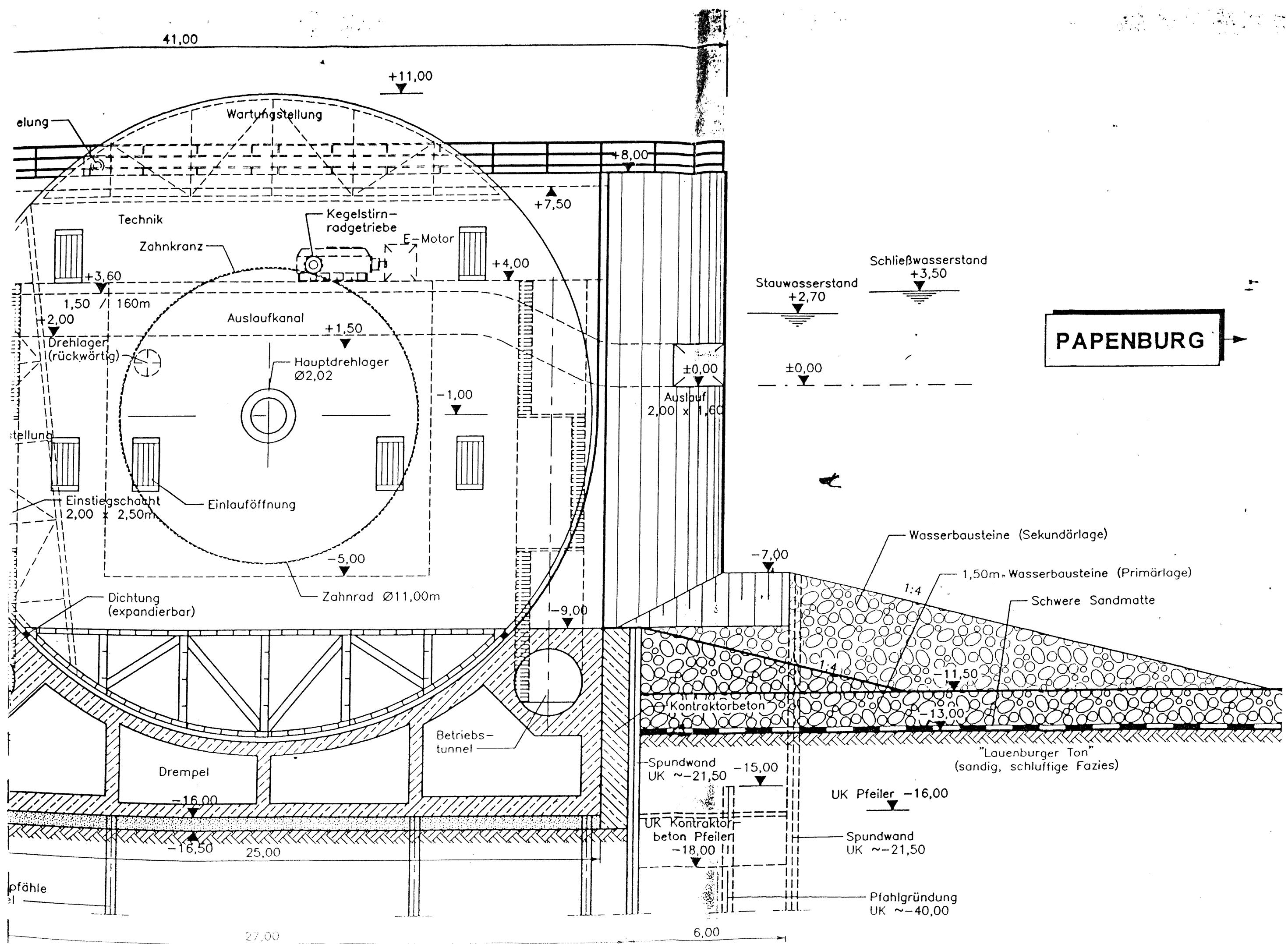
1. B73
2. B71
3. F16L
4. F12/F13
5. B84
6. CTbb4170
7. F4

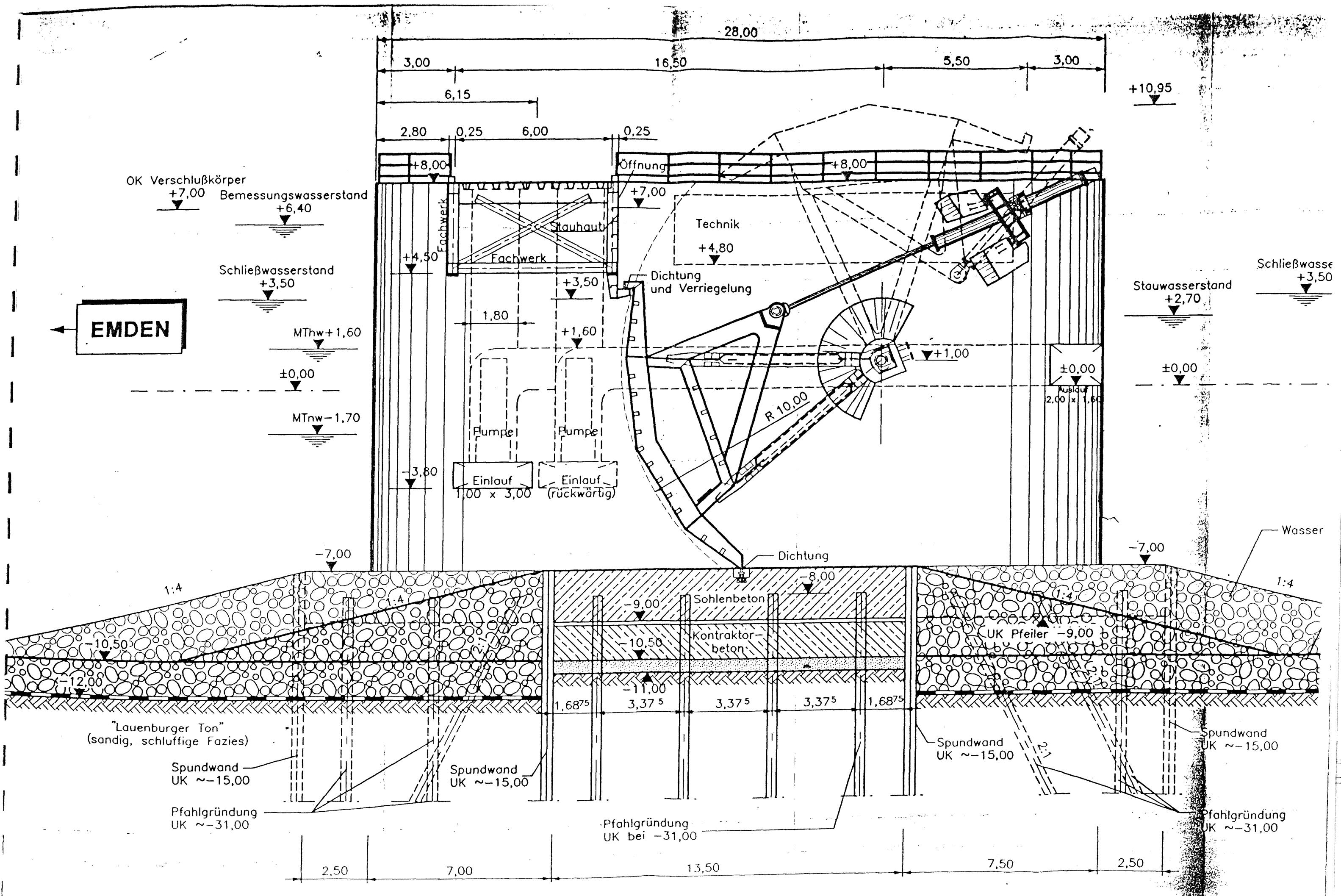
### **Internet.**

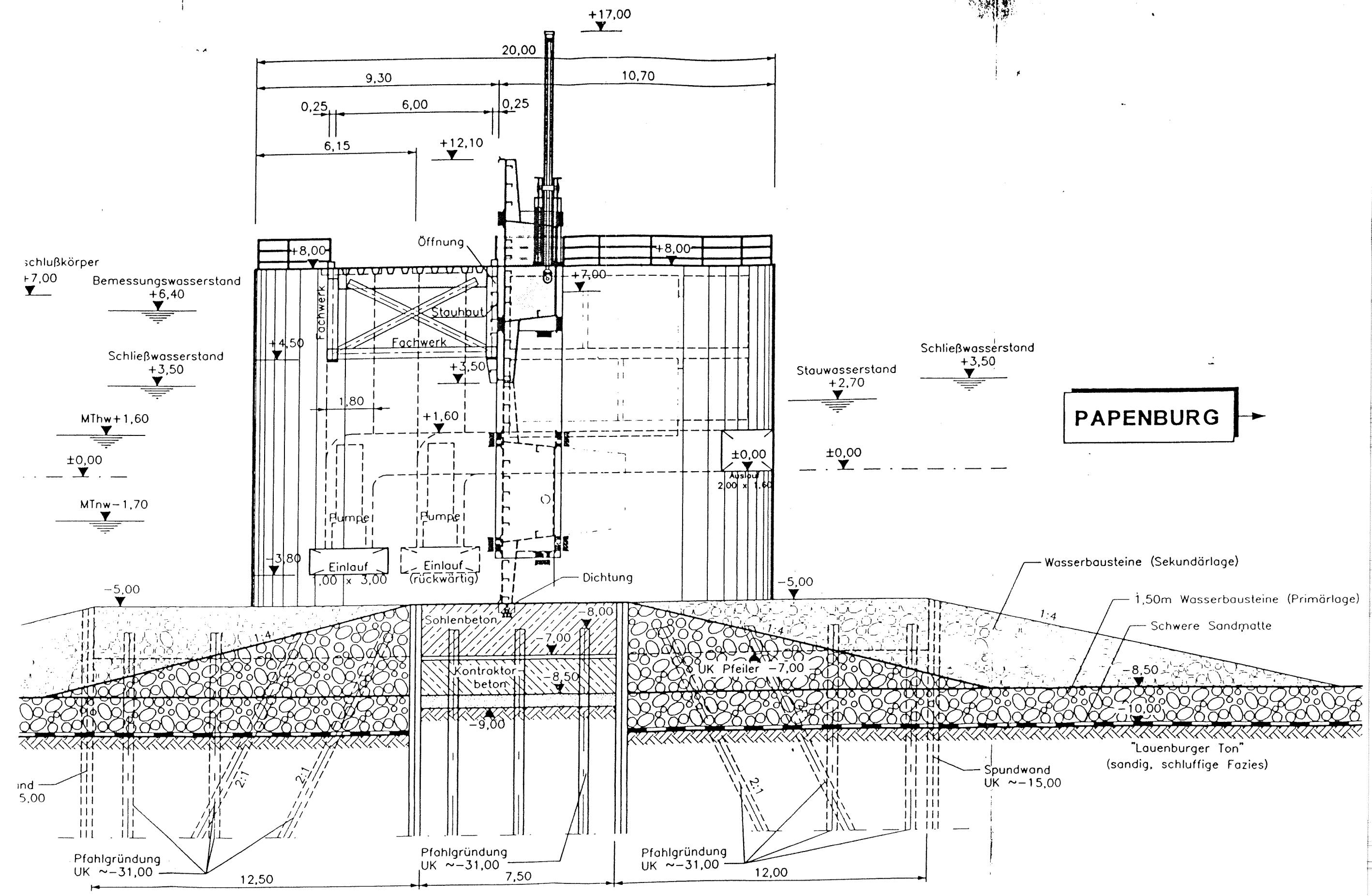
## **Bijlage IV**

Technisch tekeningen van Duitse ontwerp van Ems-kering









**Bijlage V**

Foto's Ems en Unterems

**Zomerdijk te Hebrum**



**Zomerdijk te Terborg**



**Unterems te Leerort**



**Unterems te Gandersum (lokatie Ems-kering)**



**Bijlage VI**

Foto Dollard en Außenems

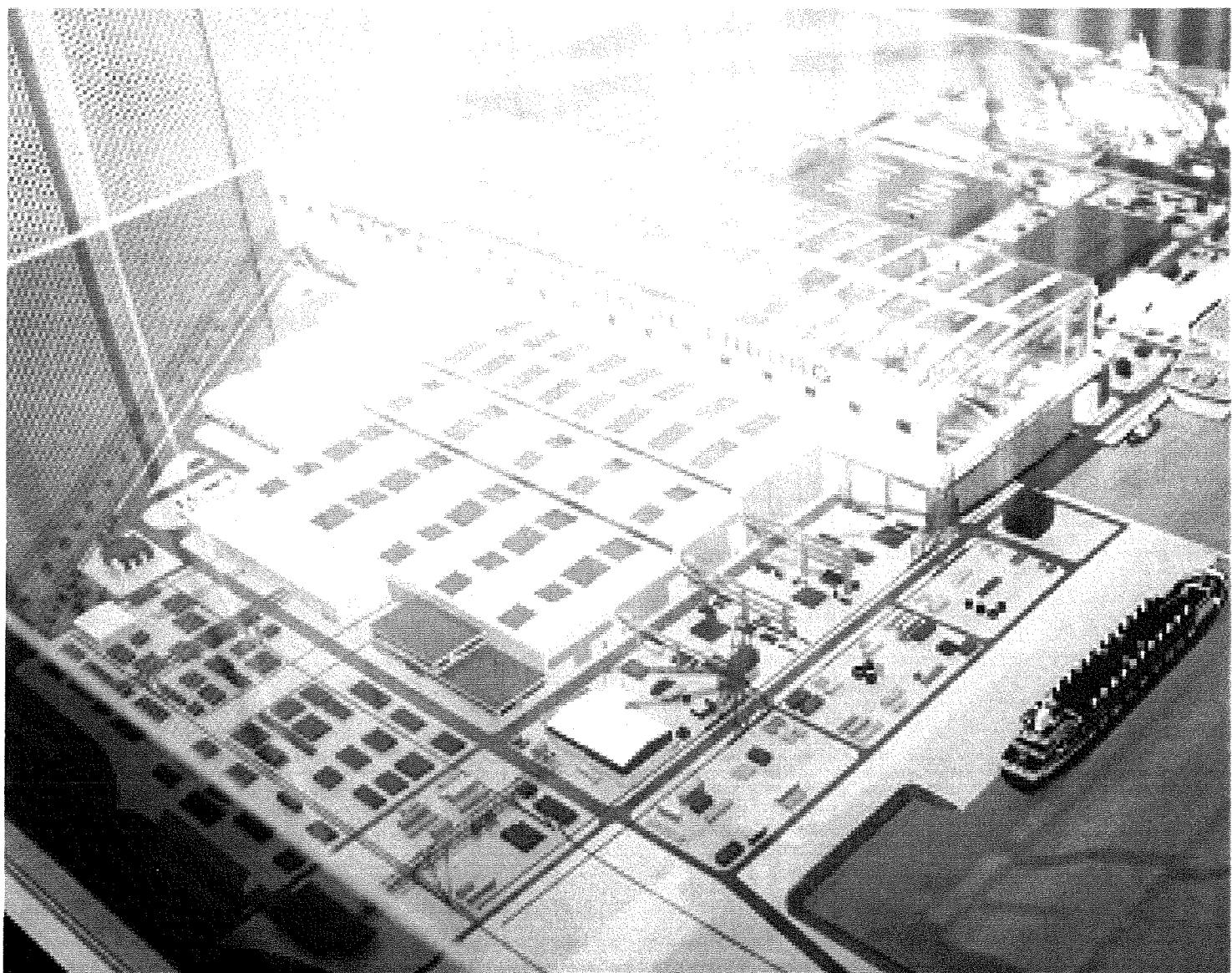
## Bijlage VI

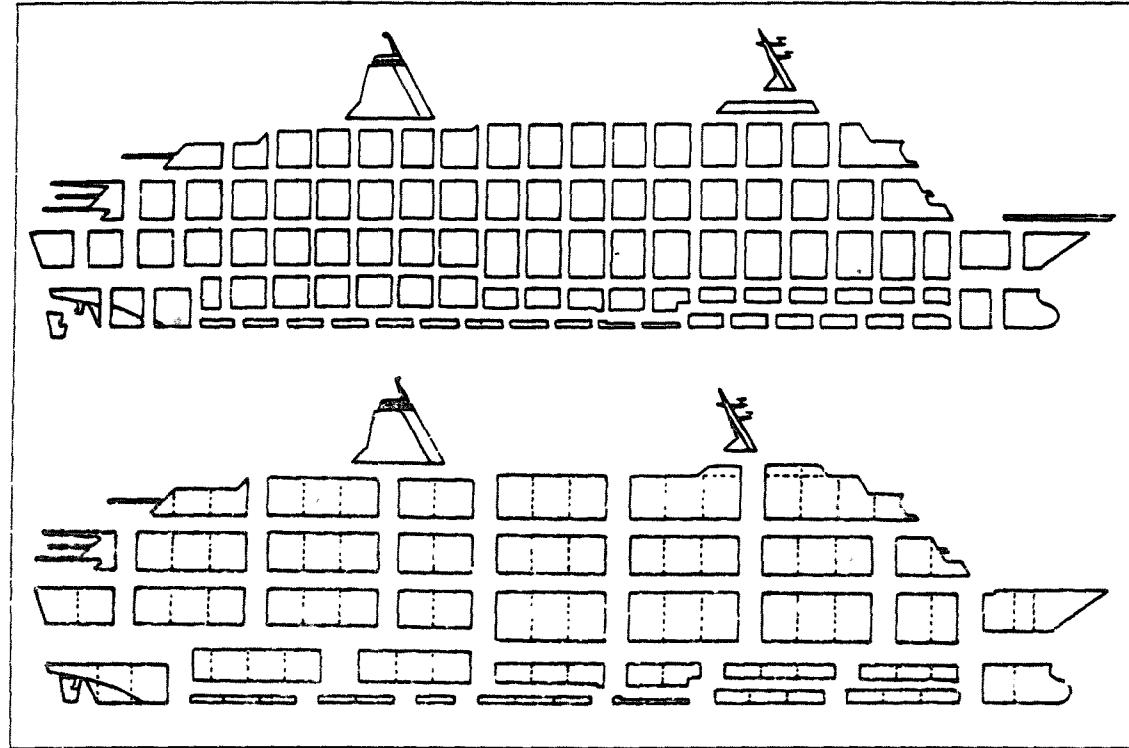
Foto Eems & Dollard; Geise Leitdamm



## **Bijlage VII**

Foto's Meyer-werf & Meyer-werf schepen

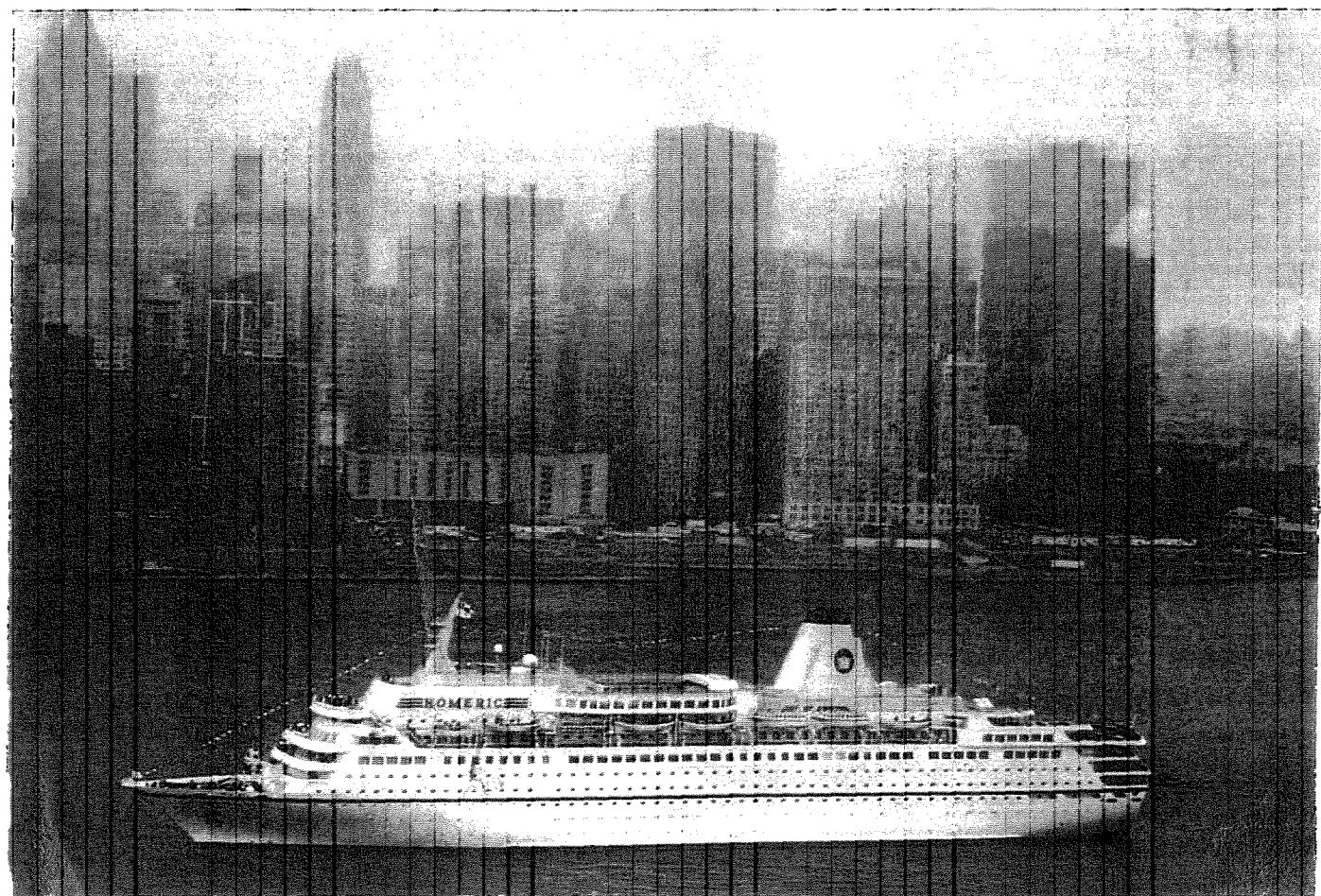


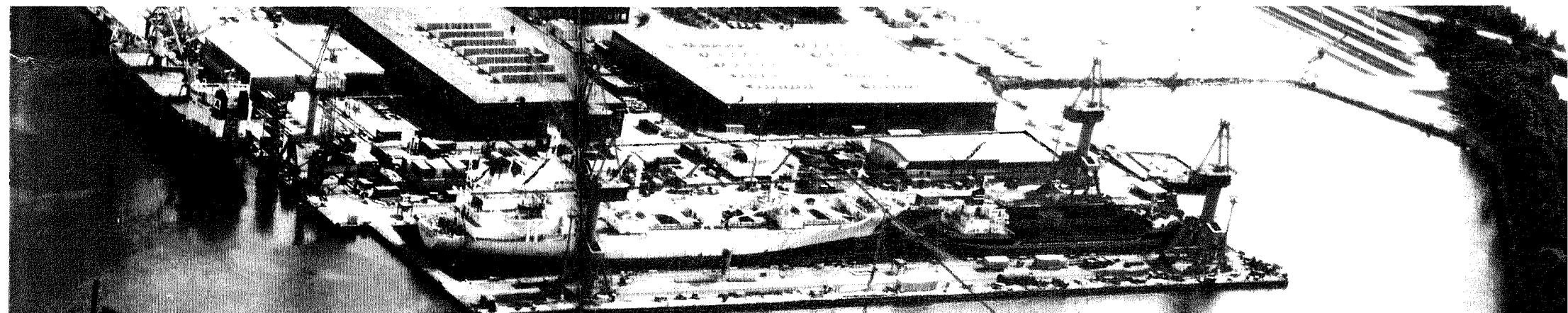


Diese beiden Skizzen verdeutlichen am Beispiel der HOMERIC, in welchem Maße das neue Baudock mit dem 600-t-Kran den Schiffbau auf der Meyer Werft verändern wird. Das obere Bild zeigt die Hauptsektionen, aus denen die HOMERIC tatsächlich auf den Querbelgen zusammengebaut worden ist, das untere Bild zeigt dagegen, wieviel größer die Sektionen in dem neuen Baudock hätten sein können.

These two sketches of the HOMERIC serve to indicate the extent to which the new building dock with its 600 ton crane will change shipbuilding in the Meyer shipyard. The upper picture shows the main sections from which the HOMERIC was actually assembled on the crosswise building slips. The lower picture shows in contrast how much larger the main sections could have been in the new building dock.

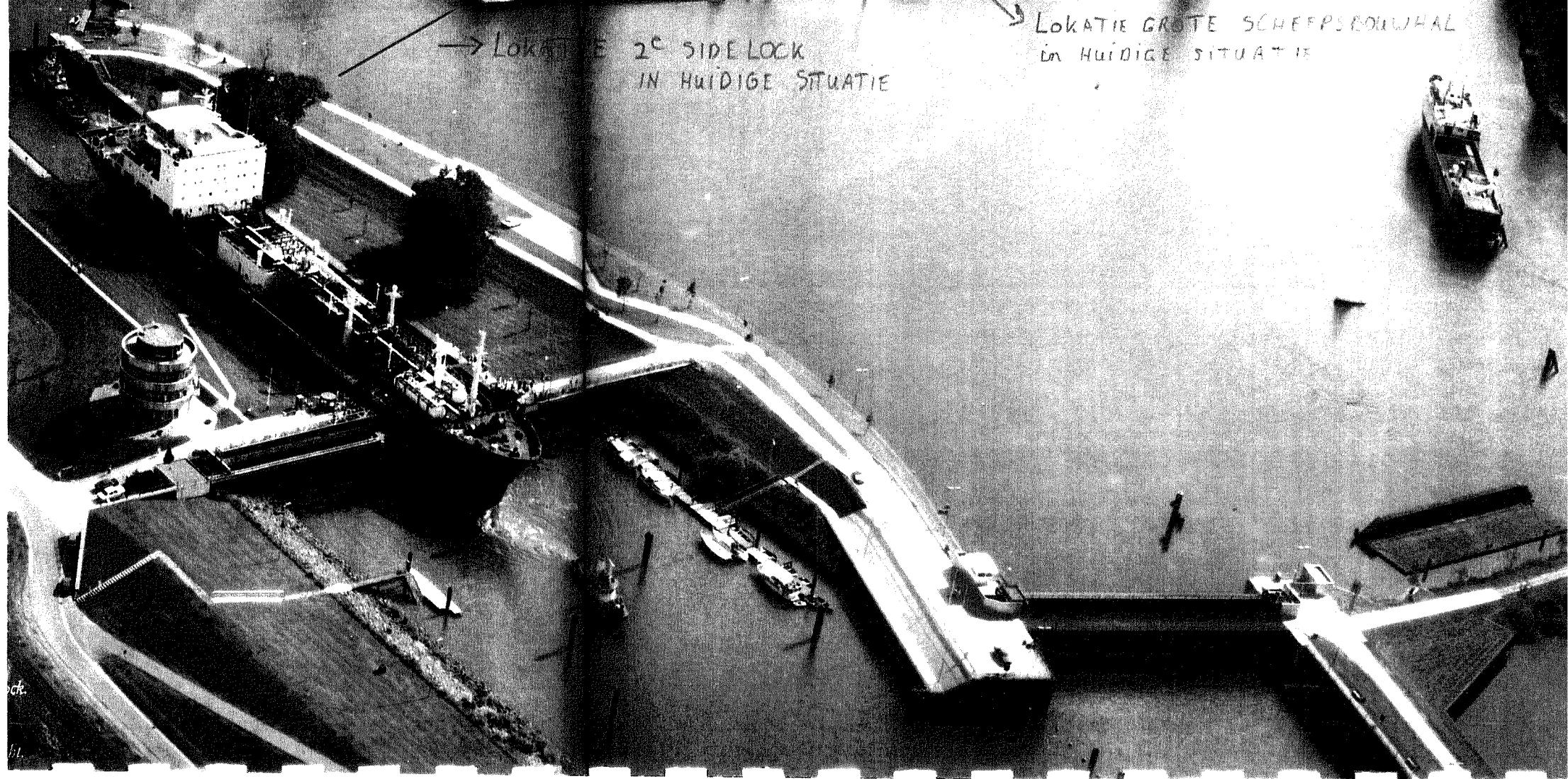
Ankunft der HOMERIC in New York im Mai 1986.  
Arrival of the HOMERIC in New York in May 1986.

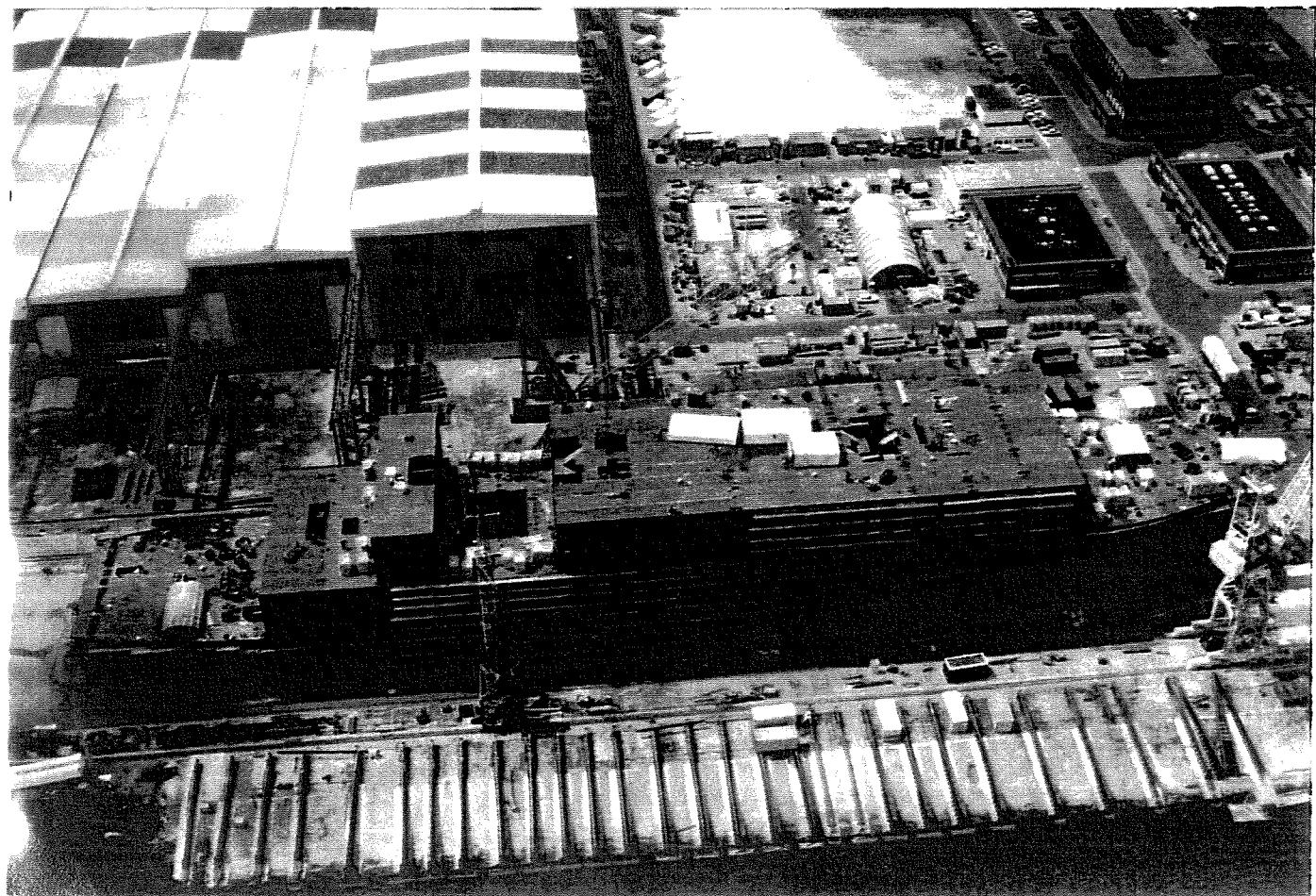
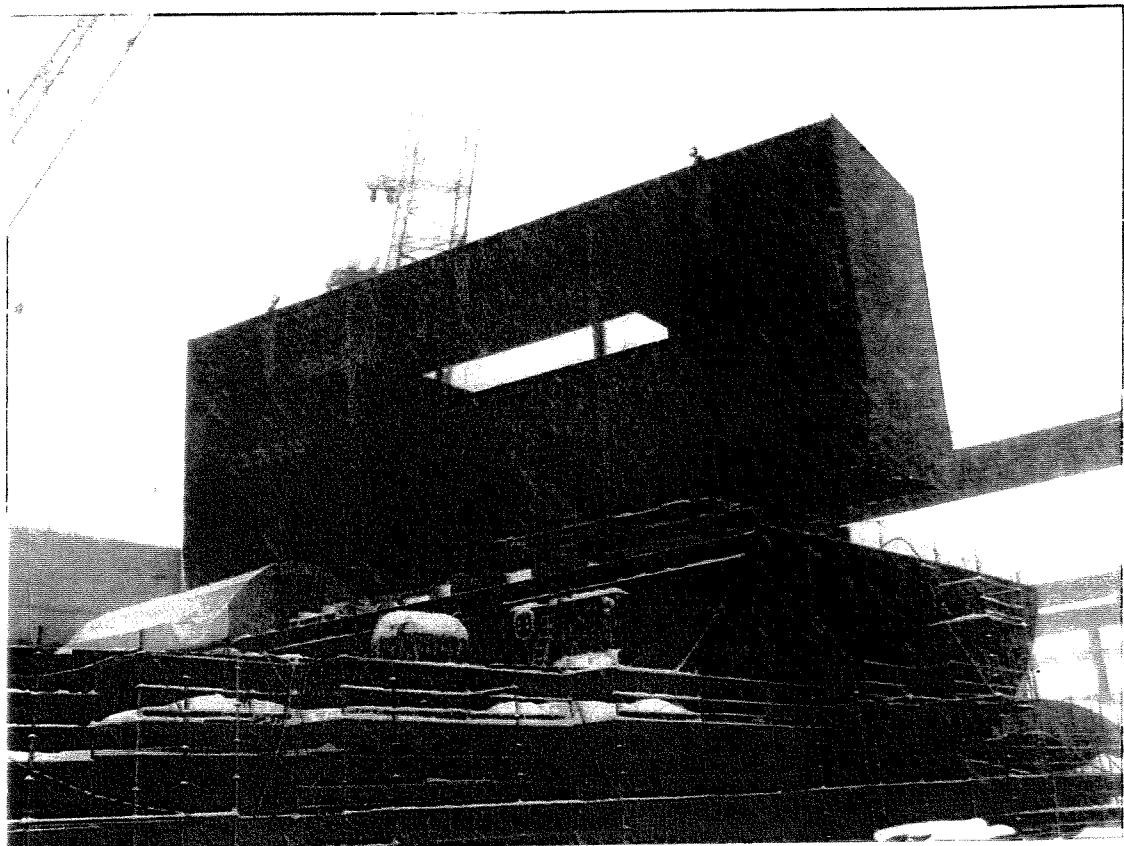




→ LOKATIE 2<sup>e</sup> SIDE LOCK  
IN HUIDIGE SITUATIE

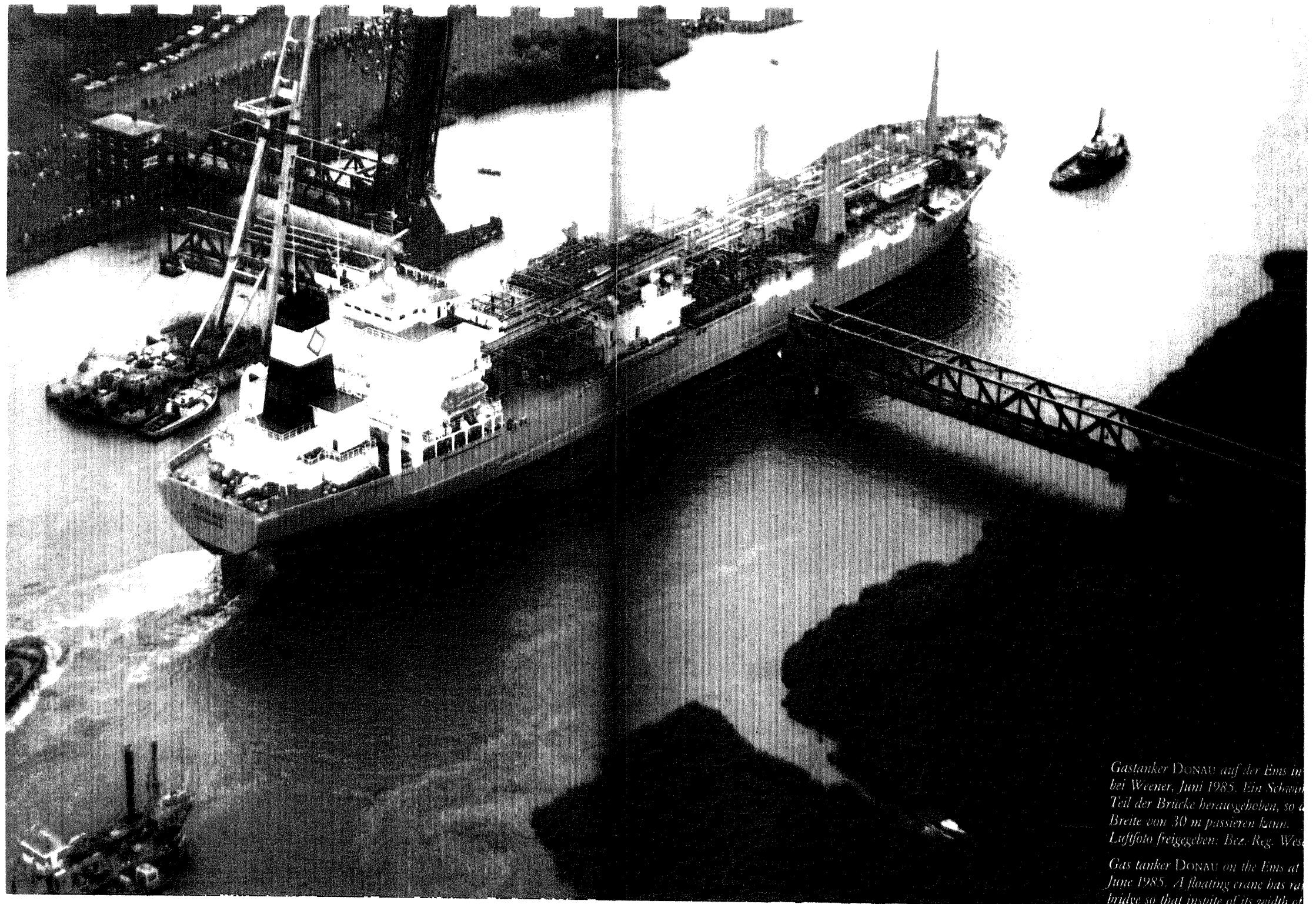
→ LOKATIE GROTE SCHEEFPSBOUWHAL  
IN HUIDIGE SITUATIE





**Bijlage VIII**

Foto brug over Unterems



Gastanker DONAU auf der Ems in  
bei Weener, Juni 1985. Ein schwimmendes  
Teil der Brücke herausgeheben, so dass  
Breite von 30 m passieren kann.  
Luftfoto freigegeben; Bez. Reg. Weser

Gas tanker DONAU on the Ems at  
June 1985. A floating crane has raised  
bridge so that inspite of its width of

## **Bijlage IX**

Getijgegevens + overstromingsfrequentie

Tab. C.I 4.2.1.3/1: Anzahl der Überschreitungen von Thw-Ständen (NN +1,60 bis NN + 2,40 m) am Pegel Pogum (Unterems) in den Monaten März - Juli (1984 - 1996)

	März 160	April 160	Mai 160	Juni 160	Juli 160	März 180	April 180	Mai 180	Juni 180	Juli 180	März 200	April 200	Mai 200	Juni 200	Juli 200
14	10	24	27	27	1	2	5	13	7	1	1			5	3
15	7	30	16	24	26	3	14	5	8	9	2	6	3	3	4
16	17	13	21	31	29	10	5	4	22	12	5	1		1	2
17	18	9	24	20	27	15	2	9	5	12	9		5	3	6
18	31	14	13	26	27	19	5	1	6	10	12			1	5
19	29	8	17	19	20	18	1	6	8	4	13		2		1
20	34	21	14	14	19	27	9	3	4	8	17	6			4
21	10	16	18	23	17	3	5	8	9	7	1	2	2	4	3
22	23	20	13	15	22	17	11	6	4	9	10	6	1		1
23	17	8	10	20	23	11	3	1	4	9	4	1		2	6
24	38	25	22	30	16	25	11	7	12	2	16	6	1	1	
25	35	27	14	27	20	27	17	8	9	8	20	10	2	4	2
26	8	6	15	22	19			5	11	9			2	4	

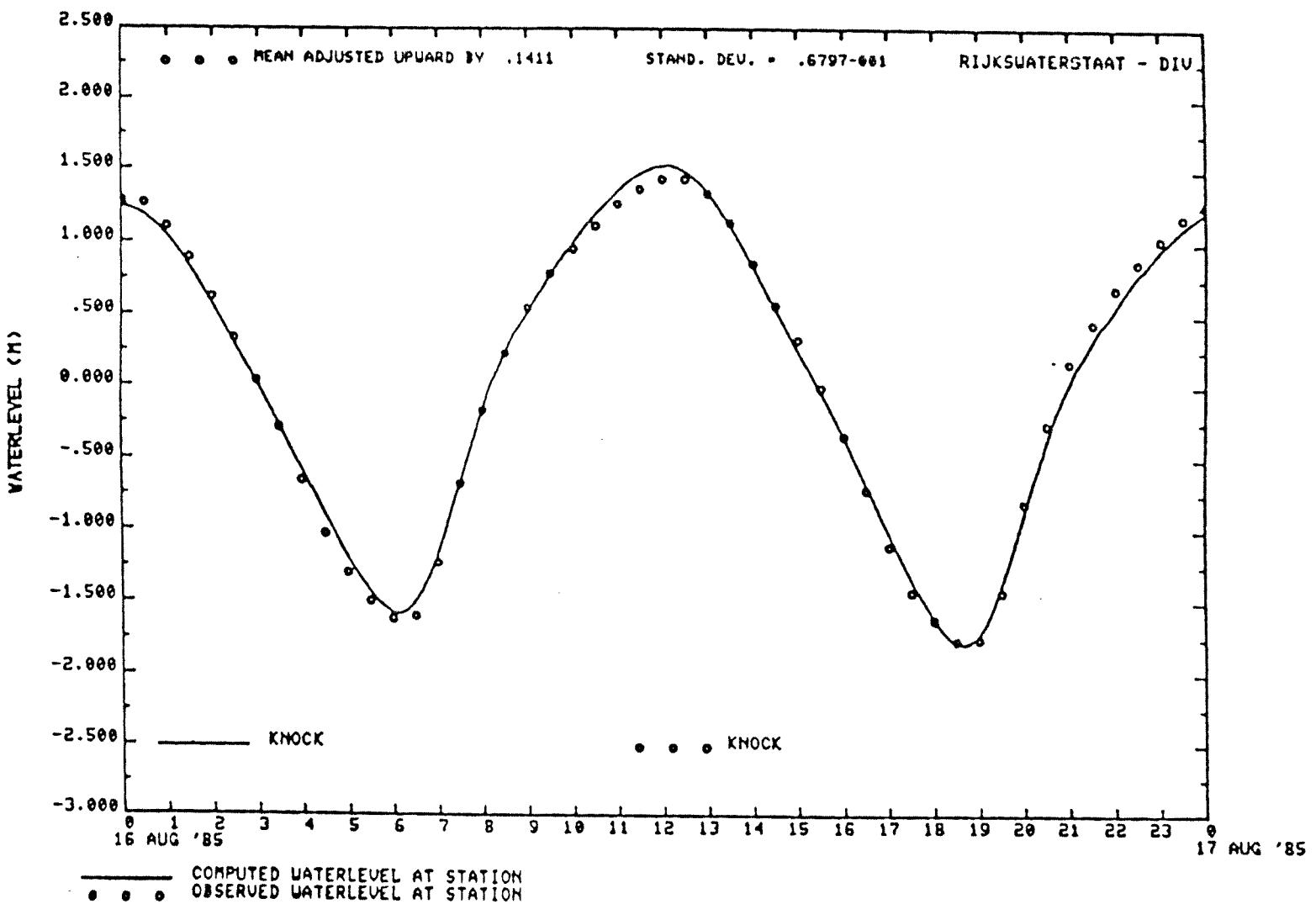
Abb. 130: Anzahl der Überschreitungen des Pegelstandes in Bereich NN +1,60 m bis NN +1,79 m

C) 4.2.1.3/1: Anzahl der Überschreitungen von Thw-Ständen (NN +1,60 bis NN + 2,40 m) am Pegel Pogum (Unterems) - Fortsetzung

**Engel Pogum (WSA Emden): Dauertabelle Thw**

Zahl der Überschreitungen des Pegelstandes in Bereich NN +1 60 m bis NN +1 79 m

EEMS-008 , OPC 008-005, SIMULATIE AUG 1985 (850814 10.0(MET)-850810 0.0) IDPI 89/02/23 15:22:06 SIM: 89/02/23 21:24:55  
OBSI 89\06\03 09:34:21  
OBSERVED WATER LEVELS AUG 14 - AUG 20, 1985(MET)



**Mittlerer Tidenhub und  
mittleres Hochwasser (in Metern)**

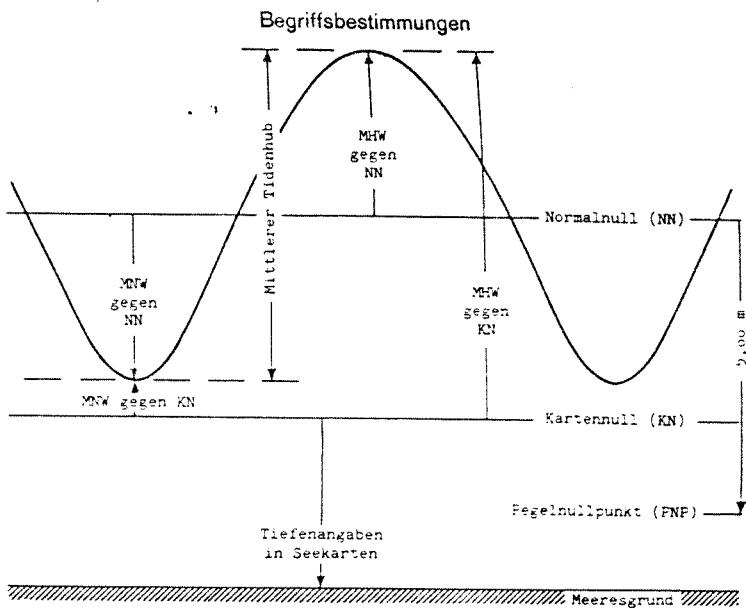
Ort	MTH	MHW gegen	
		NN	KN
Farge . . . . .	3,7	2,1	3,7
Vegesack . . . . .	3,8	2,3	3,8
Lesum . . . . .	2,9	2,2	3,7
Wasserhorst . . . . .	2,7	2,2	3,7
Hamme, Bitterhude . . . . .			
Wümme . . . . .	1,9	1,9	*
Niederblockland . . . . .	1,1	1,8	*
Borgfeld . . . . .			
Ochtum . . . . .	2,4	2,3	3,8
Ochtum Sperrwerk . . . . .			
Bremen . . . . .			
Ostlebhausen . . . . .	4,0	2,4	3,9
Weserwehr . . . . .	3,9	2,5	4,0
Jadegebiet . . . . .			
Wangeröoge Ost . . . . .	2,9	1,4	3,1
Minsener Oog, Buhne C . . . . .	3,0	1,4	3,2
Mellumplate, Leuchtturm . . . . .	3,0	1,4	3,2
Hooksiel . . . . .	3,3	1,6	3,6
Voslapp . . . . .	3,4	1,6	3,6
Wilhelmshaven, Neußer Vorhafen . . . . .	3,7	1,7	3,9
Wilhelmshaven, Alter-Vorhafen . . . . .	3,8	1,7	4,0
Ostfriesische Inseln und Küste . . . . .			
Wangeröoge West . . . . .	2,8	1,4	3,0
Spikeröog . . . . .	2,7	1,4	2,9
Neuharlingersiel . . . . .	2,9	1,4	3,0
Langeoog . . . . .	2,7	1,3	2,8
Bensersiel . . . . .	2,8	1,4	3,0
Dornumer - Accumersiel . . . . .	2,8	1,3	2,9
Baltrum, Westende . . . . .	2,5	1,2	2,6
Norderney, Riffgat . . . . .	2,4	1,2	2,6

\* : Werte unbekannt

**Mittlerer Tidenhub und  
mittleres Hochwasser (in Metern)**

Ort	MTH	MHW gegen	
		NN	KN
Norddeich, Hafen . . . . .	2,5	1,2	2,7
Juist, Hafen . . . . .	2,4	1,2	2,5
Memmert . . . . .	2,4	*	2,6
Leybuchtsiel . . . . .	*	*	3,0
Borkum, Fischerhafen . . . . .	2,4	1,1	2,5
Borkum, Sudstrand . . . . .	2,3	1,0	2,4
Hubertgat . . . . .	2,2	1,0	2,4
Emsgebiet . . . . .			
Emshörn . . . . .	2,5	1,2	2,6
Paapsand . . . . .	2,8	1,1	3,0
Knock . . . . .	2,9	1,3	3,1
Emden, Neue Seeschleuse . . . . .	3,2	1,4	3,3
Ems . . . . .			
Pogum . . . . .	3,2	1,5	3,4
Terborg . . . . .	3,1	1,6	3,2
Leerort . . . . .	3,0	1,6	3,0
Leda . . . . .			
Leda Gütemeßstation . . . . .	2,8	1,6	*
Wiltshausen . . . . .	2,3	1,5	*
Weener . . . . .			
Poppenburg . . . . .	2,9	1,7	3,0
Herbrum, Hafendamm . . . . .	2,8	1,7	2,8
	2,5	1,9	2,5

\* : Werte unbekannt



Mittleres Hochwasser (MHW) ist eine abgekürzte Bezeichnung für den aus einer hinreichend langen Beobachtungsreihe abgeleiteten mittleren Hochwasserstand oder die entsprechend abgeleitete mittlere Hochwasserhöhe (MHHW).

Mittleres Niedrigwasser (MNW) ist eine abgekürzte Bezeichnung für den aus einer hinreichend langen Beobachtungsreihe abgeleiteten mittleren Niedrigwasserstand oder die entsprechend abgeleitete mittlere Niedrigwasserhöhe (MNNW).

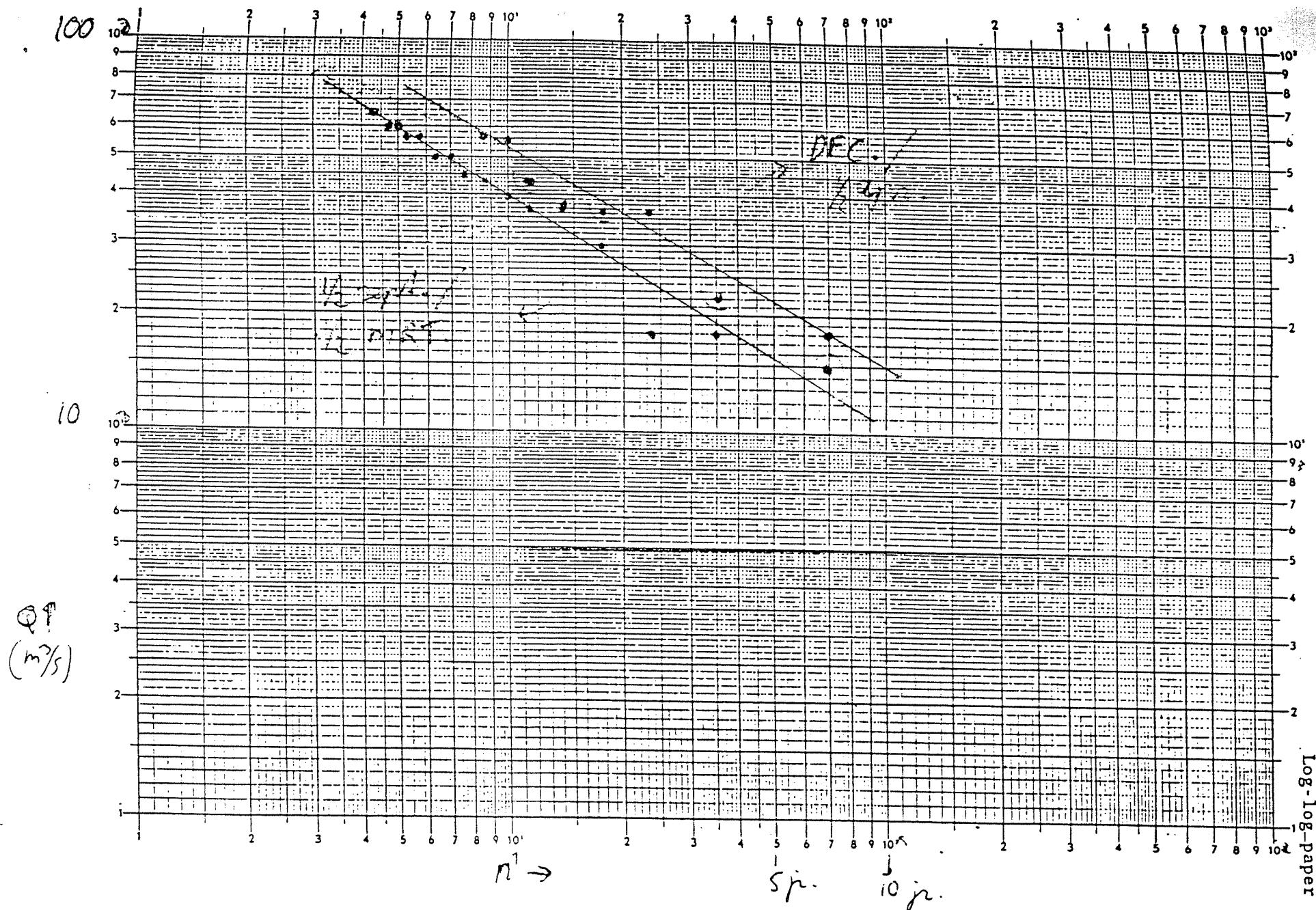
Mittlerer Tidenhub (MTH) ist der Unterschied zwischen den mittleren Höhen des Hoch- und des Niedrigwassers.

Kartennull (KN) ist die Nullfläche, auf welche die Tiefenangaben einer Seekarte bezogen sind. In den Gezeitengebieten stimmt das Kartennull im allgemeinen nicht mit dem Normalnull (NN) der Landesvermessung überein. Die Lage des Kartennulls zum Normalnull ist von Ort zu Ort verschieden.

Pegelnulipunkt (PNP) liegt 5 m unter NN.

## **Bijlage X**

Kansverdeling afvoer Ems

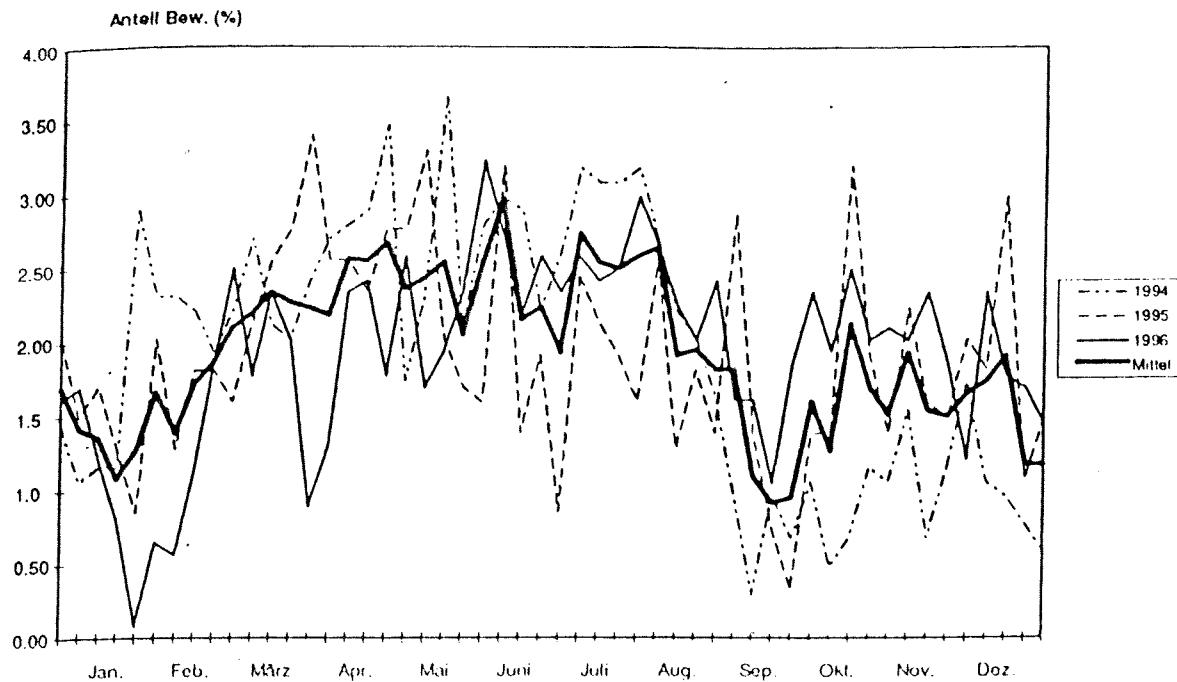


Kans van onderschrijding eens in de  $n$  jaar.

## **Bijlage XI**

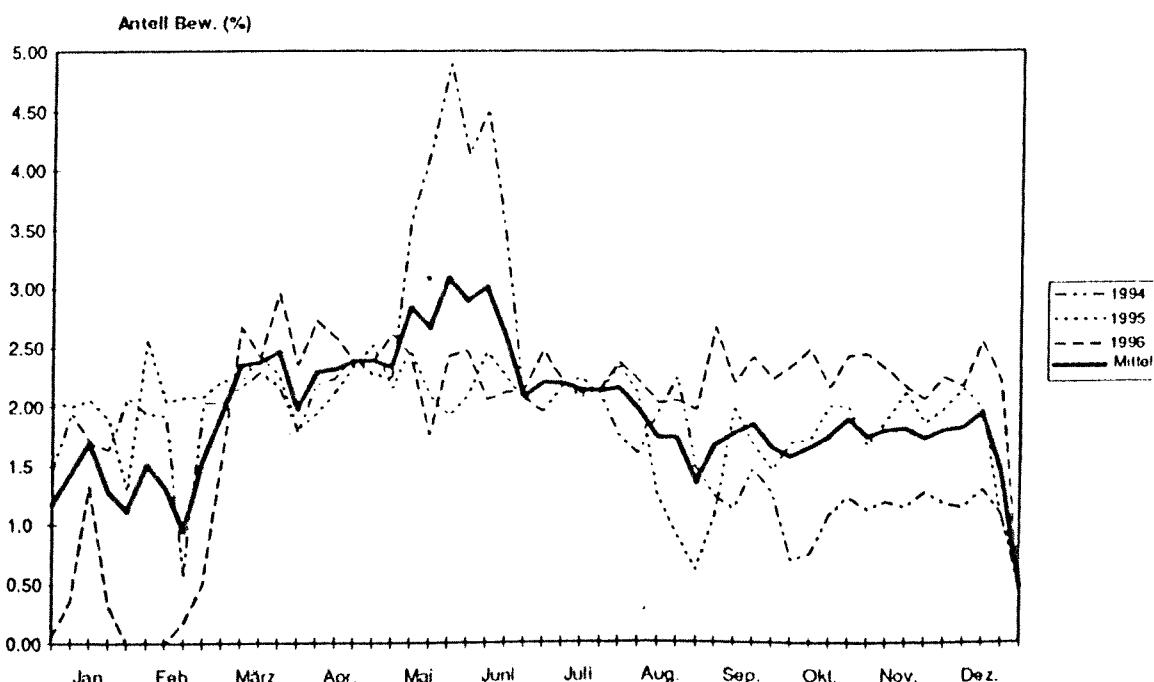
### **Intensiteit scheepvaart**

### Jahreszeitliche Verteilung der Seeschiffsverkehre durch das Sperrwerk

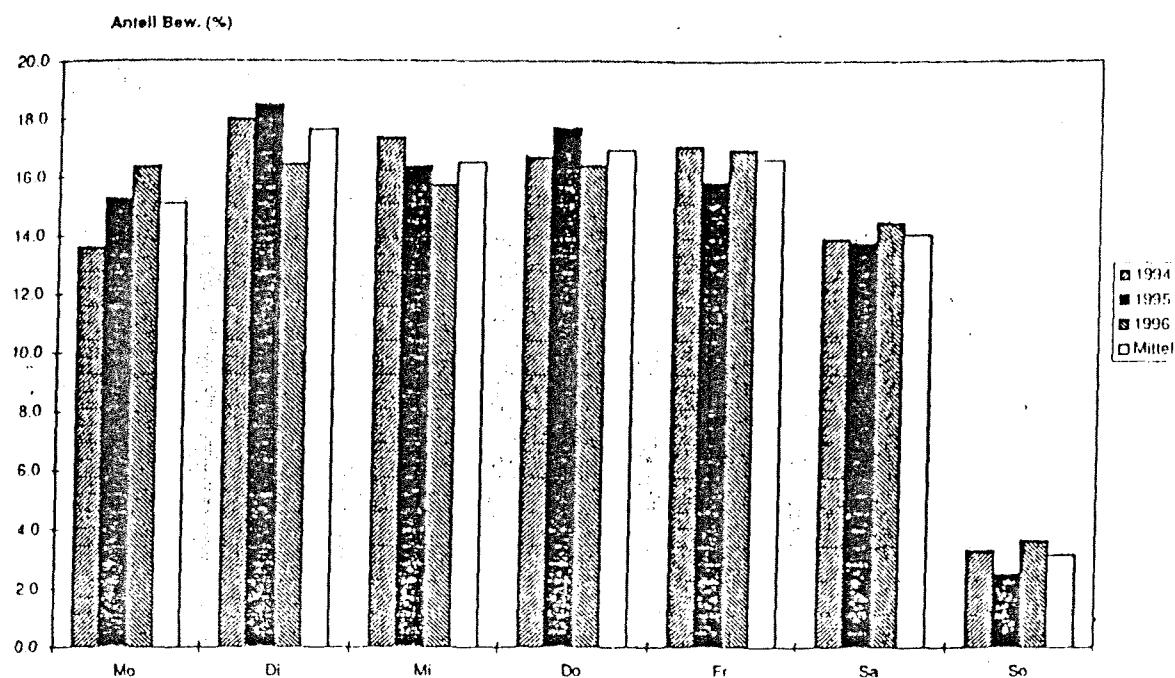


Analog zum Vorgehen für die Seeschiffahrt wurde die jahreszeitliche Verteilung für die Binnenschiffahrt analysiert und in der folgenden Abbildung dargestellt. Auch hier fällt der durchschnittliche Anteil zwischen Ende April und Anfang Juli (Kalenderwochen 15 bis 27) mit 2,55% deutlich höher aus als der Jahresdurchschnitt. In der restlichen Zeit des Jahres liegt der Anteil im Mittel lediglich bei 1,71%.

### Jahreszeitliche Verteilung der Binnenschiffsverkehre durch das Sperrwerk



## Wochenverteilung der Binnenschiffe



## 4.2 Prognose des Schiffsverkehrs bis zum Jahr 2015

### 4.2.1 Prognose der Flottenstruktur

Die Prognose der Flottenstruktur erfolgt getrennt nach See- und Binnenschiffahrt. Aufgrund der geplanten Lage für das Sperrwerk sind alle Seeverkehre von und nach Papenburg bzw. Leer als für die Maßnahme relevant anzusehen, nicht jedoch die Seeverkehre über den Hafen Emden.

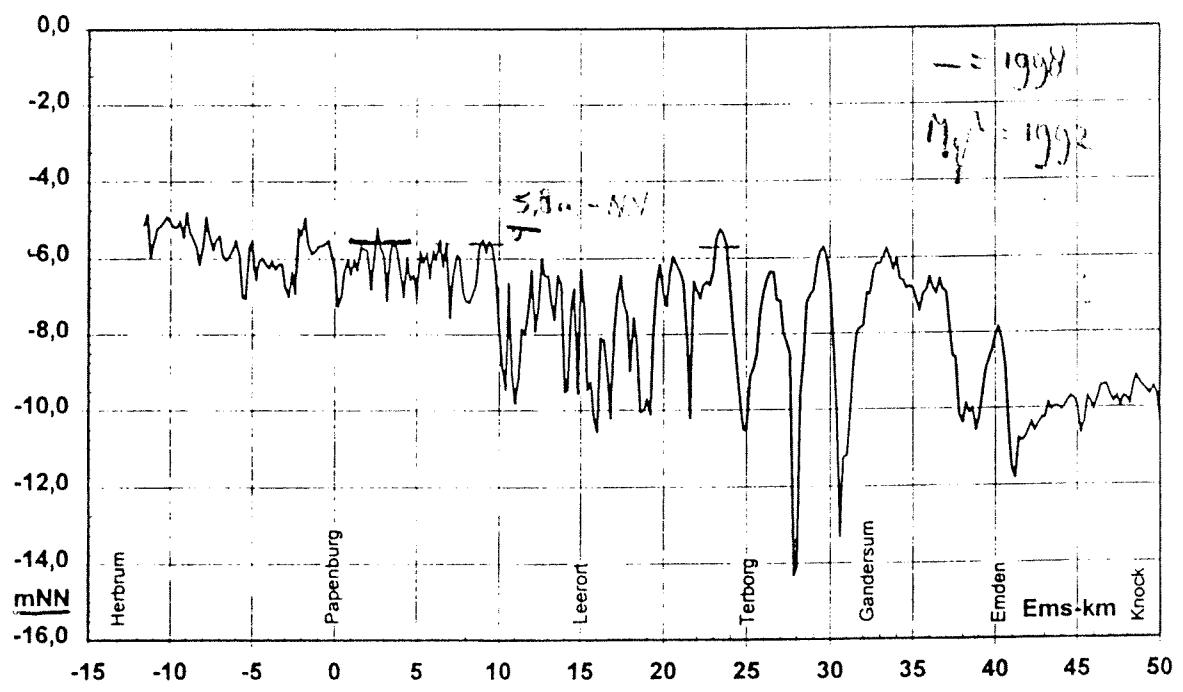
#### 4.2.1.1 Prognose der Flottenstruktur in der Binnenschiffahrt

Im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums für Verkehr hat PLANCO im Frühjahr 1997 eine Prognose von Flottenstrukturdaten für die Binnenschiffahrt erstellt. In dieser Studie werden Bestandsentwicklungen, Einsatzkostenentwicklungen etc. berücksichtigt. Für die Schleuse Herbrum wurden dabei die in der folgenden Tabelle dargestellten Veränderungsfaktoren der Anteile an den einzelnen Größenklassen (bezogen auf das Basisjahr 1994) prognostiziert.

## **Bijlage XII**

Bodemligging Duitse plannen & Huidige situatie

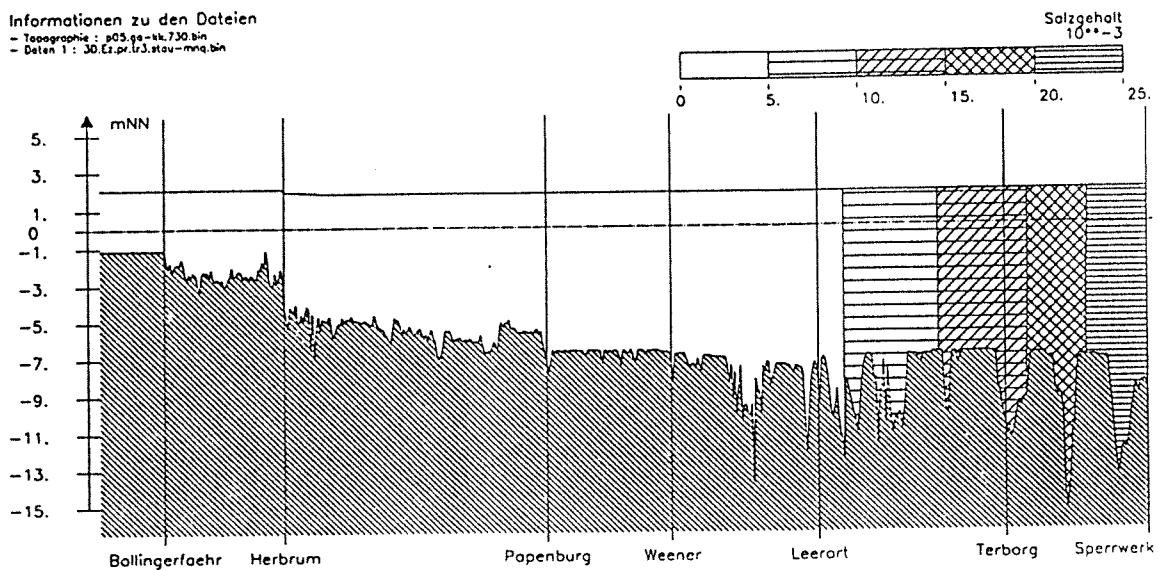
## Bodem ligging 'ruidige' situatie



# Bodenligging Nutze plannen

## Informationen zu den Dateien

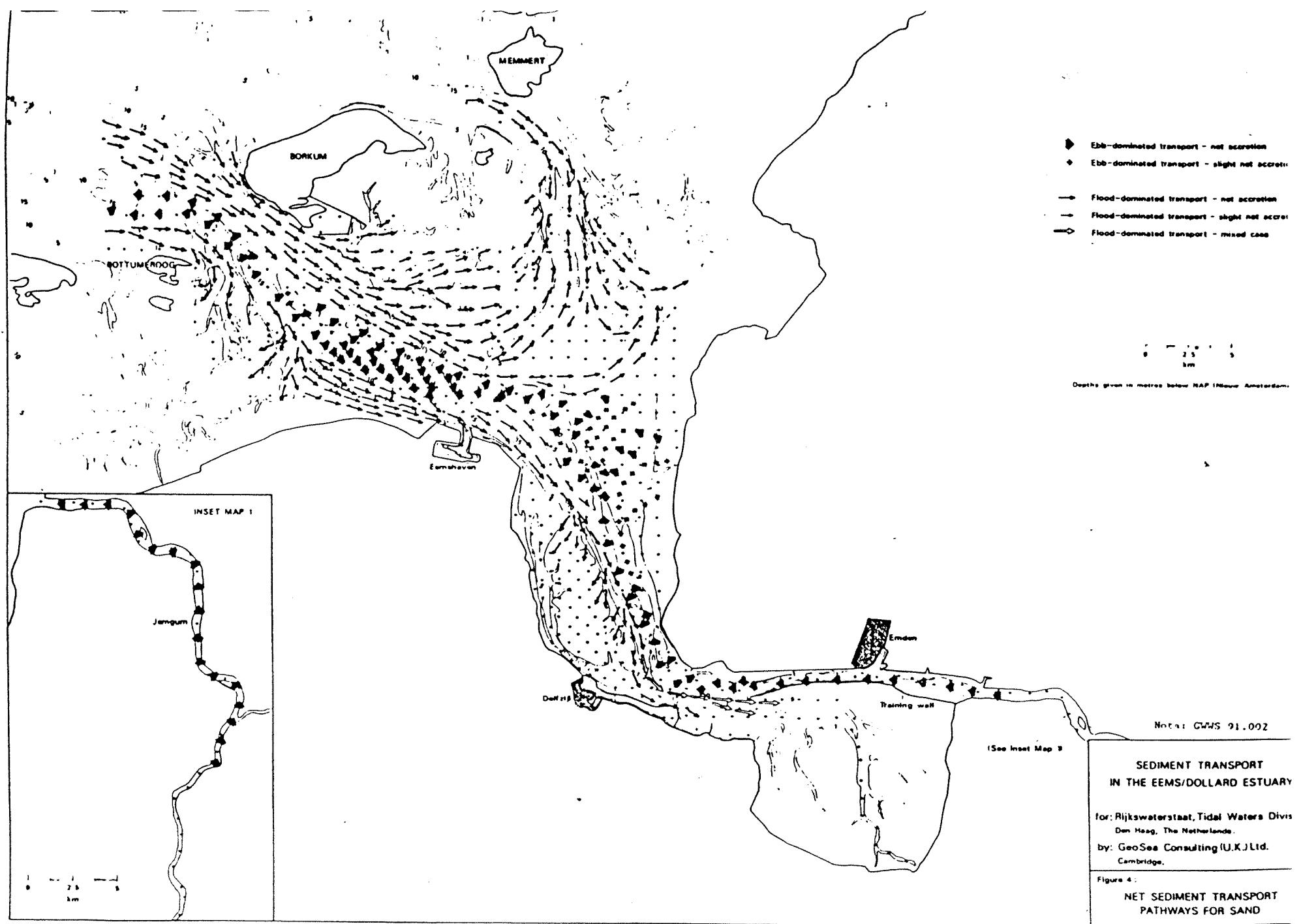
- Topographie : p03.gd-kk.730.bin
- Daten 1 : 30.Ez.pr.lz3.stau-mnnq.bin



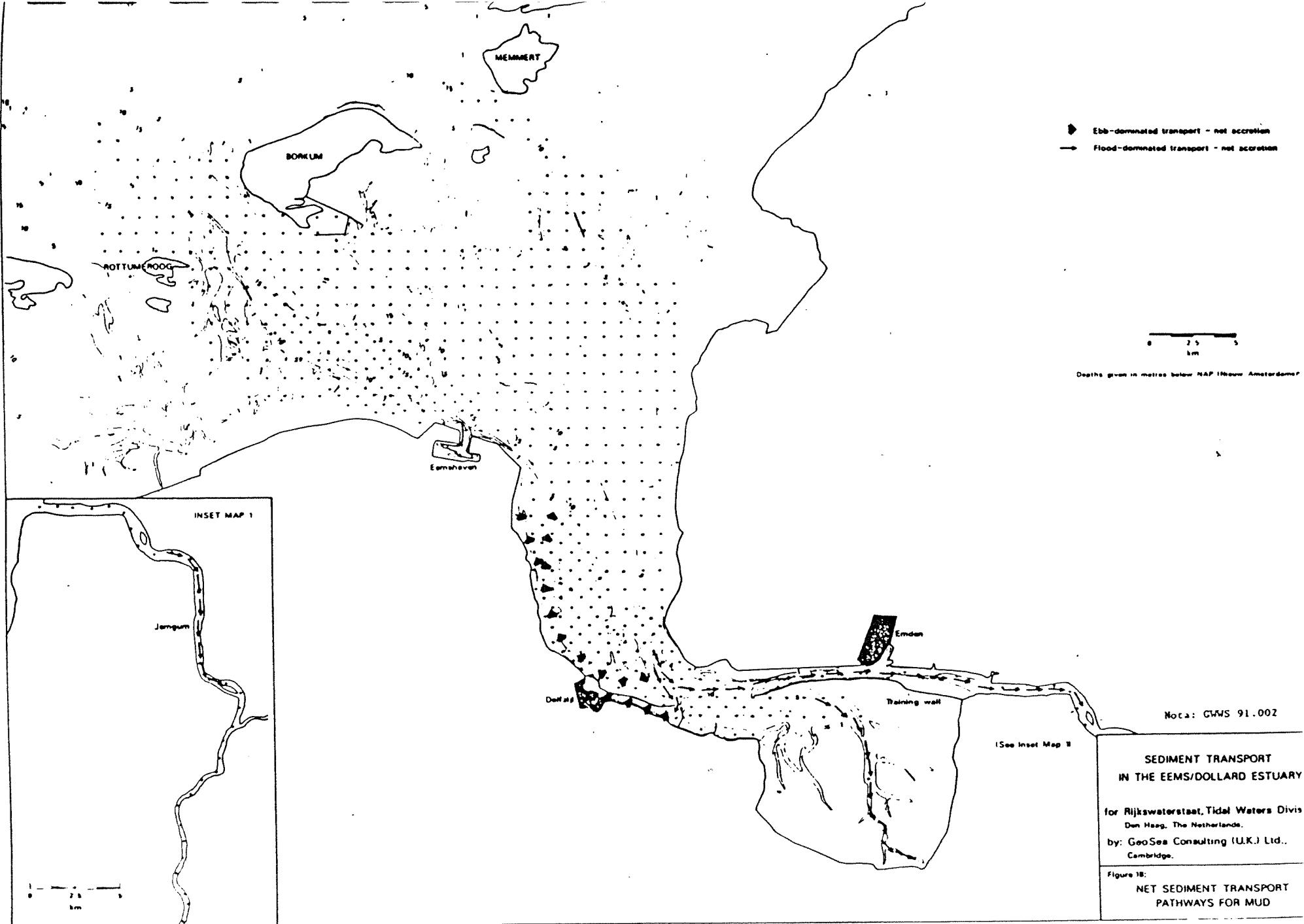
## **Bijlage XIII**

Modellering Dollard en Eems : Rijkswaterstaat

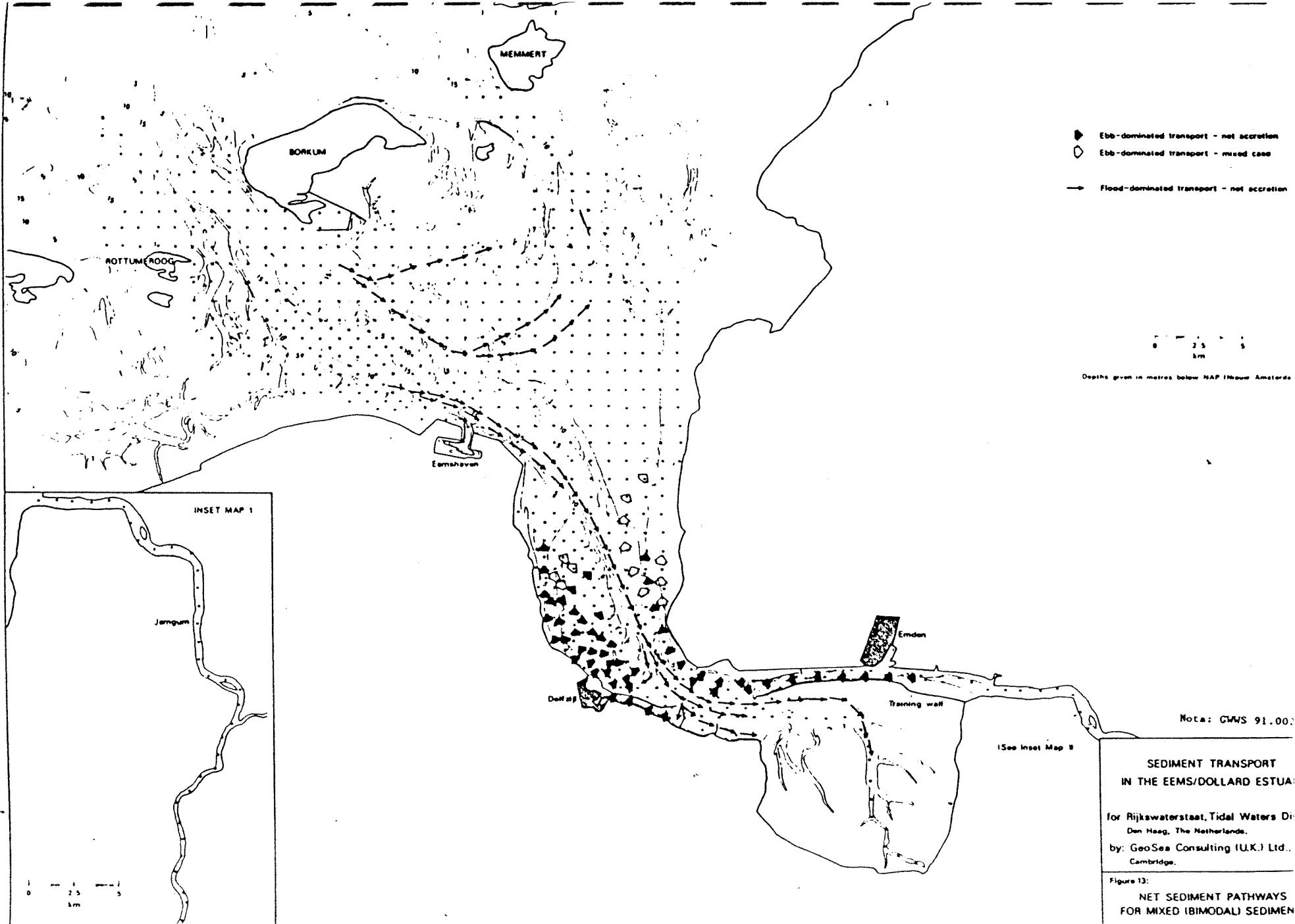
Figuur 9: Resttransportpaden voor het zand in het Eems-Dollard estuarium



Figuur 11: Resttransportpaden voor het slijp in het Eems-dollard estuarium

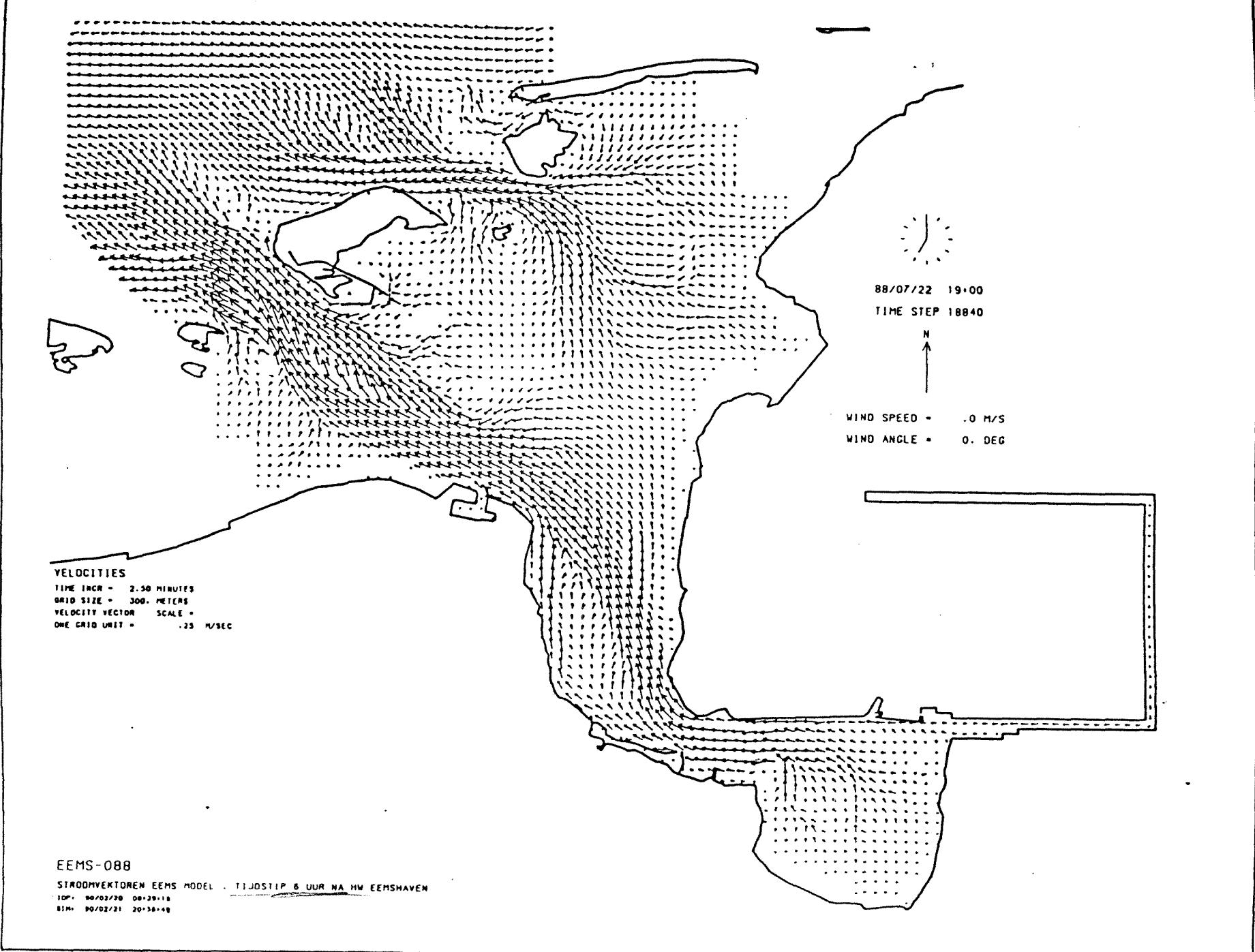


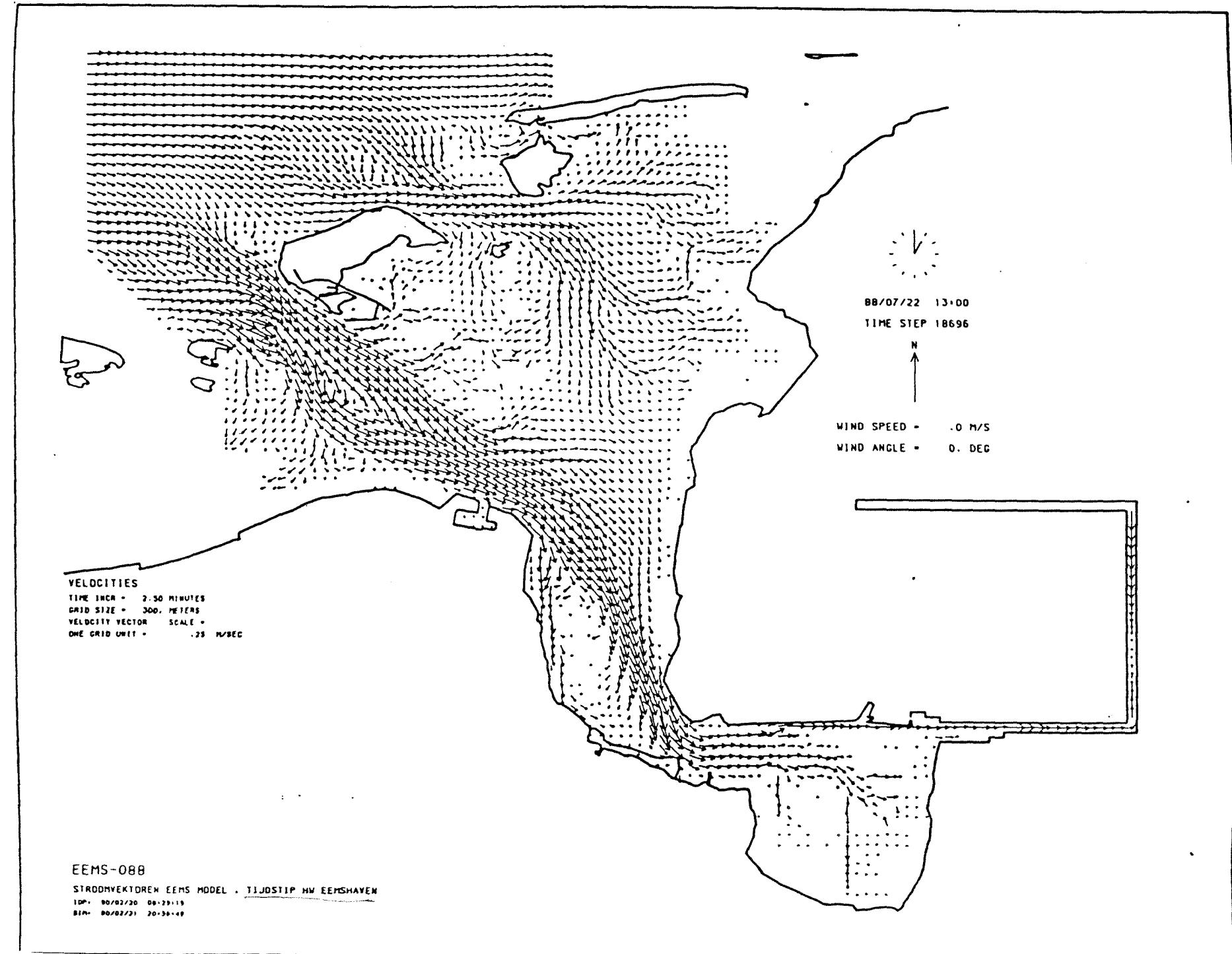
Figuur 10: Resttransportpaden voor het genengde sediment in het Eems-Dollard estuarium



behoort bij : Notitie Eems model

Bijlage nr. : - 34m -





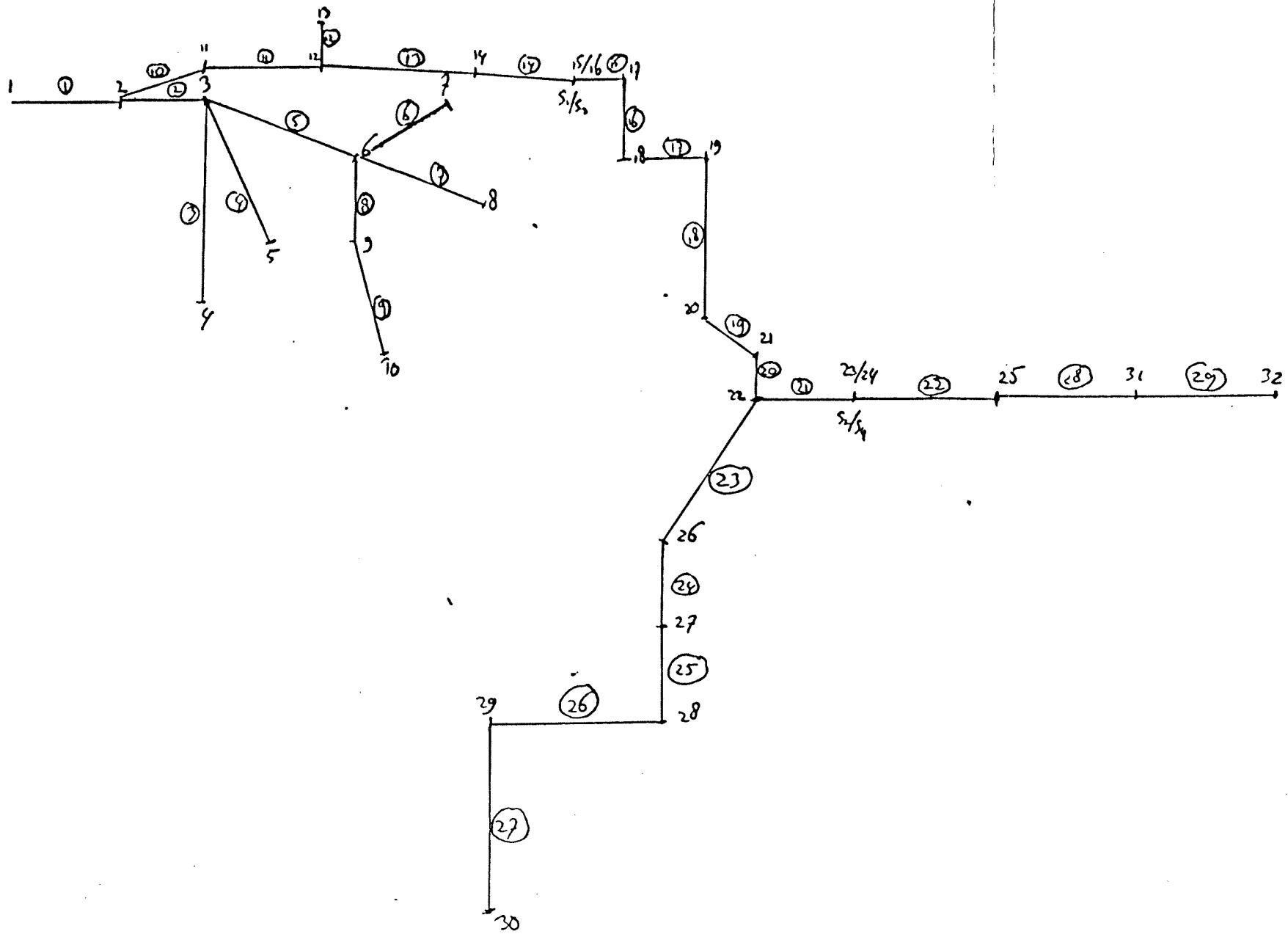
ministerie van verkeer en waterstaat  
behoort bij :Notitie Eems model

Bijlage nr. : - 348 -

## **Bijlage XIV**

### **Indeling gebied in secties**

N  
1 cm : 2000m



ln 1: Delfzijl  
② ③/m ⑨: Dollard  
⑫: Emolen  
⑪, ⑫, ⑬, ⑯: Heda / Jumme  
ln 28: Parenburg  
ln 30: Helrum

S<sub>1</sub>/S<sub>3</sub>: Emsdering/Emspolderen.  
S<sub>2</sub>/S<sub>4</sub>: Hedaling/Heda gemaal

## **Bijlage XV**

**Bezinksnelheid slib in Unterems**

### 3.5 Sinkgeschwindigkeit der Schwebstoffe

Auf der Grundlage der von SCHULZE et al. (1989) veröffentlichten Untersuchungen u.a. zur Sinkgeschwindigkeit von Schwebstoffen aus dem Emsästuar in Abhängigkeit vom Schwebstoffgehalt wurde die konzentrationsabhängige Absinkzeit für Wassertiefen von 10 m, 8 m, 6 m, 4 m und 2 m berechnet und in einer Graphik (Bild 8) aufgetragen. Ausgangspunkt für die Berechnungen ist die Median-Sinkgeschwindigkeit  $w_s^{50}$  auf Basis von 19 Meßwerten in Gandersum im November 1989 ( $w_s^{50} = 0,24 \cdot C_s^{1,17}$ ; SCHULZE et al., 1989).

Allgemein ausgedrückt, besagen die Messungen, daß bei einer höheren Schwebstoffkonzentration in der Wassersäule die Sinkgeschwindigkeit des Einzelkornes und der Flocken als „Korn“- oder „Flockengruppe“ im Gesamtsystem zunimmt. Begründet ist die Zunahme dadurch, daß das Korn (oder die Flocke) „wächst“, indem ein „Aufsammeln“ und „Mitreißen“ von Partikeln stattfindet (OWEN, 1970 bei SCHULZE et al., 1989; vergl. auch MALCHEREK, 1995).

Schwebstoffgehalt und Sinkzeiten im Emsästuar  
Messungen von SCHULZE et al. (1989)

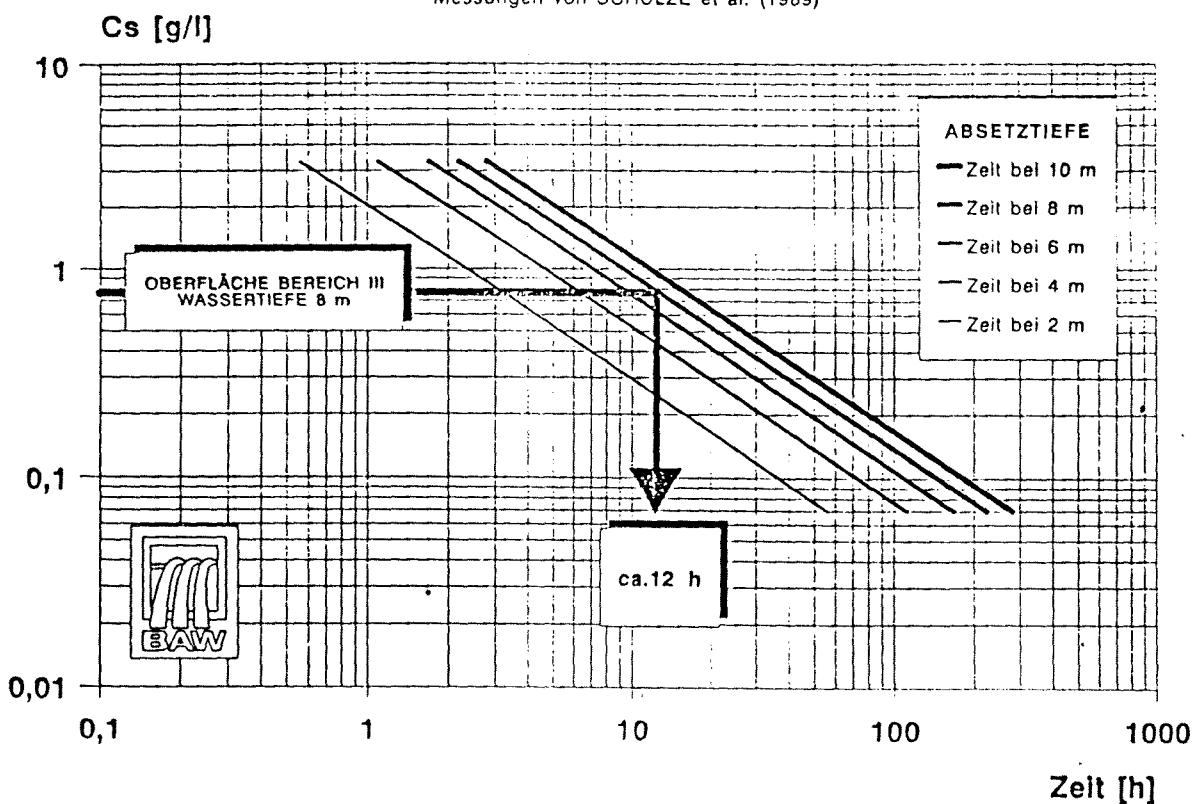


Bild 8: Absetzzeit der Emssedimente in Abhängigkeit des Schwebstoffgehalts im Staufall bei einem Sperrwerk bei Gandersum; Berechnungen nach Messungen von SCHULZE et al. (1989)

## **Bijlage XVI**

**Berekening keel clearance**

## Bijlage XVI

### Bepaling benodigde keel clearance.

Ten behoeve van de afvaart van het schip is een bepaalde waterdiepte nodig. De prognose m.b.t. de grootte van de schip dat tot afvaart moeten kunnen komen is een schip met een lengte van 300m, een diepgang van 8,30m en breedte van 38m (  $As=340m^2$  ).

De BAW heeft reeds een gedegen onderzoek gedaan naar de te hanteren k.c. voor de vaart van zeer grote schepen op de Unterems. Het onderzoek is gebaseerd op metingen gedaan bij de afvaart van een schip met een diepgang van 7.3m en een breedte van 32.2m (bij springvloed) ,berekeningen voor de afvaart van een schip met een diepgang van 8.5m en een breedte van 38m schip (bij een stuweil verhoging tot 2.7m+NN en een bodemverlaging tot 6.3m-NN) en ervaringen bij de vaart van zeer grote schepen op de Elbe.

Op basis van bevindingen m.b.t. waterspiegel daling en opwoelen van slib deeltjes van de bodem is gesteld dat er bij de afvaart van het schip in kwestie een verhouding tussen waterdiepte (d) en diepgang (t) van  $d/t \approx 1.1$  en een maximumsnelheid van 5km/u na te streven. Bij de afvaart van het schip met een diepgang van 7.3m bij springtij bij de bodemligging 1992 is een minimale k.c. van 50cm beschikbaar ( $d/t=1.07$ ).

De wens is om het schip met een snelheid van ca. 5 km per uur te laten varen. Aangezien de verhouding  $As/Ac$  (Oppervlak dwarsdoorsnede schip / Oppervlak doorsnede kanaal ) bij een waterstand van 2,70m+NN en een bodemligging van 6.3m-NN of lager in de eerste 13km van de afvaart tussen de 1/3 en de 1/5 ligt, is een aanzienlijke waterspiegeldaling te verwachten bij afvaart.

fig. As/Ac zie volgende blz.

Controle waterspiegeldaling/ k.c. .

Bij een  $Ac= 1000m^2$  ( geschematiseerd tot een trapeziumvormig dwarsprofiel ) , een waterdiepte van 9m (bodemligging 6.3m-NN, waterpeil 2.7m+NN) en een vaarsnelheid t.o.v. het water van 1,4m/s ( 5km/u ) treedt er een waterspiegeldaling op bij het schip van 0,17m. Dit levert dan een k.c. op van 0,33m.

$$(1) Ac*Vs = ( Ac - As - Bo*z )*(Vs+U)$$

$$(2) z = ( Vs+U )^2/2g - Vs^2/2g$$

Bij verdere berekeningen waar k.c. aan te pas komt wordt een verhouding tussen waterdiepte en diepgang schip van  $d/t \approx 1.1$  nagestreefd en er wordt op korte stukken (1 tot enkele km's) een verschil tussen waterdiepte en bodemligging (d-t) van 0.5m geaccepteerd onder voorwaarde dat de vaarsnelheid wordt geminderd ( $\approx 3km/u$ ).

## 8. Einfluß einer Schiffsüberführung

Die bisher von Papenburg zur See überführten Schiffseinheiten hatten die Abmessungen wie z.B. der Neubau Nr. 636, die „GEMINI“, mit einer Länge von  $l = 224$  m, einer Breite von  $b = 32,2$  m und einem Tiefgang von  $t = 7,30$  m (Schiffsquerschnitt:  $b \cdot t = A_s = 235 \text{ m}^2$ ). Zukünftig wird mit einer Überführungsbreite von  $b \approx 40$  m und einem maximalen Überführungsdepthgang von  $t = 8,5$  m gerechnet ( $A_s = 340 \text{ m}^2$ ). Aus dem Verhältnis des Querschnitts der Wasserstraße  $\Lambda$  und dem eingetauchten Hauptquerschnitt des Schiffes  $A_s$  berechnet sich das  $n$ -Verhältnis. Für den Längsschnitt der Ems von Papenburg bis Pogum wurden für den Tiefgang  $t = 8,5$  m ( $A_s = 340 \text{ m}^2$ ), bezogen auf den Gesamtquerschnitt mit Vorländern sowie auf den hydraulisch wirksamen Querschnitts ohne Vorländer bei einem Stauwasserstand von +2,7 mNN  $n$ -Werte zwischen  $n = 3$  und  $n = 17$  berechnet und aufgetragen (Bild 22).

Vergleichbare Querschnittsverhältnisse ergeben sich z.B. auf der Trave stromab von Lübeck (Trave-km 10,6) bei der Passage der großen Frachtschiffe wie der MS FINNHANSA ( $b = 28,7$  m;  $t \approx 7$  m;  $4 < n < 5$ ) oder auf der Unterelbe stromab von Hamburg (Elbe-km 630) bei der Passage von PANMAX-Containerschiffen ( $b = 32,2$  m;  $t = 12$  m; MTnw;  $n \approx 15$ ).

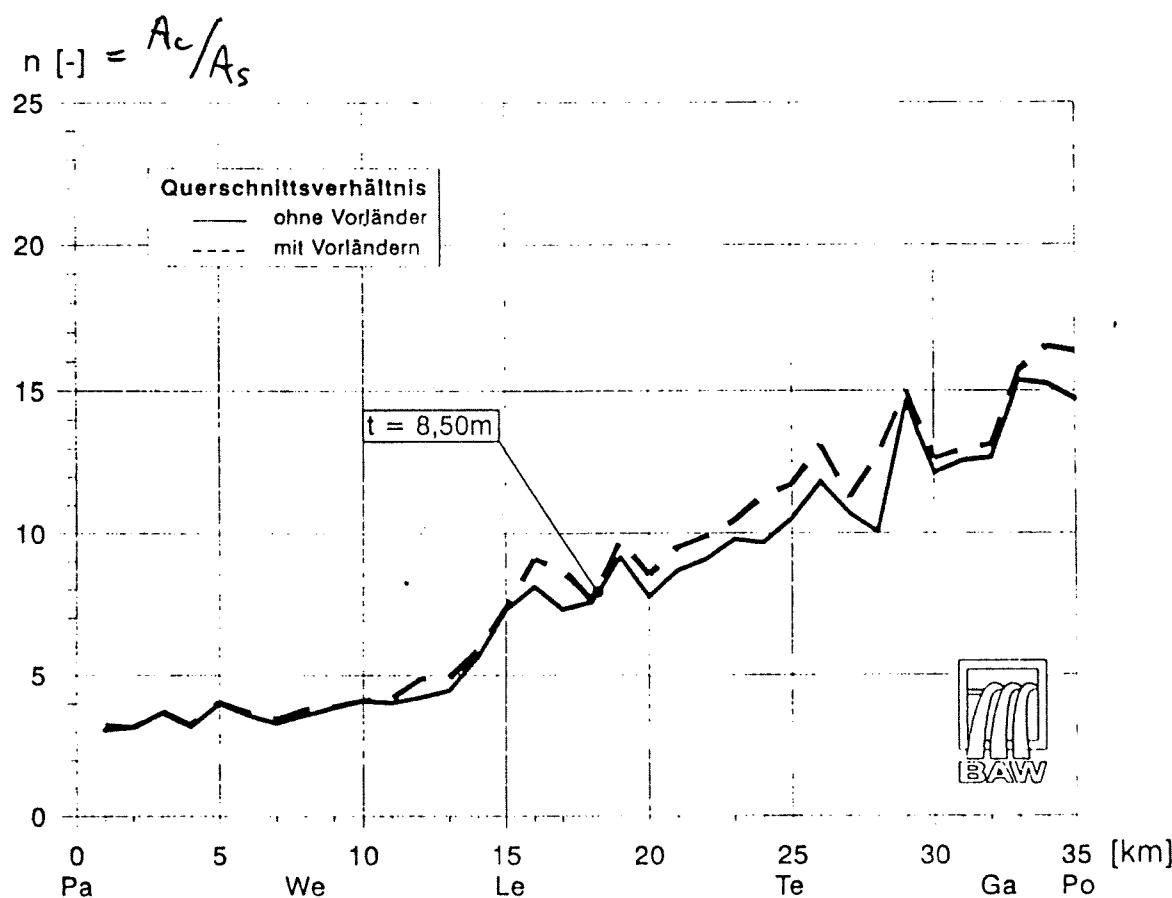


Bild 22: Querschnittsverhältnisse von Wasserstraße zu Schiff ( $n = A_c / A_s$ ) für die Überführung eines Werftschiffes von Papenburg nach Ganderum (Wasserstand = +2,7 mNN) mit und ohne Berücksichtigung der Vorländer

## **Bijlage XVII**

**Berekening diepgang verkleining schip**

## Bijlage XVII.:Casco bouw.

### Besparing gewicht door afwerking elders.

Aan de hand van het cruiseschip superstar Leo ( $L=268m$ ;  $B=32,2m$  ;  $D_{afvaart} \approx 7.2m$ ;  $D_{max} \approx 8.0m$ ;  $76800GRT \approx 220.000m^3$ ,  $DWT = L_{wl} * B_{wl} * D_{afvaart} * Blokfactor(0.75) \approx 43.000m^3 = 43.000ton$ ) eveneens gebouwd op de Meyer-werft - waarvan de inrichting, hoeveelheid cabins e.d. bekend zijn - wordt beredeneerd hoeveel gewichtsbesparing haalbaar is door de afwerking te verplaatsen, aangezien van het schip in kwestie ( $L=300m$ ;  $B=38m$  ;  $D_{afvaart} = 8.3m$ ;  $D_{max} \approx 9.0m$ ;  $DWT = L_{wl} * B_{wl} * D_{afvaart} * Blokfactor(0.75) \approx 64.000m^3 = 64.000ton$ ) gedetailleerde tekeningen e.d. ontbreken.

#### Berekening.

Ter beperking van de diepgang ten tijde van de afvaart zijn reeds een aantal voor de hand liggende maatregelen gepland ter verkleining van de diepgang nl.: minimaal benodigde ballast, lege tanks, geen reddingsboten, geen voorraden aan boord.

Berekend gaan worden de besparing op het gewicht door het weglaten van stoffering en meubilering.

#### Superstar Leo:

982cabins, 12suites, café 400 zitplaatsen, restaurant 650 zitplaatsen, theater 1000 zitplaatsen, enkele kleine cafeetjes, enkele kleine restaurantjes, zithoeken, gokhal , gymnasium.

Cabin:  $5*2.5m(3slaapbanken:120kg;tafel+stoelen:50kg;douchecabin:150kg;kast:50kg;deuren:30kg;panelen wand+plafond:50kg;excl. vloerbedekking)=450kg$ ;  
982cabins : 450ton.

12suites : 10ton.

Meubilair Restaurant+cafe+theater:  $2300\text{zitplaatsen}*40kg$ : 92ton.

Meubilair Overige cafeetjes, restaurantjes e.d.: 66ton.

Stoffering wanden en plafonds (excl. cabins/suites):40ton.

Vloerbedekking 7dekken \*ca.  $5600m^2$  -> 80% vloerbedekking a  $4kg/m^2$ : 125ton.

Totale besparing gewicht Superstar Leo door weglaten meubilering en stoffering: ca. 800ton.

Gewicht Superstar Leo ten tijde van de afvaart is ca. 43.000ton. Er is een besparing op het gewicht van dit schip (of een soortgelijk schip) van maximaal 2% mogelijk door het weglaten van meubilering en stoffering. Voor het schip in kwestie ( $L=300m ..$ ) is deze besparing eveneens te hanteren aangezien het om een soortgelijk schip gaat, weliswaar met een groter gewicht van het casco maar met naar schatting een evenzoveel groter gewicht aan meubilering en stoffering.

Voor het schip in kwestie betekend een afname van het gewicht voor afvaart met ca. 1300ton (2% van de in totaal 64.000ton) een afname van de diepgang van ca.:

$$\begin{aligned} L_{wl} * B_{wl} * D_{afvaart} * Blokfactor &= 287 * 36 * 8.3 * 0.75 & = 64.300ton \rightarrow \text{incl. meubilair.} \\ 287 * 36 * ? * 0.75 & & = 63.000ton \rightarrow \text{excl. meubilair.} \\ & & D_{afvaart, excl. meubilair} = 8.13m \end{aligned}$$

Een besparing op de diepgang van ca. 15cm is max. haalbaar.

## Besparing gewicht door montage van ‘blokken’ elders.

Bij de besparing van gewicht van het schip in kwestie ( $L=300m$ ;  $DWT \approx 64.000\text{ton}$ ) door het later monteren van ‘blokken’ wordt uitgegaan van een gewicht per blok van ca. 600ton aangezien hiermee in de huidige methode mee gebouwd wordt. Voor de opbouw heeft een blok van 600ton ongeveer een volume van ca.  $2000\text{m}^3$  (bron.:lit 18).

Afname van diepgang van een  $\frac{1}{2}\text{m}$  (8.3m naar 7.8m):

$$\begin{aligned} L_{wl} * B_{wl} * D_{afvaart} * \text{Blokfactor} &= 287 * 36 * 8.3 * 0.75 & = 64.300\text{ton} \rightarrow \text{incl. meubilair.} \\ &287 * 36 * 7.8 * 0.725 & = 58.500\text{ton} \end{aligned}$$

Afname van 5.800ton -> ca. 10 building blocks.

Afmeting een blok  $B * H * L = 30\text{m}(\text{breedte opbouw}) * 7\text{m}(\text{hoogte twee dekken}) * 9.5\text{m}$ .

Dit betekent dat over een lengte van ca. 95m van de totale lengte van de opbouw ca. 240m +/- 20m er een groot stuk ontbreekt met een hoogte van 7m over de gehele breedte.

Afname van diepgang van een 1m (8.3m naar 7.3m):

$$\begin{aligned} L_{wl} * B_{wl} * D_{afvaart} * \text{Blokfactor} &= 287 * 36 * 8.3 * 0.75 & = 64.300\text{ton} \rightarrow \text{incl. meubilair.} \\ &286 * 36 * 7.3 * 0.7 & = 52.600\text{ton} \end{aligned}$$

Afname van 11.700ton -> ca. 20 building blocks.

Afmeting een blok  $B * H * L = 30\text{m}(\text{breedte opbouw}) * 7\text{m}(\text{hoogte twee dekken}) * 9.5\text{m}$ .

Dit betekent dat over een lengte van ca. 190m van de totale lengte van de opbouw ca. 240m +/- 20m er een groot stuk ontbreekt met een hoogte van 7m over de gehele breedte.

Bij deze grove berekeningen is rekening gehouden met de afname van de blockfactor als het schip hoger op het water komt te liggen. Er is geen rekening gehouden met een eventuele mogelijke reductie van de ballast.

Het ontbreken een sectie van  $30\text{m} * 7\text{m} * 95\text{m}$  laat nog voldoende ruimte over om het schip in een dusdanige vorm (de brug, besturing, de sterkte) reeds af te bouwen, dat afvaart wellicht mogelijk is. Het ontbreken van een sectie van  $30\text{m} * 7\text{m} * 190\text{m}$  is een stuk ingrijpender.

## Kosten montage van blokken elders.

De nieuwprijs van een schip (marktwaarde) met een  $L=300\text{m}$ ,  $B=38\text{m}$ ,  $D_{afvaart}=8.3\text{m}$ ,  $\approx 90.000 \sim 100.000\text{GRT}$  wordt geschat op: ca. 1.0 miljard gulden (bron:internet).

De kosten voor de bouw van het schip voor de werf worden op ca. 800miljoen gulden geschat.

Bij deze vorm van diepgang verkleining van het schip, waarbij samenvoeging te Eemshaven geschiedt (samenwerkingsverband / uitbesteden), wordt bij verschillende diepgang verkleinings de volgende grootte van extra kosten verwacht.

Diepgang(diepgangverkleining)	Kosten in percentage van totale bouwsom per schip	Kosten in miljoenen guldens per schip
7.8m (0.5m)	2.5%	20 miljoen
7.7m (0.6m)	2.8%	22.5 miljoen
7.6m (0.7m)	3.1%	25 miljoen
7.5m (0.8m)	3.4%	27 miljoen
7.4m (0.9m)	3.7%	29.5 miljoen
7.3m (1.0m)	4.0%	32 miljoen

De extra kosten vinden hun oorzaak in:

- Bedrijfskundige aanpassingen die het bedrijf moet doen.
- Extra kosten voor afvaart ‘building blocks’
- Extra kosten assembleren ‘building blocks’ in Eemshaven.

## **Bijlage XVIII**

Berekening kosten pomp

## Bijlage XVIII: Berekening kosten pompen in Emskering.

Vermogen pompen:

$$Q_{\text{gem.}} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gemiddeld verval over pompen:

$$H_{\text{gem.}} \approx 0.15 \text{ m-NN} + (1.75 \text{ m+NN(initieel peil)} + 2.5 \text{ m+NN(stuwpeil)}) / 2 = 2.4 \text{ m}$$

Gemiddeld verval over pompen incl. verliezen.

$$\Delta H_{\text{gem.}} = 2.4 \text{ m} + \text{wrijvingsverliezen etc.} = 2.8 \text{ m}$$

Benodigd vermogen:

$$P = 1025 * 9.8 * 50 * 2.8 * 0.85(\text{rendementsverliezen}) \approx 1.5 \text{ MW}$$

Kosten pompen:

$$f4.000,-/\text{kW} (\text{incl. installatie}) * 1500 \text{ kW} \approx \underline{\underline{6 \text{ miljoen gulden.}}}$$

*Constructieve kosten Emskering inpassen pompen:*

Kosten kering (excl. facetten eromheen)  $\approx$  1.25 miljard gulden

Kosten bestaan ruwweg uit: fundering, bodembescherming, pijlers en keringsmiddel.

Pijlers  $\approx$  15% van de kosten  $\approx$  190 miljoen gulden.

Stel kosten pijlers 20% duurder als gevolg van inpassen pompen.

Extra kosten ca. 38 miljoen gulden.

Totale kosten pompen in Emskering  $\approx$  6 + 38 = 44 miljoen gulden.

## **Bijlage XIX**

Grafiek watertemperatuur en zuurstofgehaltes

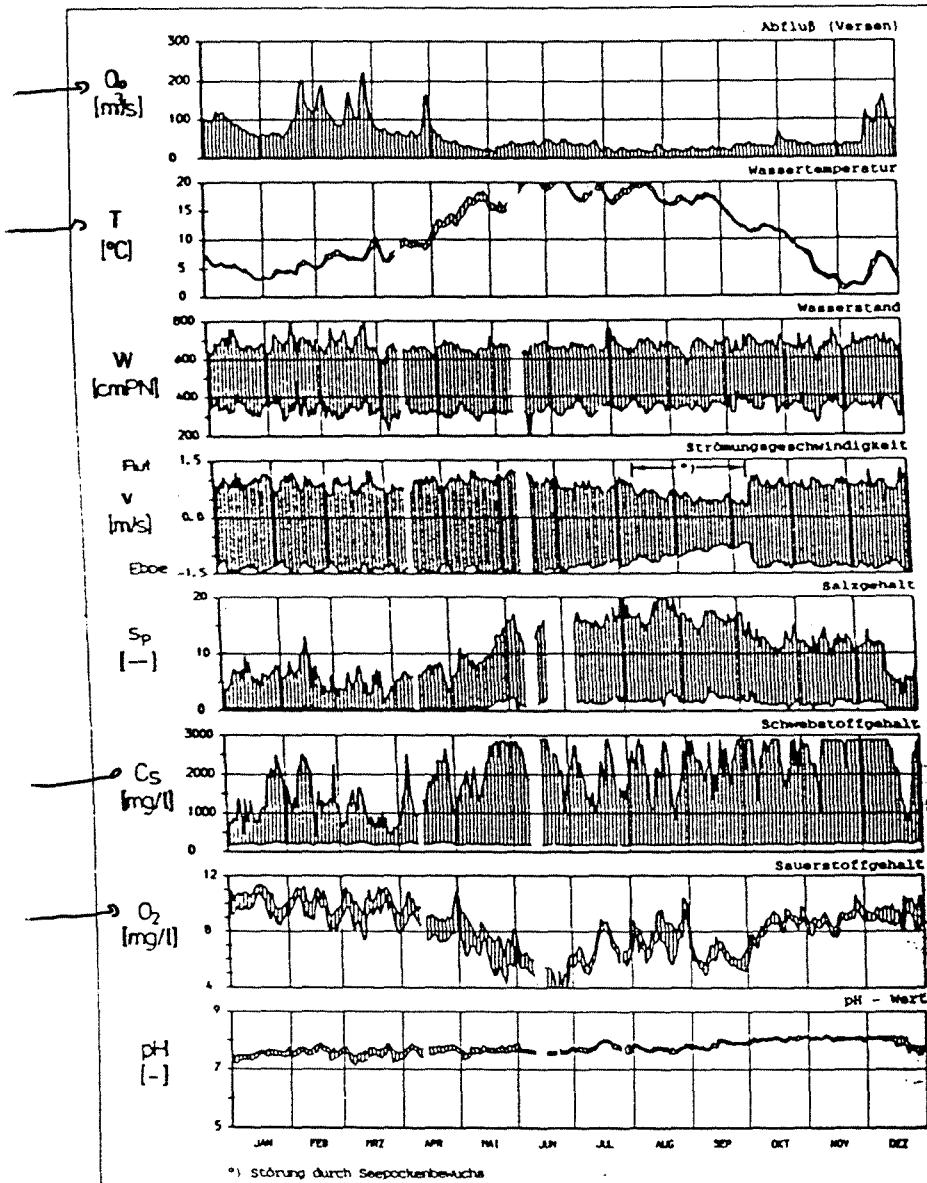


Abb. 3.9: Darstellung des Abflusses am Pegel Versen und der im Jahr 1989 in der Gewässergütestation Gandersum aufgezeichneten Parameter: Wassertemperatur, Wasserstand, Stromungsgeschwindigkeit, praktischer Salz-, Schwebstoff- und Sauerstoffgehalt sowie pH-Wert im Jahr 1989

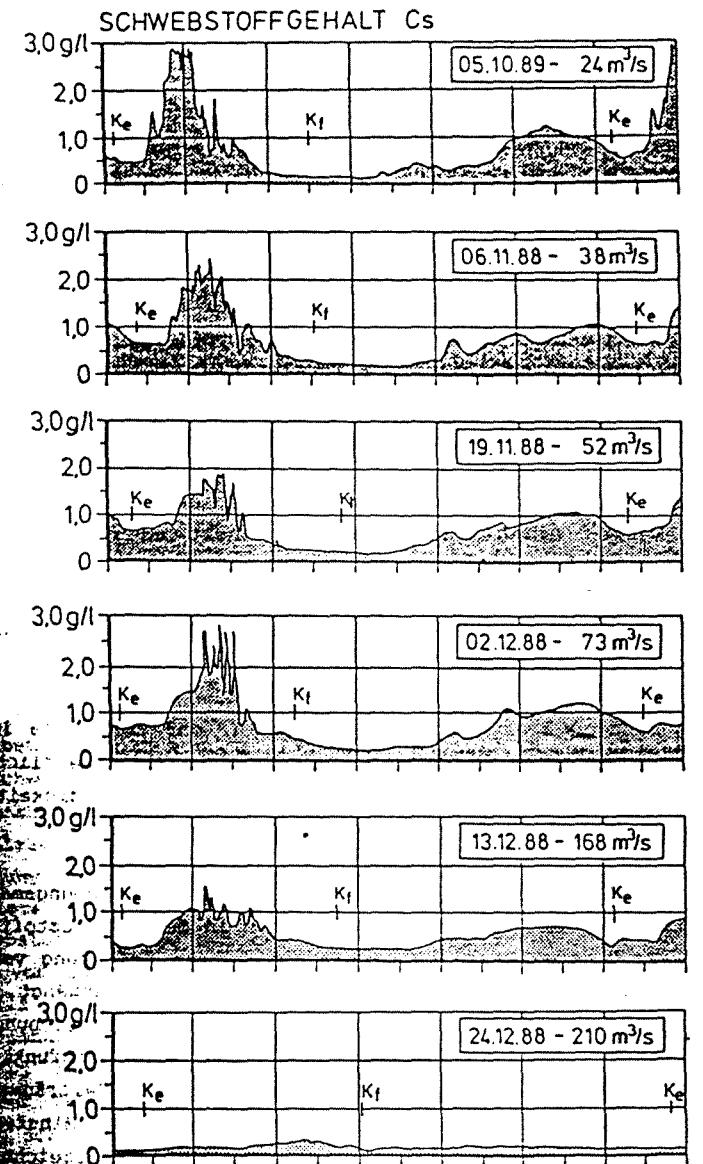


Abb. 3.10: Verlauf des Schwebstoffgehaltes rd. 1 m unter der Wasseroberfläche bei Abflüssen am Pegel Versen von 24, 38, 52, 73, 168 und 210  $m^3/s$

## **Bijlage XX**

Verdeling zoutgehaltes bij het afslaten van het stuwwolume

## 6. Salzgehaltsveränderungen nach Entleerung

### 6.1 Der Ausbreitungsvorgang

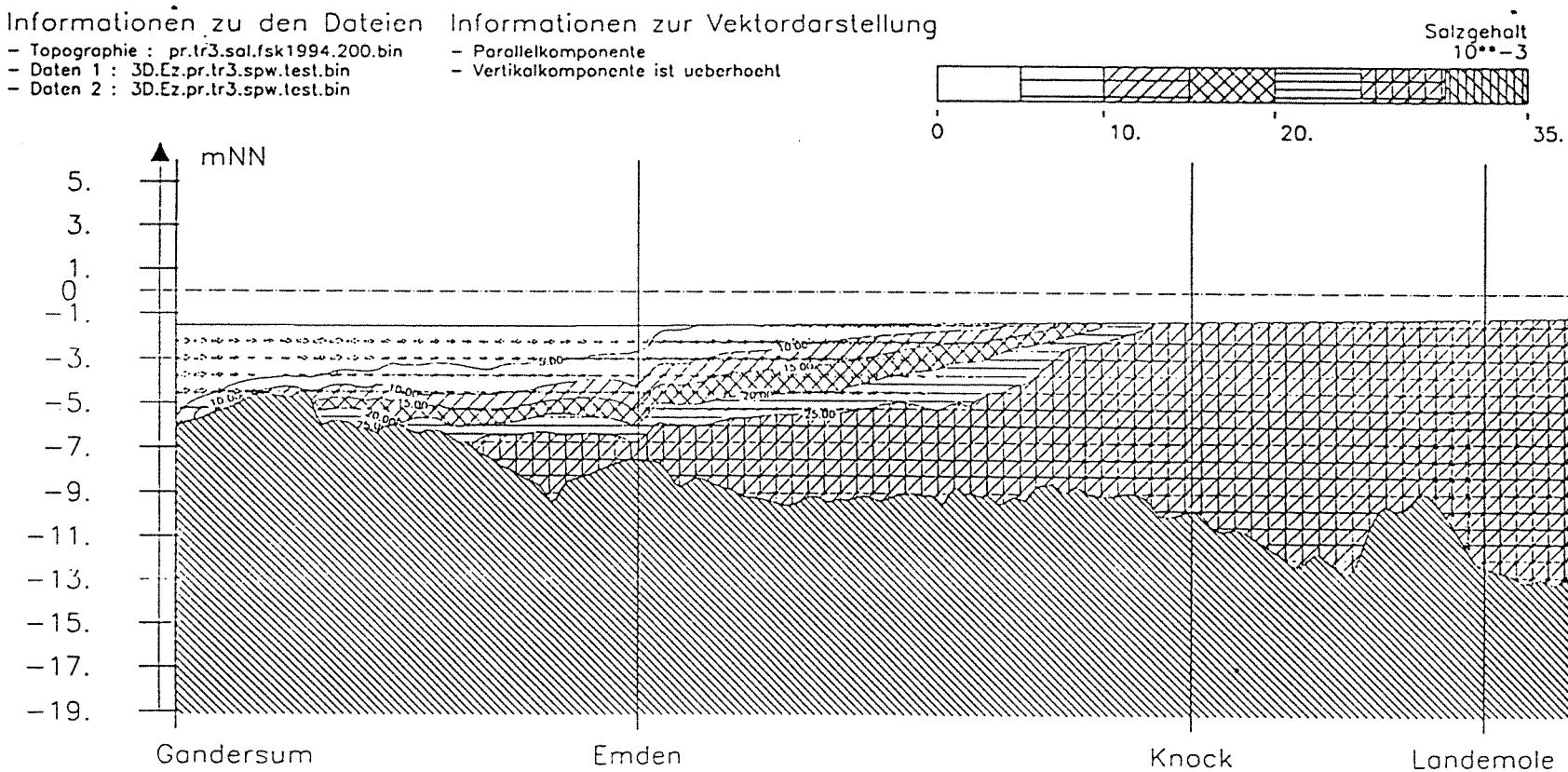


Abbildung 13: Synoptische Darstellung des Salzgehalts und der Strömungsgeschwindigkeit im Vertikalschnitt für das Längsprofil Ganderum – Landemole. Zusätzlich dargestellt sind die Isohalinen 5, 10, 15, 20 und 25 PSU. Die Darstellung zeigt den Systemzustand für einen Zeitpunkt sechs Stunden nach Öffnen des Sperrwerks. Zu erkennen ist eine ebbeorientierte Strömung (von links nach rechts) in dem aus der Unterem abfließenden Wasserkörper mit niedrigem Salzgehalt. Von See her setzt in dem Abschnitt Knock/Landemole allmählich der Flutstrom ein (von rechts nach links). Datenbasis sind die Berechnungsergebnisse des 3D-HN-Modells der Außenems für die Variante A-ENTL1-050. Die Vertikale ist 400-fach überhöht dargestellt.

Durchfluss: Velfose  $Q_{\text{em}} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$   
 bei na offenen Ems - Dering