

Samenstelling en morfometrie van recent Rijngrind bij Grimlinghausen (Noordrijn-Westfalen)

J.G.Zandstra

Recente Rijngrindafzettingen van enige betekenis zoeken we in Nederland tevergeefs; daarvoor moeten we naar Duitsland, waar op beperkte schaal grindconcentraties boven de laagwaterlijn voorkomen. Een uitspraak van Behrens (1977) vormde een stimulans om zo'n grindplek aan een onderzoek te onderwerpen: "Het aangevoerde grove materiaal wordt onder invloed van de plaatselijke stroming nog een laatste keer grondig gesorteerd en geordend. Op hun ligplaats blijven tenslotte die grindkorrels, voor welke de kracht van het transportmedium tekort schiet".

Inleiding

In Van Baren (1927) wordt kort ingegaan op recent Rijngrind in Nederland, waarvan de korrelgrootte ten hoogste 1 à 2 cm zou bedragen. Voor een grindbank bij Pannerden wordt als samenstelling opgegeven:

Witte kwarts	43 %
Graniet	1 %
Zandsteen	38 %
Vuursteen	0,4 %
Kwartsiet	13 %
Conglomeraat	0,3 %
Lydiet	4 %
Sphaerosideriet	0,3 %

In de negentiende eeuw wordt aangenomen dat dergelijke grindbanken stroomopwaarts tot Bonn één samenhangend geheel vormen (Staring 1860); de zogenoemde heibanen in de Betuwe (niet te verwarren met de glacigene keibanen van o.a. de Achterhoek) zouden zich volgens Staring "nergens lager bevinden dan het punt, tot waar ze nog tegenwoordig afvoeren". Hij is van mening dat het gaat om smalle, langgerekte, kronkelende opeenhopingen, die niet bestaan uit de gesteentesoorten van de naburige heuvels, doch die een geheel eigen samenstelling hebben. Schuiling (1915) wijst op de talrijkheid van zulke heibanen, vooral bij Tiel, die doordat ze geheel uit grind bestaan in het veld aan de onvruchtbaarheid te herkennen zijn; dit grind werd voor lokaal gebruik gedolven. Het recente grind van de heibanen moet terecht niet worden verward met dat van de naburige heuvels, zoals Staring stelde, of met het Vroeg-Holocene en oudere grind, zoals dat thans in onze riviergebieden van grotere diepte wordt opgebaggerd.

Er zijn in onze eeuw zeer veel bepalingen verricht met betrekking tot de petrografische samenstelling van grind uit oudere, zuidelijke rivierafzettingen;

dat ligt ook voor de hand, omdat de verschillen in grindsamenstelling tussen de afzettingen reeds in het veld opvallen. Vooral kwarts laat zich goed herkennen; het is daarom begrijpelijk dat vaak met de bepaling van het aandeel van dit gesteente, door weging of telling, is volstaan. Tesch, Pannekoek en Steenhuis waren, tussen 1908 en 1945, pioniers op dit gebied (zie de samenvatting in Zandstra, 1956). Na 1945 werd het zinvol geacht om bij de tellingen ook de andere bestanddelen van het grind te betrekken (Van Straaten, 1946; Maarleveld, 1956; Hofland, 1959; Zandstra, 1959). Na 1960 werden tellingen op uiteenlopende wijzen een vast programma-punt bij het onderzoek van allerlei Kenozoïsche grindhoudende sedimenten. Wel veranderde het aandachtsveld geleidelijk: werden een halve eeuw lang met name grindvoorkomens in ontsluitingen en aan maaiveld bestudeerd, later richtte de aandacht

zich meer en meer op de fijnkorrelige grindfractie van boormonsters.

In het buitenland (met name door toedoen van Cailleux en Tricart in Frankrijk) ontwikkelde zich tegelijkertijd het onderzoek naar de uiterlijke hoedanigheid van grove grindkorrels: de grindmorfometrie zou karakteristiek zijn voor transport- en afzettingssomstandigheden. Lüttig (1962) stelt zelfs dat zulke morfometrische analyses van grind uit recente afzettingen noodzakelijk zijn als voorbeeld voor fossiele voorkomens. Dergelijk onderzoek aan grind van zeestranden is goed van de grond gekomen (zie het overzicht in Humbert, 1968), maar de belangstelling voor de morfometrie van recent riviergrind is daar sterk bij achtergebleven, in het bijzonder in Nederland. De reden daarvan is, dat voor het verkrijgen van representatieve morfometrische analyses van het grove grind boormonsters meestal te klein zijn en dat zij veelal niet een bepaalde laag,

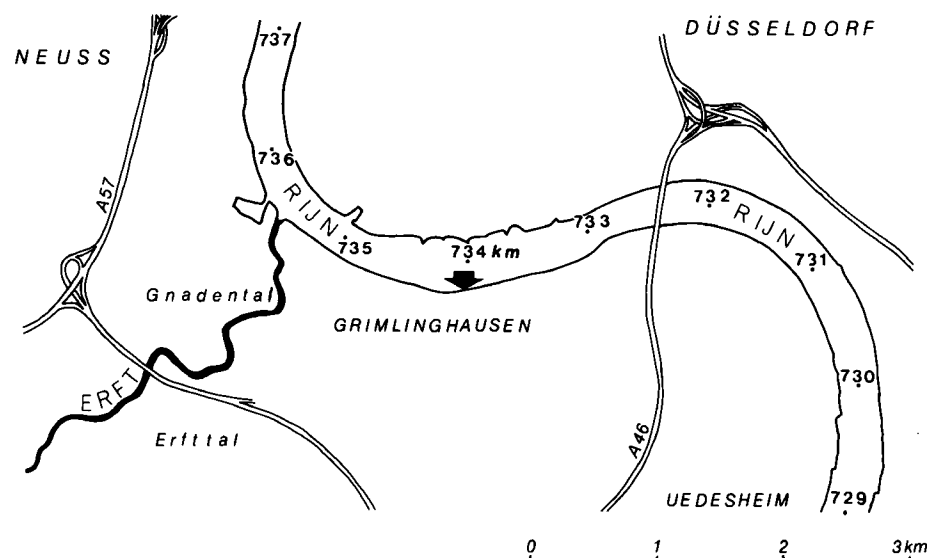


Fig. 1. Locatiekaartje van Grimlinghausen en omgeving met het laagwaterbed van de Rijn. De plaats van onderzoek op de linkeroever is met een pijl aangegeven



Fig. 2. De Rijn met de brug in de A46-autoweg, stroomop van de plaats van onderzoek; links een stadsdeel van Düsseldorf

maar één of meerdere meters sediment vertegenwoordigen. Overigens is de morfometrische methode onder bepaalde omstandigheden natuurlijk ook toepasbaar in Nederland, vergelijk het verslag van zo'n onderzoek door Stapert & Zandstra (1985).

Het hier beschreven onderzoek betreft een recent grindvoorkomen op de linker Rijnsoever ten zuiden van Neuss (zie figuur 12). Het spitst zich toe op de petrografische samenstelling, afronding en afplatting van de bestanddelen. Het doel van het onderzoek was om met behulp van deze kwantitatieve analyse het qua ligging, samenstelling en hoedanigheid toch bijzondere grindvoorkomen te karakteriseren en daarmee inzicht omtrent de ontstaanswijze te verkrijgen. In dit verband is een publikatie van Gözl (1986) van veel betekenis door de rijkdom aan informatie over de samenstelling en herkomst van het Rijngrind en over de oorzaken van accumulatie en erosie in het Duitse Rijngebied. Voor ons onderzoek is verder van waarde het artikel van Hobday & Banks (1971), dat de wisselwerking tussen twee aquatische regimes (rivier en zee) op grindaccumulaties aan de kust van Noorwegen behandelt. Voor de geologische ontwikkeling van het gehele Rijndal wordt verwezen naar Quitzow (1976/1977), voor die van het gebied van de Niederrhein naar Klostermann (1992).

Met betrekking tot de Rijn of de terrasafzettingen zijn de Duitse geografische benamingen aangehouden om verwarring te voorkomen: zo betekenen Neder-Rijn en Niederrhein, evenmin als Boven-Rijn en Oberrhein hetzelfde, terwijl de term laagterras (Duits: Niederterrasse) in onbruik is geraakt.

Lokatie

De plaats van onderzoek ligt bij Grimlinghausen, - kaartblad 4806 Neuss, schaal 1:25 000, coörd. R 255275, H 567190 - op de linkeroever van de Rijn tussen de bruggen in de A46 resp. A57, de twee autowegen die Düsseldorf aan de noordzijde en Neuss aan de zuidzijde van de rivier met elkaar verbinden (zie figuren 1, 2 en 3). Vijftienhonderd meter stroomafwaarts mondt de Erft als linker zijrivier in de Rijn uit. De lokatie vormde op 21

waarna op 8 oktober 1985 de plek opnieuw is bezocht door dr. Thome en de schrijver voor een aanvullende bemonstering. Deze heeft plaats gevonden ter hoogte van km 734 vanaf de oorsprong van de rivier (zie figuur 4), d.w.z. ter hoogte van de meest oostelijke bebouwing van Grimlinghausen.

Vondstomstandigheden

De wijde omgeving van de plaats van onderzoek bestaat uit grindzanden van voorlopers van de huidige Rijn, die over meerdere terrassen verdeeld zijn (Thome, 1974; Klostermann, 1992). De oudste, de Hauptterrassen, liggen het hoogst en het verst van het recente rivierbed. De Mittelterrassen liggen lager en de Niederterrassen liggen nog weer lager, het dichtst bij de huidige stroom. Een van de oorzaken van de trapsgewijze terreinverlaging is, dat aan de tektonische daling van de Niederrheinische Bucht na de afzetting van de Hauptterrassen een eind kwam en over het geheel genomen een stijging van dit gebied plaats vond; het gevolg was, dat de Rijn zich met zijn zijrivieren in de eigen, Vroeg-Pleistocene sedimenten ging insnijden (Quitow, 1976/1977).

Het dorp Grimlinghausen ligt op de grindrijke zanden van het jongste deel van het Niederterrasse, dat uit het Weichselien dateert. Deze eenheid die in Nederland tot de Formatie van Kreftenheije zou worden gerekend, is in feite het equivalent van het laatst afgezette deel ervan. De meeste van



Fig. 3. De Rijn met zicht op Grimlinghausen, stroomaf van de plaats van onderzoek

mei 1970 een excursiepoint van de "37. Tagung der Arbeitsgemeinschaft Nordwestdeutscher Geologen" te Krefeld. Ter plaatse is toen enige toelichting op de verschijnselen gegeven door dr. K.N. Thome. De eerste monsters zijn genomen op 16 juni 1984,

bovengenoemde sedimentdekken zijn produkten van verwilderde rivieren. Vrijwel alle Holocene, Westeuropese rivieren, ook de meest recente waarin de mens niet ingreep, hebben een meanderende loop, die veel smaller is dan die van een verwilderde rivier en

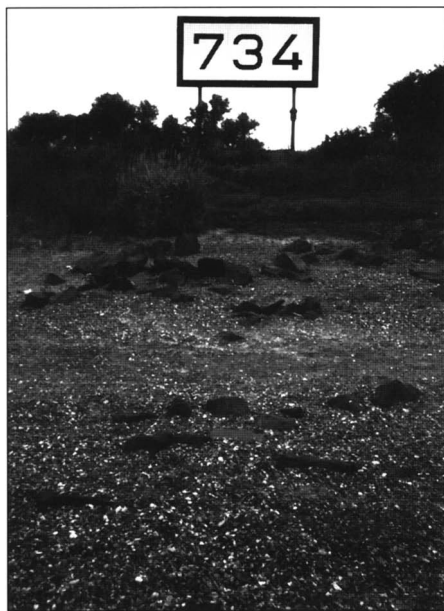


Fig. 4. Gezicht naar de linkeroever van de Rijn, met kilometerbord 734, vanaf de plaats van onderzoek

die ook veel diepere insnijdingen kent. De jongste Niederterrasse-etage grenst aan het dieper gelegen hoogwaterbed van de Rijn; het niveauverschil bedraagt gemiddeld zes meter. De laagwaterlijn ligt nog weer vijf meter lager (zie figuur 5, naar Thome, 1974). Van het recente grind wordt het meeste aangetroffen tussen de laagwaterlijn en een lage steenbeschoeiing, die het normale rivierbed en het hoogwaterbed van elkaar scheidt. De zandige oever vertoont gemiddeld een helling van 10 graden, maar is het steilste nabij de beschoeiing. De breedte van de oeverstrook is zeven tot veertien meter. Na dooi in de bergen of overvloedige regenval in het gebied van boven- en middenloop zal die kleiner zijn, wellicht zelfs tot nul gereduceerd. In het laatste geval staat het water tot aan de beschoeiing of nog hoger. Niet overal op de oeverstrook ligt grind. Het meeste materiaal bevindt zich op de lage delen van de helling, maar ook hoger op de oever plaatselijk dicht bezet met zeer dunne, discus- en schijfvormige, tot circa

5 cm grote, stukken grind. Deze stukken liggen voor een deel met een platte kant op de oever, vaak meerdere boven elkaar, en zij vormen dan een soort plaveisel.

Ook zijn er plekjes, waar de korrels schuin tegen elkaar gestapeld staan (zie figuur 14).

Zandkorrels en stenen komen in deze grinddepots niet voor. Vanaf de beschoeiing lopen kribben tot in het water. Direct stroomopwaarts van één van deze obstakels is nagenoeg de hele oever met bovengenoemde platte grindstukken bedekt (zie figuur 3). Over het geheel heeft het rivierregime op de oever een zeer wisselende uitwerking: accumulaties van grind domineren, maar er zijn ook plaatsen, waar de erosie zo sterk is, dat er in het geheel geen grind meer ligt.

Het hoogwaterbed achter de beschoeiing wordt alleen bij zeer hoge waterstand overstromd en is dan ook deels begroeid met wilgen, populieren, riet en andere eutrofe planten. Hierdoor doet het gebied denken aan de oibossen in Nederland (Rademakers, 1989) Een ander deel is als wei-

de in gebruik.

De beschoeiing op de grens van normaal rivierbed en hoogwaterbed is enkele tientallen jaren oud en zorgt voor het behoud van het hoogwaterbed. Dit vormt feitelijk het laagst gelegen terras naast het normale rivierbed. Ten behoeve van de aanleg van de beschoeiing is een enkele maal grind tot op het hoogwaterbed gedeponeerd.

Na de aanleg ontstond zo de terrasvormige overgang met een drempelhoogte van ruim een meter naar de laagwateroever. Het is opmerkelijk dat bij zeer hoog water ook thans nog een enkele maal grind over de beschoeiing heen op de rand van het hoogwaterbed wordt geworpen.

Het verschijnsel van accumulatie en erosie bij Grimlinghausen is indrukwekkend. Een natuurlijk proces is de sedimenthuishouding niet meer. De bouw van dijken, beschoeiingen en kribben (de laatste vanaf 1860) heeft de rivier teruggedrongen in een smal, hoogstens 400 m breed bed, waarin de diepte-erosie bijgevolg wel moest toenemen.

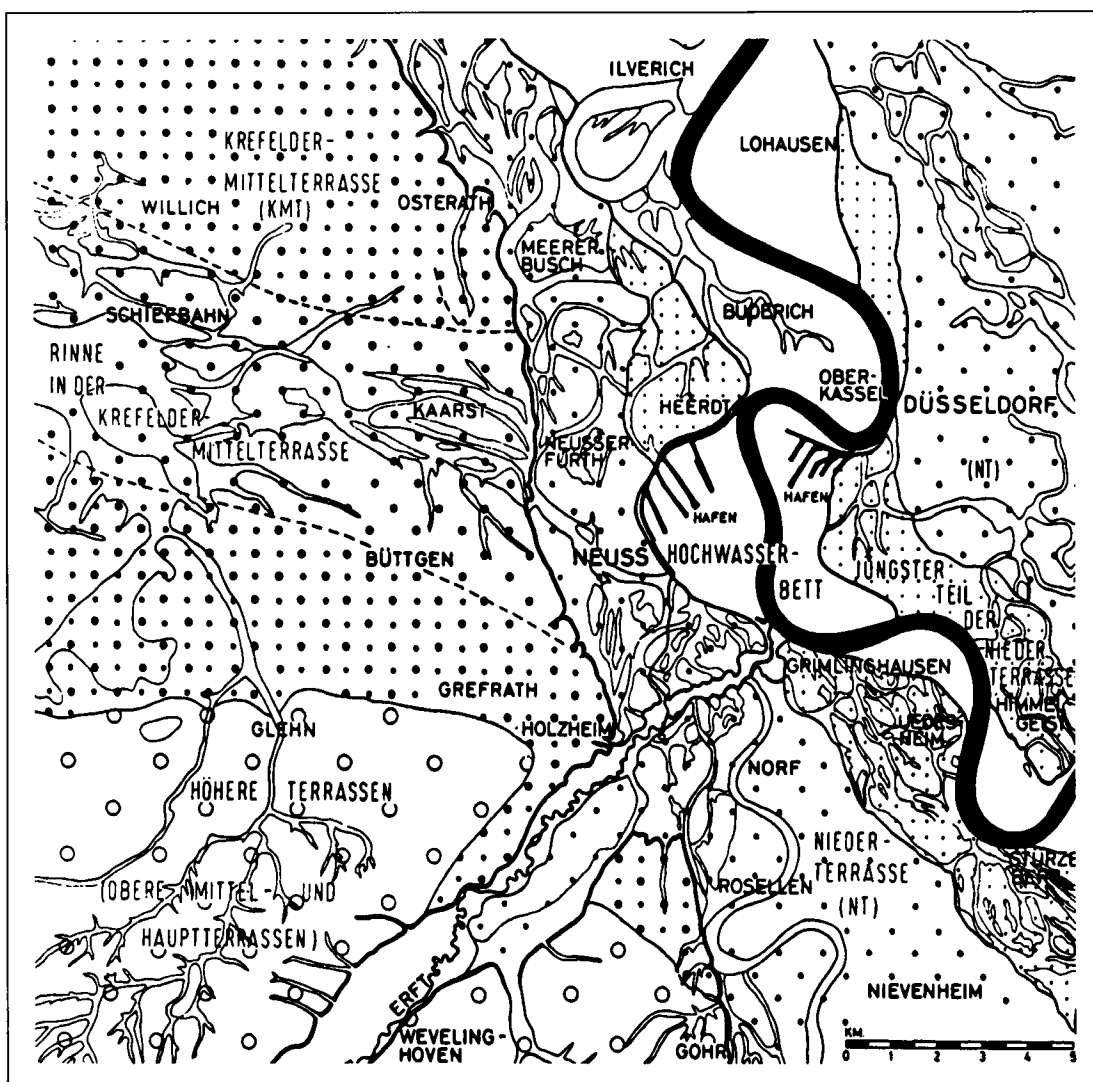


Fig. 5. Terrassenkaartje (naar Thome, 1974) met het hoogwaterbed (wit) en het laagwaterbed (zwart) van Rijn en Erft. De kribben, beschoeiingen en dijken zijn niet, de havenwerken bij Neuss en Düsseldorf wel aangegeven

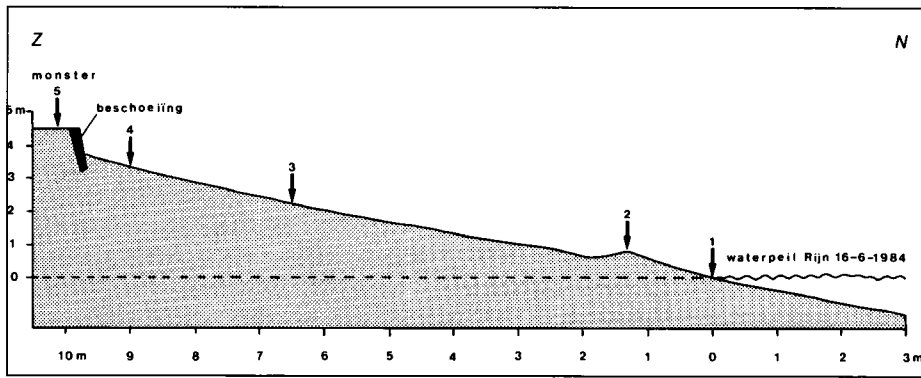


Fig. 6. De bemonsteringsplaatsen op de hoge linkeroever

Bemonstering

Verspreid over de oever en de rand van het hoogwaterbed is een aantal grindmonsters van ongeveer gelijke grootte genomen (zie figuur 6). Dit maakt het mogelijk een indruk te verkrijgen van de spreiding in de grootte van de bestanddelen. De monsters komen van de volgende posities:
 monster 1: bij de laagwaterlijn
 monster 2: uit een grindrichel, 70 cm boven de laagwaterlijn
 monster 3: hoger op de oever, 220 cm boven de laagwaterlijn
 monster 4: hoog op de oever, 330 cm boven de laagwaterlijn
 monster 5: op het hoogwaterbed, 450 cm boven de laagwaterlijn

Petrografische samenstelling

Uitgegaan is van de traditionele grootteklassen volgens Maarleveld (1956): 2-3, 3-5, 5-8, 8-13, 13-20 en >20 mm. De grenzen van deze subfracties vallen niet samen met die volgens de huidige normalisatie in Nederland. Die kent de klassen: 2,5-5,6 mm (fijne grindfractie), 5,6-16 mm (matig grove grindfractie) en 16-63 mm (zeer grove grindfractie). Voor ons onderzoek is dit verschil niet van betekenis. In totaal zijn zes componenten onderscheiden. Kalksteen en vuursteen ontbreken, terwijl industrie-afval, ongeveer 1% van het materiaal, niet is meegeteld. Alle bestanddelen zijn van zuidelijke herkomst. De volgende, korte karakterisering kan worden gegeven:

Voor meer gegevens over Rijngesteenten, in het bijzonder de sedimentaire, wordt verwezen naar Oostingh (1921, 1922), Van der Lijn (1974), Altmeyer (1975, 1976), Altmeyer & Woike (1982) en Götz (1986).

Monster 1 bij de laagwaterlijn bevat grindstukken van 2 tot 50 mm. De spreiding over de verschillende fracties is groot, zodat aan alle fracties tussen 2 en >20 mm analyses konden worden verricht (zie tabel 1). In Nederland is veel met de fractie 3-5 mm gewerkt, die zich daarom goed leent voor vergelijking. Wanneer we de samenstelling van dezelfde fractie uit

Tabel 1 De samenstelling van het grind bij Grimlinghausen

fractie in mm	monster 5 in %	monster 4 in %	monster 3 in %	monster 2 in %	monster 1 in %
2-3					
kwarts					52,9
divers kristallijn					8,6
lydiëtgroep					2,6
bontzandsteen					
devonische zandsteen					11,1
overig sedimentair					24,8
telsom					117
3-5					
kwarts					38,7
divers kristallijn					8,4
lydiëtgroep					1,1
bontzandsteen					0,5
devonische zandsteen					18,0
overig sedimentair					33,3
telsom					189
5-8					
kwarts					33,3
divers kristallijn					6,5
lydiëtgroep					0,5
bontzandsteen					0,5
devonische zandsteen					17,6
overig sedimentair					41,6
telsom					198
8-13					
kwarts	20,1			31,7	34,1
divers kristallijn	4,0			4,4	5,1
lydiëtgroep	0,4			0,5	2,2
bontzandsteen	3,3			4,4	2,8
devonische zandsteen	14,3			19,7	20,6
overig sedimentair	57,9			39,3	35,2
telsom	244			183	179
13-20					
kwarts	12,2	3,8	27,2	29,3	26,1
divers kristallijn	6,1	4,4	5,4	4,0	3,3
lydiëtgroep	0,9	0,6	1,3	1,1	0,8
bontzandsteen	2,6		2,7	0,6	5,0
devonische zandsteen	13,9	40,6	23,4	22,5	26,9
overig sedimentair	64,3	50,6	40,0	42,5	37,9
telsom	230	160	150	174	119
>20					
kwarts	3,5		7,9	32,5	44,7
divers kristallijn	6,0	5,8	5,7	2,9	4,0
lydiëtgroep	0,5			1,0	1,3
bontzandsteen	2,0		3,6		0,7
devonische zandsteen	18,5	55,0	31,4	19,2	20,0
overig sedimentair	69,5	39,2	51,4	44,4	29,3
telsom	200	140	140	104	150

Kwarts	gang- of aderkwarts en verder kwarts uit graniet, pegmatiet, porfier en gneis
Kristallijn	stollingsgesteenten en metamorfe gesteenten, zoals graniet, pegmatiet, porfier, melafier, diabaas, bazalt, keratofier en gneis
Lydiët	zwarte, grijze, bruine en groene en voorts bont gelaagde kwartsitische gesteenten, inclusief radiolriet, waarvan de ouderdom in hoofdzaak Laat-Devoon of Vroeg-Carboon is
Bontzandsteen	sterk korrelige, beige tot lichtrode zandsteen; de grindpartikels vertonen nauwelijks enige gelaagdheid. De ouderdom is Trias
Devonische zandsteen	groengrijze, grijze en roodachtige gelaagde, meest glimmerrijke, vaak schisteuze zandsteen. De ouderdom ervan is Paleozoïcum, voornamelijk Devoon uit het Leisteenplateau
Overige sedimentair	diverse typen, die in hoofdzaak uit het Paleozoïcum van het Leisteenplateau stammen.

Grimlinghausen vergelijken met gegevens uit Nederland, blijkt de overeenkomst met de grindsamenstelling van de jongste Pleistocene rivierafzettingen in de Betuwe groot (grindtype RM.z in tabel A in Zandstra, 1978). Het meestal wat hogere kwartspercentage in de Betuwe is het natuurlijke gevolg van de stroomafwaarts relatieve toename van meer resistente gesteenten. Het kwartsgehalte vertoont een piek in het fijnste grind. Dit is op zich een algemeen verschijnsel, dat het gevolg is van het uiteenvallen - en dus uit de grindfractie verdwijnen -

van andere brokkelige bestanddelen en voorts van afslijping door de schurende werking van zand en grind op de rivierbodem.

Ook volgens Gözl (1986) zou een belangrijk deel van de kwarts in het fijngrind- en zandbereik van Rijnsedimenten aan het uiteenvallen van stollingsgesteenten, met name graniet, te danken zijn. Bij Grimlinghausen daarentegen blijkt deze invloed gering: de kwartsgroep met een doorsnede tot 8 mm bestaat voor verreweg het grootste deel uit gangkwarts, terwijl in het materiaal van 8 tot 50 mm kwarts uitsluitend gangkwarts blijkt te zijn. Deze dominantie van gangkwarts over granietkwarts is het gevolg van een "indirecte" toevoer van gebergtepuin van het Leisteenplateau (Altmeyer & Woike, 1982). Met het woord "indirect" wordt de omstandigheid aangegeven, dat in het stroomgebied van het Leisteenplateau alleen het stroombed zelf nog maar materiaal kan leveren als gevolg van antropogene ingrepen, zoals het vastleggen van rotswanden door middel van hellingconstructies en bebossing. In oudere, Pleistocene, afzettingen, zoals het Jüngere Hauptterrasse (Nederland: Formatie van Sterksel) speelt de voeding met materiaal uit het Leisteenplateau een veel kleinere rol, waardoor naar verhouding meer granietkwarts (= "restkwarts") uit het Zuidduitse Rijngebied in deze eenheid voorkomt. Bovendien was toen geen sprake van antropogene invloeden.

In de fractie >20 mm is het kwartsgehalte 44,7%, een verdubbeling bijna van het gehalte (26,1%) in de fractie 13-20 mm. Dit exceptionele verschijnsel lijkt verklaard te kunnen worden door een groot aanbod van grote gangkwartstukken uit het Leisteenplateau. Ook het grind van het Niederterrasse heeft in de fractie van 20-50 mm een lager kwartspercentage: volgens Schnütgen (1974) is zo'n 20-35% normaal, terwijl Gözl (1986) 33% kwarts vermeldt voor het grind in de fractie 16-31,5 mm van het Niederterrasse op de plaats, waar de Erft in de Rijn uitmondt.

Monster 2 bestaat geheel uit materiaal van 4 tot 45 mm, maar het aantal partikels in de fracties 3-5 mm en 5-8 mm was niet toereikend voor een kwantitatief onderzoek. In de analyse van de fracties 8-13 mm, 13-20 mm en >20 mm ligt het kwartsgehalte constant rond 30%.

Monster 3 bevat partikels van 12 tot 45 mm. Het kwartsaandeel in de fractie 13-20 mm (27,2%) is ten opzichte van dezelfde fractie van monster 2 niet veel anders. In de fractie >20 mm daarentegen vertoont het kwartspercentage een vrije val naar 7,9%, waardoor de som van alle sedimentaire

componenten tot 86,4 toeneemt.

Monster 4 is zeer hoog op de oever, nabij de beschoeiing verzameld. Ten opzichte van monster 3 is de grootte van de partikels onveranderd, namelijk 12-45 mm. De vrije val van het kwartspercentage zet door: slechts 3,8% kwarts in de fractie 13-20 mm, terwijl in de fractie >20 mm zelfs geen enkele kwarts is geteld. Dit verlies wordt met name gecompenseerd door de telgroep "devonische zandsteen", die ongeveer de helft van het grind uitmaakt. Hieruit blijkt, dat de minimale grootte van de bestanddelen van het grind bij een hogere ligging toeneemt en dat tegelijkertijd een sterke daling van het kwartspercentage optreedt.

Monster 5 bestaat uit grind dat door de rivier over de beschoeiing heen op het hoogwaterbed is geslagen. Het sluit petrografisch niet naadloos bij de monsterreeks 1 tot en met 4 aan. Zo ligt de grootte van de grindcomponenten tussen 8 en 45 mm, waarmee de ondergrens ten opzichte van monsters 3 en 4 is verlaagd. Het is daardoor mogelijk geweest ook de fractie 8-13 mm te analyseren. De samenstelling van de subfracties komt met geen enkele van de andere monsters overeen. Het kwartspercentage komt nauwelijks boven de 20 uit en het percentage van de groep "Devonische zandsteen" evenmin, terwijl de groep "overig sedimentair" dominant is. Deze laatste vormt zelfs bijna 70% van de telsom in de fractie >20 mm.

Bij de bespreking van de grindinhoud van alle monsters zijn de componentengroepen "divers kristallijn", lydië en bontzandsteen niet aan de orde gekomen, omdat zij kwantitatief onbetekend zijn. In monster 1 toont bontzandsteen een bescheiden toename van nihil bij de laagwaterlijn tot 5% aan de voet van de beschoeiing, monster 5 loopt daar met 0,7% mee uit de pas. De groep "divers kristallijn" toont een tegengestelde tendens: van 8,6% bij de laagwaterlijn naar 3,3% aan de voet van de beschoeiing en tenslotte een geringe toename tot 4,0% op het hoogwaterbed. Lydië is in alle tellingen van weinig betekenis.

Afronding

Onder afronding wordt in het algemeen en ook bij ons onderzoek verstaan de hoedanigheid van de oppervlaktetextuur, anders gezegd het korrelrelief, de mate van oneffenheid of de gladheid van het oppervlak, of ook wel: de gemiddelde afronding op basis van de convexiteit van het korreloppervlak (Engels: large-scale smoothness); vergelijk Wadell (1932, 1933) en van Andel et al. 1954. Dit is niet hetzelfde als de vorm of sfericiteit, waarmee de mate van bolvormigheid

wordt bedoeld (Valeton, 1955; Humbert, 1968; Veenstra, 1990). Voor sommige andere auteurs zijn afronding en vorm synoniem. Ondanks de uitgebreide aandacht voor het onderzoek naar de afronding van voorwerpen is er geen enkele methode die bij voorkeur wordt toegepast, hetgeen vergelijking van de uitkomsten er niet gemakkelijker op maakt. Voor nadere informatie over definities betreffende de hoedanigheid van korrels wordt naar Barrett (1980) verwezen.

Voor het onderzoek bij Grimlinghausen is een eenvoudige, snel uit te voeren handelwijze gevolgd, zoals eerder door Stapert & Zandstra (1985) in praktijk is gebracht. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een visuele methode (Reichelt, 1955, 1961; Bergersen, 1973), waarmee door Burghardt & Brunnacker (1974) kwarts uit terrasgrind tussen de Rijn en de Erft is onderzocht. De methode kan als volgt worden samengevat.

- a. Het grind van 20-45 mm afzeven.
- b. Afrondingsgraad van, bij voorkeur honderd, grindpartikels op het oog bepalen en de bijbehorende afrondingsklasse vaststellen. Er worden vier afrondingsklassen onderscheiden:
 - I hoekig: meer dan de helft van alle uitsteeksels, ribben, kanten en randen is scherp; het oppervlak en de vorm van het partikel zijn grillig.
 - II afgerond hoekig tot hoekig afgerond: meer dan de helft van de kanten, ribben en randen is iets afgerond; de randen en kanten zijn nog wel te zien, het oppervlak is nog onregelmatig.
 - III afgerond: de omtrek langs tenminste één as is cirkelvormig, eivormig of lensvormig, plaatselijk zijn nog wel vaag randen te onderscheiden. Het oppervlak is tamelijk glad, maar vertoont nog enige onregelmatigheden.
 - IV sterk afgerond: de omtrek is langs tenminste twee assen uitgesproken rond, eivormig of lensvormig; het oppervlak is glad.
- c. De afrondingsindex berekenen. Bepaal de percentages van de korrels, zoals die in de verschillende afrondingsklassen vallen. Vermeignigvuldig het percentage met het klassegetal (de reeks loopt van hoekig=I tot zeer afgerond=IV) en sommeer de vier uitkomsten. Het totaal door 10 gedeeld levert dan de afrondingsindex. Wanneer bijvoorbeeld 4% tot klasse I, 54% tot klasse II, 33% tot klasse III en 9% tot klasse IV behoren wordt de index: $4 \times 1 + 54 \times 2 + 33 \times 3 + 9 \times 4 = 274 : 10 = 24,7$. De afrondingsindex kan tussen 10 en 40 liggen, waarbij geldt hoe lager het getal, hoe geringer de afronding. Fi guur

7 laat aan de hand van twee voorbeelden zien hoe de uitkomsten in een morfogram kunnen worden verwerkt volgens Bergersen (1973).

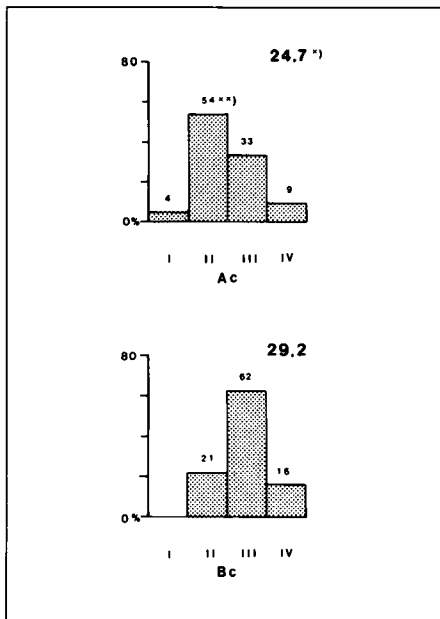


Fig. 7. Af ronding van de totale bestanddelen-groep van 20-60 mm langs rivieren in Oost-Noorwegen (Bergersen, 1973).

- I hoekig
- II afgerond hoekig tot hoekig afgerond
- III afgerond
- IV sterk afgerond
- *) afrondingsindex
- **) percentage
- Ac gemiddeld diagram voor recent fluvia-tiel materiaal bij de uitmonding van een zijrivier in de hoofdrievier
- Bc gemiddeld diagram voor fluvia-tiel mate-riaal langs hoofdrievieren

In figuur 8 is het resultaat van de ana-lysen van het grind uit Grimlinghausen weergegeven. De onderlinge verschil-

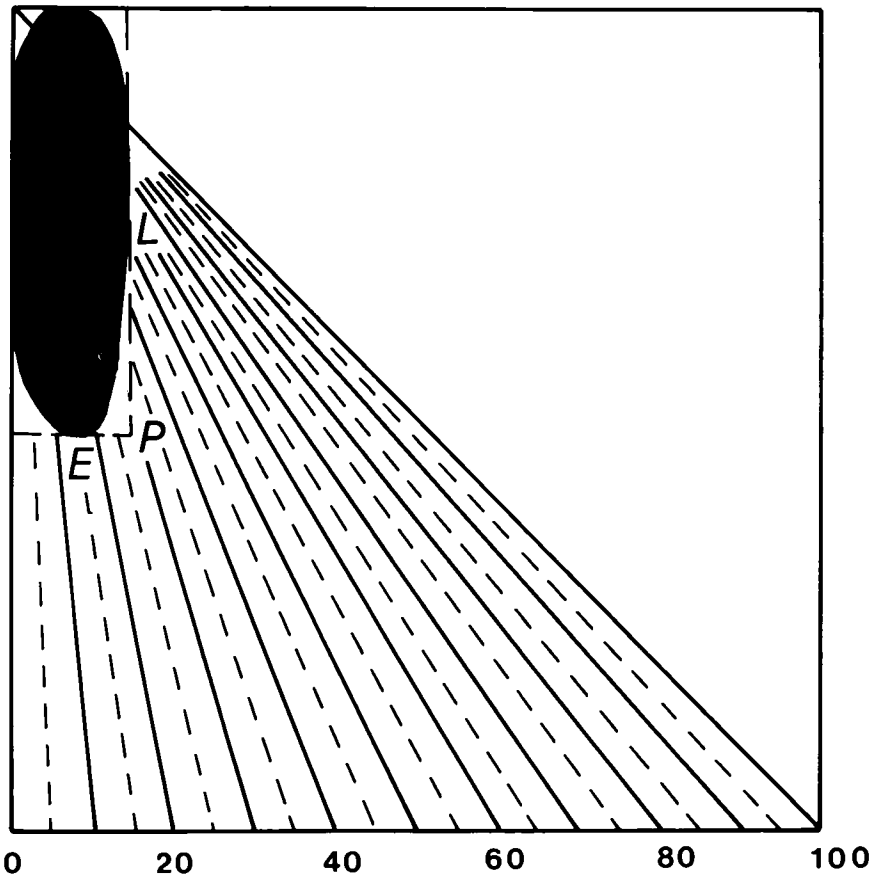


Fig. 9. Stralenfiguur ter aflezing van de afplattingsgraad (naar Lüttig, 1956)

- < 20 sterk afgeplat
- 20-40 afgeplat
- 40-60 weinig afgeplat
- > 60 niet afgeplat

len blijken groot te zijn. De hoevee-lheid hoekig materiaal van klasse I is op alle monsterplaatsen te verwaarlo-zen. Klasse II domineert langs de laagwaterlijn (70% in monster 1), maar ook in monster 2 uit de grindrichel komt nog 55,9% afgerond hoekig ma-teriaal van klasse II voor. Hoger op de oever neemt het aandeel van deze af-rondingsgroep af tot 32,1% in mon-ster 3 en 5,7% in monster 4. Deze af-nahme houdt gelijke pas met de daling van het kwartspercentage in de petro-grafische analyses van de fractie >20

mm (zie tabel 1) en zal daar voor een deel aan toe te schrijven zijn. In mon-ster 5 neemt klasse II tegen de draad in toe tot 27,0%. We zagen eerder dat ook de petrografische samenstelling met haar dominantie van "overig sedi-mentair" de trend niet volgt. Klasse III is in het monster aan de laagwaterlijn met 17,4% en in de grindrichel met 28,8% vertegenwoordigd, hoger op de oever neemt het percentage van deze klasse sterk toe tot 47,2% en tenslotte zelfs tot 68,6% in monster 4. Ook op het hoogwaterbed blijft de

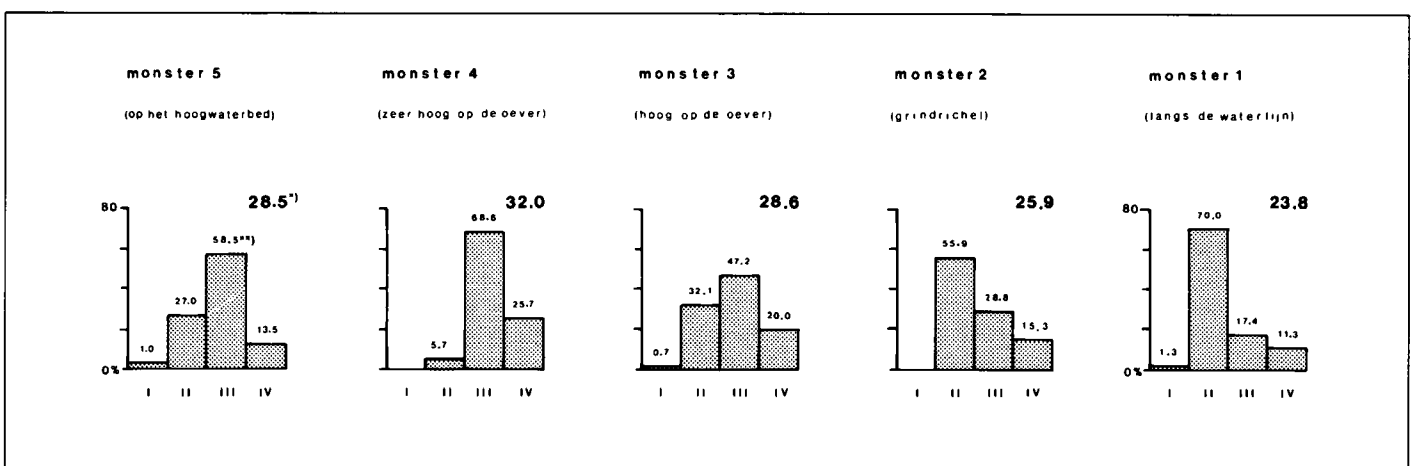


Fig. 8. Af ronding van de totale bestanddelengroep >20 mm bij Grimlinghausen (indeling naar Bergersen, 1973) I hoekig, II afgerond hoekig tot hoekig afgerond, III afgerond, IV sterk afgerond *) afrondingsindex **) percentage.

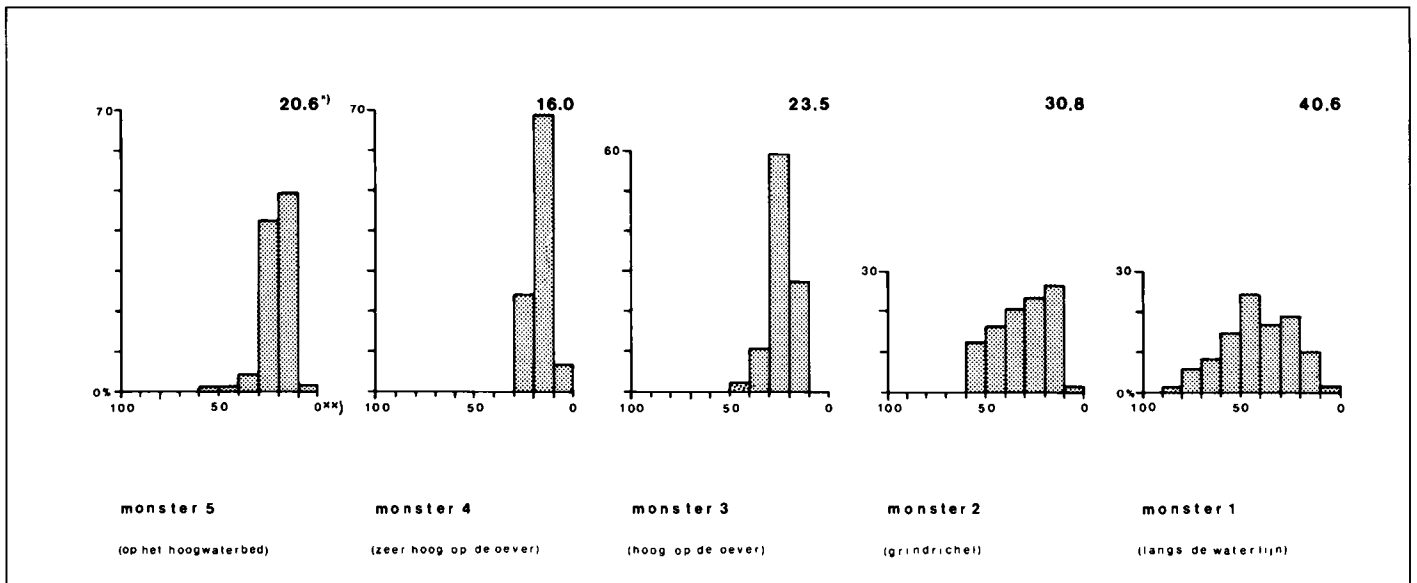


Fig. 10. De afplatting van de grindbestanddelen in de fractie >20 mm te Grimlinghausen (met uitzondering van kwarts en kristallijn). *) afplattingsindex, **) afplattingsklassen (zie fig. 9).

klasse III met een percentage van 58,5 kwantitatief belangrijk. Het sterk afgeronde grind van klasse IV vertoont een met klasse III vergelijkbaar gedrag.

Afplatting

De afplattingsgraad wordt vastgesteld met behulp van een afplattingsfiguur van Lüttig (1956), die als volgt wordt toegepast (zie figuur 9). Het te meten grindpartikel wordt op zijn kant langs de linkerrand van de figuur geplaatst met de langste as N-Z; daarna wordt de waarde van het ontmoetingspunt P van de lengte L met de dikte E onderaan de figuur afgelezen. In het voorbeeld bedraagt die 27, een getal dat voor een matige afplatting staat. Hoe lager het getal, dat onderaan het morfogram wordt afgelezen hoe platter het voorwerp. Bij voorkeur wordt van honderd metingen uitgegaan.

Ons onderzoek is beperkt tot al het sedimentaire materiaal, dat als één groep is beschouwd, van de fractie >20 mm van de vijf monsters (zie figuur 10). Kwarts is buiten de analyse gehouden, omdat geen enkele vorm van afplatting bij dit gesteente voorkomt. Het wel betrekken bij de analyse zou de afplattingsindex, dit is de gemiddelde waarde van alle gemeten partikels, te veel hebben beïnvloed. Ook kristallijn is niet gemeten, daar deze groep slechts 3-8% van de tellingen 1 tot en met 5 uitmaakt; wel is geconstateerd dat deze component, met name hoog op de oever, voor een aanzienlijk deel sterk afgeplat is (zie figuur 15).

Zoals uit figuur 10 blijkt, zijn de morfogrammen van de vijf analyses onderling zeer verschillend. Bij het grind van monster 1 is de waarde van de afplatting het meest gelijkmatig over de verschillende afplattingsklassen verdeeld, hetgeen blijkt uit de lage twee-

toppige, min of meer symmetrische grafiek met een brede voet en een doorlopende linkerflank. De hoge indexwaarde 40,6 geeft aan dat de sedimentaire bestanddelen over het geheel genomen weinig afgeplat zijn. Uit de lange linkerflank, met getallen tus-

sen 60 en 90, is op te maken, dat een deel van de stukken niet of nauwelijks een begin van afplatting vertoont. Deze hoedanigheid is beperkt tot het monster bij de laagwaterlijn. Het morfogram van monster 2 wijst op een sterkere afplatting. Dit is af te leiden uit het geheel ontbreken van de linkerflank en uit het naar rechts oplopen van de lage asymmetrische figuur. De index 30,8 van dit monster is ten opzichte van de 40,6 van monster 1 dan ook aanzienlijk lager.

Het morfogram van monster 3 toont een tot waarde 50 verkorte linkerflank. Meer dan de helft van de componenten valt in de zuil tussen de waarden 20 en 30, terwijl de rest overwegend behoort tot de groep met waarden tussen 10 en 20. De grafiek is daardoor hoog en smal, met een lage linker- en een hoge rechterschouder. De index 23,5 staat voor afgeplat. Het morfogram van monster 4 laat een hoge, smalle grafiek zien, die sterk naar rechts is verschoven in verhouding tot de vorige. Hier is de kolom met de afplattingswaarden tussen 10 en 20 uitzonderlijk hoog en is de linkerschouder veel hoger dan de rechterkant. Het geeft aan dat het grind sterk afgeplat is met een index van 16,0. In monster 5 met een index van 20,6 is het grind wat minder afgeplat dan in monster 4. Dit komt tot uiting in de grafiek, die een tot de afplattingswaarde 60 doorlopende, zij het zeer lage, linkerflank bezit.

Samenvattend kunnen wij concluderen, dat alle sedimentgesteenten aan de waterlijn gemiddeld weinig afgeplat zijn en dat de afplatting op de oever naar boven toe sterk toeneemt. Tegelijkertijd neemt de spreiding van de mate van afplatting af, zichtbaar in de sterk afnemende breedte van de morfogrammen. De afplatting van het grind op het hoogwaterbed past niet

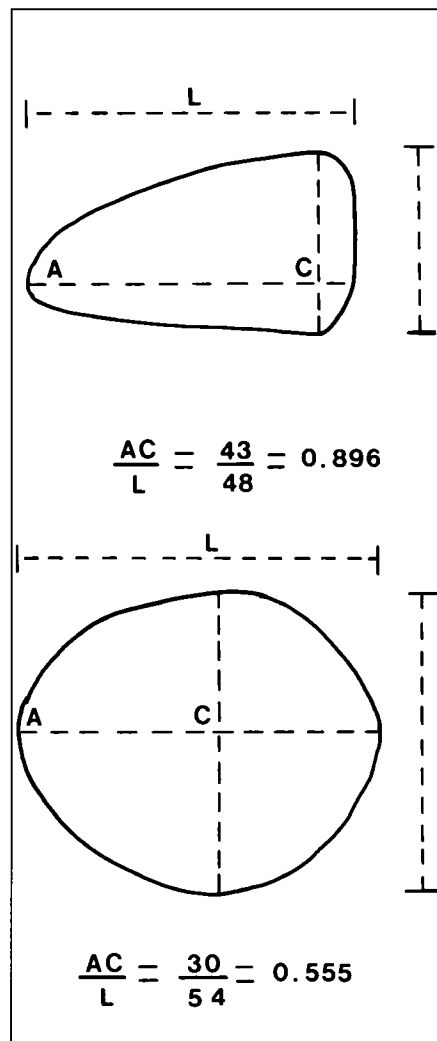


Fig. 11. Dissymetrie van grindkorrels; boven met hoge index, onder met lage index (berekening naar Gendersen, 1977).

in deze reeks, maar eerder hebben we gezien dat ook de samenstelling en afronding afwijken.

Dissymetrie

De dissymetrie-index is een getalswaarde die aangeeft in welke mate de twee "helften" van een voorwerp elkaars spiegelbeeld benaderen. Het kan berekend worden door het te meten voorwerp plat neer te leggen en vervolgens de afstand A-C te delen door de lengte L (zie figuur 9). Des te meer de gemeten "helft" het spiegelbeeld van het andere deel van het voorwerp benadert, des te lager is de waarde van de index (Cailleux, 1952; Gendersen, 1977).

Op het materiaal van de lokatie bij Grimlinghausen is deze methode niet toegepast. Reeds bij de eerste aanblik is het duidelijk, dat het hoog op de oever gelegen grind zeer veel partikels bevat, die gelijkvormige "helften" vertonen, terwijl sterk asymmetrische exemplaren zeldzaam zijn (fig. 15, 16, 17).

Opmerkingen over recent Rijngrind

Gedurende het Holoceen heeft de Rijn in het laagland een meanderende loop. De hoofdstroom verlegt zich voortdurend door bochten te verplaatsen of voorgoed te verlaten. Waar de geologische situatie gunstig is, heeft de rivier vrij spel om de ideale verhanglijn aan te nemen. Door het ingrijpen van de mens in de laatste eeuwen - met name in de twintigste eeuw - is er geen sprake meer van dit vrije spel en is de Rijn overal in een naar verhouding smal laagwaterbed teruggedrongen. Zo is de breedte bij Grimlinghausen thans slechts ongeveer 400 m. Als gevolg van dijk aanleg is de waterbergingscapaciteit onder extreme omstandigheden beperkter. De bouw van kribben heeft de beoogde stroomgeleiding tot gevolg gehad en het aanbrengen van beschoeiingen op de grens van hoog- en laagwaterbed is een extra waarborg tegen stroomverlegging geweest. Dergelijke bijstellingen van het natuurlijke regime worden tot op de huidige dag geïntensiveerd. Evenwel door versmalling van het stroombed wordt de stroomsnelheid, daarmee ook de sleepkracht, vergroot, met een versterkte diepteerosie als neveneffect. De laatste is dan ook van veel betekenis. Zo vinden bij Neuss in recente tijd tot meer dan twaalf meter diepe uitkolkingsplaats bij een gemiddelde waterdiepte van drie meter (Thome, 1974). In dergelijke kolkgraten worden niet alleen de grindzanden van het Niederterrasse, maar ook de bovenste lagen van het Tertiair geërodeerd. Grind- en stenenaccumulaties verplaatsen zich bij her-

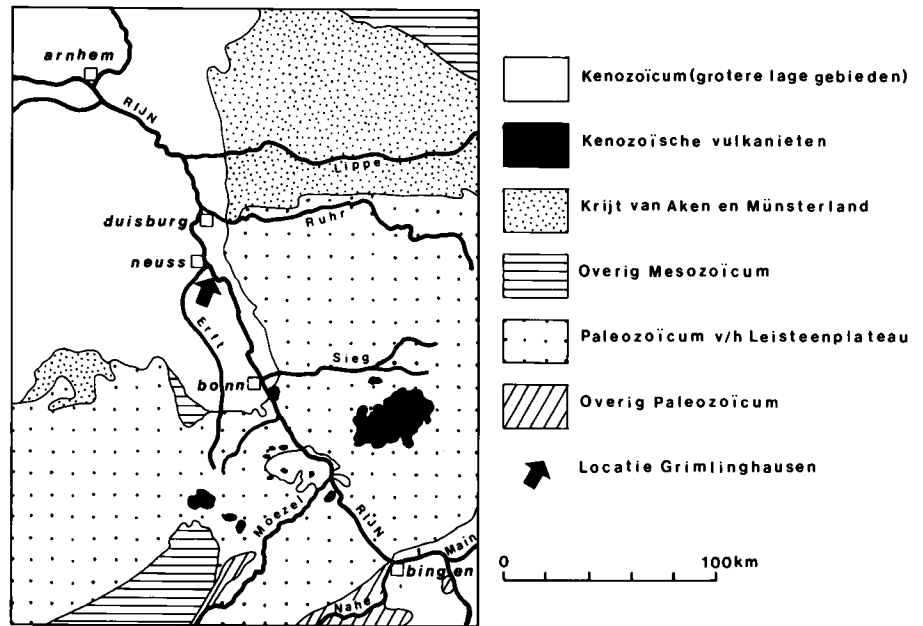


Fig. 12. Beknopte geologie van een deel van het Rijngebied; (vrij naar Gölz, 1986). Bij Bingen passeert de rivier bij de binnenkomst in het Leisteenplateau een structuurtrede, feitelijk de overgang van een gebied met een zachte bodem naar een rotsbodem. Daar begint het smalle deel met hoge rotsoevers van de Mittelrhein; schippers noemen dit nautisch markante punt het "Binger Loch".

haling, met als gevolg dat oude kolkgraten weer met grof materiaal worden opgevuld, terwijl elders nieuwe worden gevormd. Vorming van migrerende grindrijke banken en kolkgraten maakt in de Rijn deel uit van de fluvia-tiele processen, die optreden om de verstoring van de loop als gevolg van menselijk ingrijpen te compenseren. Ook waar de mens direct een verstoring van de verhanglijn veroorzaakt, werkt het regime corrigerend. Zo is de daling van het rivierbed ten gevolge van kolenmijnbouw bij Duisburg door depositie van een grindrijk sedimentpakket tenietgedaan (Gözl, 1986). Bovenstaande processen van accumulatie en erosie van grind en stenen spelen ook beneden de laagwaterlijn bij Grimlinghausen. Voor het hoger gelegen recente oevergrind boven de laagwaterlijn is, gelet op de ligging en de uitkomsten van ons onderzoek, sprake van een zeldzaam verschijnsel.

Het oevergrind bij Grimlinghausen: enkele opmerkingen

De samenstelling van het grind bij de laagwaterlijn vertoont veel overeenkomst met het materiaal van het onderliggende Niederterrasse, dat regelrecht uit het Leisteenplateau is aangevoerd. Het recente oevergrind is deels uit het Niederterrasse opgenomen en voor het overige deel uit het stroombed van de Rijn in het Leisteenplateau. De afronding van alle bestanddelen tezamen, index 23,8 (zie figuur 8), is sterker dan in die uit de Midden-Pleistocene Formaties van Sterksel en Urk in Nederland (19,4 resp. 22,4, volgens eigen analyses) en veel sterker dan die van de Niederterrassegrinden

(iets boven 17, volgens Burghardt en Brunnacker, 1974). De afplattung bij de laagwaterlijn is min of meer gelijkmatig over de verschillende klassen verdeeld (zie figuur 10). Dit is normaal voor grindrijke rivierbanken, ook in Pleistocene Rijnafzettingen, zoals de Formatie van Urk bij Rhenen (zie fi-

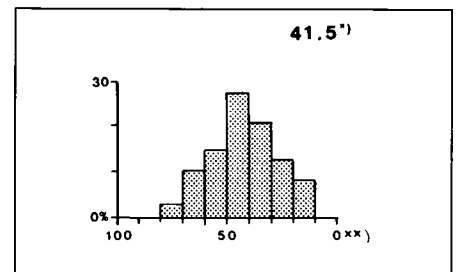


Fig. 13. De afplattung van de grindbestanddelen in de fractie >20 mm in eenheid 5 van de Formatie van Urk te Kwinteloijen bij Rhenen (met uitzondering van kwarts, kristallijn en vuursteen); ouderdom vroeg-Saalien, naar Ruegg, 1981 en Zandstra, 1981).

*) afplattingsindex (zie fig. 9)
 **) afplattingsklassen (zie fig. 9)

guur 13).

Met de toename van de hoogteligging veranderen de samenstelling, afronding en vorm van de bestanddelen. Zo verloopt in de fractie >20 mm van de monsters 2, 3 en 4 het kwartaandeel van 32,5% via 7,9% tot nihil en neemt het aandeel van de platige Devonische zandsteen successievelijk toe van 19,2% via 31,4% tot 55,0% (zie tabel 1). Deze uitzonderlijk grote verandering is het gevolg van een toename in het vermogen van de rivier om de gesteenten mee te slepen en op te lichten, dit ten nadele van de kwarts, die de ligplaats van monster 4

zelfs helemaal niet bereikte. Naar we aannemen was dit het gevolg van de hoekige en plompe vorm, waardoor het gesteente minder sleepbaar was en eerder tot bezinking kwam (zie hierna). De vormselectie blijkt duidelijk uit de afplatting (zie figuur 10).

Het meest opvallende van monster 5 is de terugval in het aandeel van de Devonische zandsteengroep in alle fracties tot minder dan 20%; in monster 4 is deze component nog met 40-55% vertegenwoordigd. Het voorgaande maakt het aannemelijk te veronderstellen dat het grind boven de laagwaterlijn onder verschillende omstandigheden is afgezet:

a) bij iets verhoogde waterstand laag op de oever: afzetting van grind met ongeveer dezelfde samenstelling en morfometrische eigenschappen als het grind van normale onder water gevormde rivierbanken (monster 1)

b) bij hoog water: vorming van grind-accumulaties op de oeverstrook

Naarmate het grind hoger op de oever wordt afgezet, is de selectie naar grootte, samenstelling, afronding en vorm groter (monsters 2, 3 en 4).

c) bij zeer hoog water: grindoverslag tot op de randzone van het hoogwaterbed. De selectie is als bij b, echter minder sterk (monster 5).

Het is waarschijnlijk dat de afvoer van de Erft bij vorming van de onder b en c genoemde voorkomens een rol heeft gespeeld, ook al mondt deze linkerzijrivier iets stroomafwaarts van onze onderzoekslokatie in de Rijn uit. Het gehele jaar door wordt de capaciteit van deze niet onbelangrijke waterloop in het Erftbekken gebruikt voor de afvoer van het water dat wordt opgepompt voor de bemaling van de enkele honderden meters diepe bruinkoolgroeven. Volgens Schlimm (1988) wordt dit water, circa 830 miljoen ku-

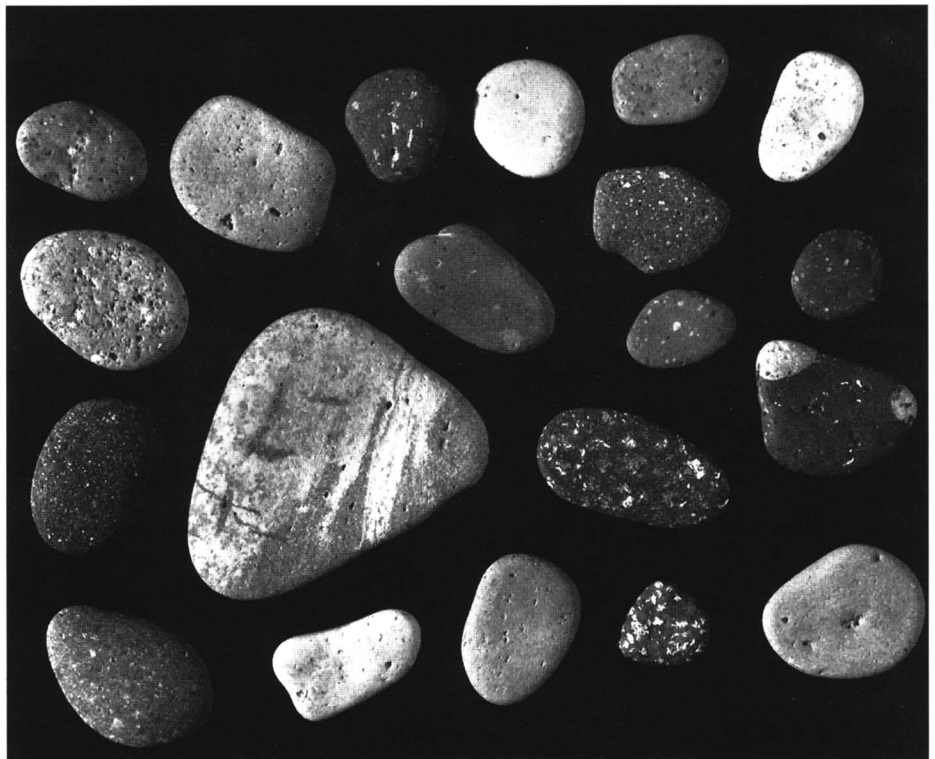


Fig. 15. Sterk afgeplat tot afgeplat kristallijn (porfier, keratofier en melafier).

bieke meter, voor ongeveer driekwart op de Rijn geloosd. In tijden met overvloedige regen is het debiet van de Erft zo groot dat op de plaats van uitmonding in de Rijn een storende waterbuffer ontstaat. Het gevolg is een stroomopwaartse stuwing van het water in de hoofdriever (Thome, 1974). Wanneer de Rijn zelf tegelijkertijd veel water uit de eigen bovenloop aanvoert, kan de Erftwaterbuffer het regime van de Rijn ter plaatse van de onderzoekslokatie beïnvloeden. Het gevolg is dat naast de hoofdstroomdraad lateraal uitwijkende stroombanen met wervels ontstaan. Grind wordt in suspensie meegesleurd en

hogerop gelost, waarbij de hiervoor genoemde selectie optreedt. Met de afname van de waterdiepte naar boven toe, nemen de sleep- en liftkracht af, waardoor hoog op de oever de dunne, ovaal- tot cirkelvormige zandsteen kan overheersen. De plompe, onregelmatige gangkwarts heeft een iets hoger soortelijk gewicht en een grotere valsnelheid, waardoor die reeds eerder in dieper water is bezonken. Alleen bij extreme omstandigheden, als de waterstand zeer hoog is en de windsnelheid en windrichting "gunstig" zijn, kan versterkte turbulentie veroorzaken, dat grind tot op het hoogwaterbed wordt opgewerveld. Het kolkende water heeft dan zo'n grote sleepkracht, dat grove grindkorrels, matig gesorteerd naar vorm, grootte, afronding en afplatting, over de beschoeiing raken.

Resteert de vraag of de platte partikels de sterke afronding (effenheid, gladheid van oppervlak) na of voor de depositie hebben ondergaan. Proeven van Kuenen (1964) in een watergoot met imitatiebranding wezen uit dat althans de mate van sfericiteit (=bolvormigheid) op grind- en steenstranden nauwelijks meer verandert. Mechanische slijtage in turbulent water zou te verwaarlozen zijn. In of bij het grind bij Grimlinghausen doet zich het, voor zover bekend uitzonderlijke, verschijnsel voor dat behalve van nature vlak splijtende Devonische zandsteen (zie figuur 14) ook bontzandsteen (zie figuur 15) en zelfs soorten met een richtingloze opbouw - zoals melafier en vele porfieren (zie figuur 16) - aan-



Fig. 14. Het sterk afgeplatte grind hoog op de oever bij Grimlinghausen

zienlijk sterker zijn afgeplat dan in "normaal" Rijngrind. Het is daarom waarschijnlijk dat reeds op de bodem van de rivier selectie op basis van bolvormigheid, met een duidelijke voorkeur voor platte exemplaren, heeft plaatsgevonden. Voor partikels met een andere hoedanigheid is kennelijk de liftkracht niet groot genoeg geweest.

De vraag blijft dan nog wel open hoe de "finishing touch" - het wegslijpen of afslijpen van oneffenheden en een verdere dikte-afname - tot stand kwamen. In dit verband wordt er op gewezen dat breuk, versplintering en vorming van scheurtjes in het oppervlak op een rivierbodem van stenen en grind frequent optredende verschijnselen zijn. Bij Grimlinghausen zijn dergelijke aanslagen op de grindpartikels tamelijk zeldzaam. Het gladde, effen oppervlak lijkt daarom op een stuk zandige rivierbodem, stroomopwaarts van de vindplaats op de oever, tot stand te zijn gekomen. Ook Kuenen (1956) kwam bij experimenten in het laboratorium tot de conclusie dat de ligging van grindkorrels op een zandige bodem een veel sterkere slijtage teweeg brengt dan wanneer de bodem uit grind en stenen bestaat. Bluck (1967) wijst op een vergelijkbaar proces op het zeestrand van Zuid-Wales, waar de sterkst afgeplatte, gladde bestanddelen op plaatsen liggen waar ze het minst door de zee worden bewerkt. Stellig wijst dit eveneens op een eerder opgetreden voorselectie.

Hiervoor is gewezen op de invloed van interactie tussen Rijn en Erft. Ook op zeestranden, waar een rivier uitmondt, is een wisselwerking tussen twee regimes te verwachten. Daarom volgen enkele opmerkingen over zee-grind in de kustzone.

Grind op en nabij stranden

Op plaatsen waar een rivier de zee bereikt en waar tijverschil optreedt, wordt de stroom afgeremd en de golfwerking afgezwakt. Het gevolg is een geringere sleepkracht, waardoor grote grindstukken bezinken. Over de bodem wordt een deel van deze grove bestanddelen schuivend, rollend en springend verder zeewaarts vervoerd. Een aantal zal daarna nog een reis naar het strand, tot aan de vloedlijn en incidenteel nog verder stroomopwaarts maken. Bij het transport naar het strand is sprake van een marien proces. Tijdens de vloed ondergaat het grind daar een vormselectie: onregelmatig gevormde en eivormige exemplaren domineren op het lage strandgedeelte, terwijl discusvormige en platte ronde stukken vooral in stroomruggen hoog op het strand worden aangetroffen. In het onder-



Fig. 16. Afgeplatte bontzandsteen.



Fig. 17. Sterk afgeplatte Devonische zandsteen.

zoeksgebied van Hobday & Banks (1971), bij de uitmonding van de Mandraperelv in het Tanafjord in noordelijk Noorwegen, neemt de grootte van de bestanddelen duidelijk af bij een hogere ligging; aan de kust van Wales is dat precies omgekeerd (Bluck, 1967). Op de lokatie in Noorwegen is de golfactiviteit door de wisselwerking met het uitstromende rivierwater weliswaar afgenomen, maar er ontstaan toch landtongen met grindbanken die voor-

namelijk uit platte stenen bestaan. Een aantal ligt plat op de bodem, terwijl veel andere exemplaren dakpansgewijs (imbricaat) gerangschikt zijn. De hellende stand is het gevolg van de golfwerking van het zeewater, die maakt dat de partikels afhellen in de richting vanwaar de golfwerking komt. Zowel in Noorwegen als in Wales sleepte een rivier het grind aan, waarna de zee de last verder transporteerde en selecteerde. De rol van de rivier

is dan uitgespeeld. Deze verklaring vindt steun in de waarneming dat dezelfde processen, zoals de uitfiltering van platte grindpartikels en platte stenen, zich ook voordoen op zeestranden, waar geen rivier uitmondt (Humbert, 1968). Op zeestranden met grote tijverschillen treedt een soortgelijke selectie op. Afgeplatte stukken worden haaks op de kustlijn naar het hoge strand gebracht, terwijl de overige exemplaren op een lager niveau bezinken. Overigens is het niet zozeer de getijwerking alswel de branding die grind en stenen stroomopwaarts brengt. Tot die overtuiging kwam Van Veen (1936) bij zijn onderzoek in het kustgebied van de Hoofden, aan de Britse kant van de Straat van Dover. De scheve oploop van de golven tegen het strand veroorzaakt dat grindbanken zich in zigzagvorm langs de kust verplaatsen. Een dergelijke grinddrift wordt afgebroken waar een havendam verder transport onmogelijk maakt en het grind zich tegen deze dammen ophoopt.

Dichter bij huis, in de Amsterdamse Waterleidingduinen ten zuiden van Zandvoort, is bij graafwerkzaamheden in de zestiger jaren grind gevonden. De lokatie ligt 1 km landinwaarts van strandpaal 71, ter hoogte van het Wouwenvlak, zie topografisch kaartblad 24H, schaal 1:25.000. De grindkorrels lagen onder het duin tegen een strandwal aan, op 0,50-1,00 m + NAP. De grootte varieerde tussen 13 en 45 mm. Ruim de helft bestaat uit Devonische zandsteen, 28% uit andere sedimentaire gesteenten, 19% uit gangkwarts en 3% uit vuursteen en kristallijn. Het gaat om zuidelijk grind, dat voor 90% uit Rijngesteenten en voor de rest uit Maasmateriaal (o.a. pyrietkwartsiet en vuursteen) is samengesteld. Volgens Zandstra (1962) is het aannemelijk dat dit zeegrind subrecent uit een Laat-Pleistocene Rijntak is opgenomen, een gedachte die ook Van der Valk (1993) is toegegaan (zie voorts ook Van Straaten, 1991). Het overgrote deel zal reeds in de Rijn een schuifsteenvorm hebben gekregen, de branding heeft voor extra afronding en afplating gezorgd. We zien ook hier een rivier in de rol van leverancier en daarna de zee in het littorale gebied die voor de lift naar de flank van een strandwal zorgt.

Conclusies

1. De samenstelling van het grind net boven de laagwaterlijn bij Grimlinghausen is nauw verwant met die van het onderliggende Niederterrasse, waaruit het voor een deel is opgenomen. Het overige materiaal is in recente tijd uit het stroombed bezuiden Bonn, in het traject door het Leisteenplateau, aangevoerd.

2. Hoog op de oever van het normale rivierbed liggen grindconcentraties met een in hoofdzaak min of meer vlakke ligging van tot 50 mm grote stukken. In vergelijking met het grind bij de laagwaterlijn zijn de samenstelling (met zijn toename van sterk geïlaagde zandsteen), de morfometrische eigenschappen (veel afgeronde platte stukken) en de grootte van de stukken (verhoogd korrelgrootte-minimum) gewijzigd.

3. De uitspraak van Sames (1966) dat riviergrind een zeker percentage tamelijk hoekige bestanddelen bevat, vindt hier geen bevestiging, evenmin als de stelling dat zulk grind een grote variatie aan vormen zou bevatten. Dat grind op zeestranden een duidelijke tendens naar sterke afronding vertoont, houdt dus niet in dat het zich door deze hoedanigheid altijd van riviergrind onderscheidt.

4. Het grind op het hoogwaterbed is minder afgeplat en is hoekiger dan dat op de zandige oeverstrook van het normale rivierbed. Voorts is de spreiding naar grootte toegenomen. De overslag van dit grind geeft een kortstondige, incidentele calamiteit bij ruw weer, hoog water met veel turbulentie en golfwerking weer.

5. De afronding van de partikels heeft op een zandig traject van het rivierbed, stroomopwaarts van het oevergrind plaatsgevonden. De selectie naar vorm - met een voorkeur voor afgeplat - is het gevolg van een gelimiteerd liftvermogen van het hydraulische systeem.

6. Door de Erft in de Rijn gebracht water veroorzaakt een waterbuffer met een stroomafremmend effect. Bij een sterk verhoogd wateraanbod van beide rivieren ontstaan, ter hoogte van de plaats van onderzoek, naar de linkeroever uitwijkende stroombanen, waarin de sleepkracht en het liftvermogen toenemen. Daardoor kan grind naar het hoge oevergedeelte worden verplaatst. Deze grinddrift is vermoedelijk mede het gevolg van een zekere vorm van branding.

7. Stroomopwaarts van een der kribben vindt de sterkste opeenhoping van grind plaats. Dergelijke bouwwerken vormen voor het grove materiaal een onneembare hindernis. Deze situatie is enigszins vergelijkbaar met een zeestrand, waar een havendam is aangelegd.

Kurzfassung

Aus dem linken Uferbereich des Rheins, südlich von Neuss, wurden an rezenten Flussschottern oberhalb der Niedrigwasserlinie die petrographische Zusammensetzung, der Abrundungsgrad und der Abplattungsgrad verschiedener Korngrößenfraktionen bestimmt.

Die Kieszusammensetzung weist überwiegend auf eine Herkunft aus dem Gebiet des Schiefergebirges hin. Stratigraphisch gehören die Schotterablagerungen primär vermutlich zur Niederterrasse der Weichsel-Kaltzeit; das übrige Material dürfte erst in jüngster Zeit hauptsächlich aus dem Flussbett zwischen Bingen und Bonn aufgenommen und herantransportiert worden sein.

Das Ergebnis der morphometrischen Analyse deutet darauf hin, dass besondere Ablagerungsverhältnisse herrschten. Voraussichtlich lagen rauhes Wetter und Hochwasser mit viel Turbulenz und Wellenbildung in einem verhältnismässig schmalen Strombett vor. Auch der durch die Erft bei der Einmündung dem Rhein vorliegende Wasserstau könnte eine Rolle gespielt haben. Allem Anschein nach verursacht dieser Stau im Rhein stromaufwärts eine Verschiebung der Strom auf das linke Ufer zu.

Die grössten Kieskomponenten sind fast ausnahmslos plattig kantengerundet mit glatter Oberfläche. Die Lagerung ist im Uferbereich überwiegend flach. Eine derartige Ansammlung abgerundeter bis stark abgerundeter Exemplare ist für ein litorales Milieu ganz normal, scheint dagegen in einem fluviatilen Milieu nur selten vorzukommen.

Dankbetuiging

Mijn dank gaat uit naar prof. dr. K.N.Thome te Krefeld voor de begeleiding in het veld. J.van Delft maakte enkele foto's van grindbestanddelen en poetste door de auteur genomen matige opnamen op tot een aanvaardbaar niveau. A.Walkeuter vervaardigde de meeste lijntekeningen. Dr. E.Oele nam het manuscript door en gaf vele nuttige aanwijzingen. Allen ben ik erkentelijk voor het geleverde vakwerk.

Adres van de auteur
Mozartstraat 142
1962 AG Heemskerck

Literatuur

- Altmeyer, H., 1975. Rheingerölle des Kölner Raumes. Der Aufschluss 26, p. 1-27.
- Altmeyer, H., 1976. Die Kieselschiefer des Rheins bei Köln. Der Aufschluss 26, p. 441-444.
- Altmeyer, H. & Woike, M., 1982. Rheingerölle und ihre Herkunft. Rheinische Landschaften 22, 31 p.
- Andel, Tj.H., van, Wiggers, A.J. & Maarleveld, G.C., 1954. Roundness and shape of marine gravels from Urk (Netherlands), a

- comparison of several methods of investigation. *Journal of Sedimentary Petrology* 24, 2, p. 100-116.
- Baren, J., van, 1927. De bodem van Nederland. Deel II. Het Kwartair. Van Looy, Amsterdam, p. 449-1365.
- Barrett, P.J., 1980. The shape of rock particles, a critical review. *Sedimentology* 27, p. 291-303.
- Behrens, M., 1977. Zur Stereometrie von Geröllen. *Mitt. Geol. - Paläont. Inst. Univ. Hamburg* 47, p. 1-124.
- Bergersen, O.F., 1973. The roundness analyses of stones. *Bulletin Geol. Inst. Univ. Uppsala* 5, p. 69-79.
- Bluck, B.J., 1967. Sedimentation of beach gravels. Examples from South Wales. *Journal of Sedimentary Petrology* 37, 1, p. 128-156.
- Burghardt, E. & Brunnacker, K., 1974. Quarzzahl und -rundung in Schottern der Niederrheinischen Bucht. *Decheniana* 126, 1/2, p. 333-352.
- Cailleux, A., 1952. Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Palaeoklimatologie. *Geol. Rundschau* 40, p. 11-19.
- Genderen, J.L., van, 1977. Nomograms for morphometric gravel analysis. *Sediment. Geol.* 17, p. 285-294.
- Gölz, E., 1986. Das rezente Rheingesschiebe; Herkunft, Transport und Ablagerung. *Z. dt. geol. Ges.*, p. 587-611.
- Hobday, D.K. & Banks, N.L., 1971. A coarse-grained pocket beach complex, Tanafjord (Norway). *Sedimentology* 16, p. 129-134.
- Hofland, L.H., 1959. Het grind van de Peelhorst. *Grondboor en Hamer* 5/6, p. 252-258.
- Humbert, F.L., 1968. Selection and wear on gravel beaches. Proefschrift Groningen. Drukkerij Veenstra en Visser, 124 p.
- Klostermann, J., 1992. Das Quartär der Niederrheinischen Bucht. *Geol. Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld*, 200 p.
- Kuenen, Ph.H., 1956. Experimental abrasion of pebbles. 2. Rolling by current. *Journ. of Geology* 64, 4, p. 336-368.
- Kuenen, Ph.H., 1964. Experimental abrasion. 6. Surfation. *Sedimentology* 3, p. 29-43.
- Lijn, P., van der, 1974. Het Keienboek. Mineralen, gesteenten en fossielen in Nederland. Zesde druk, herzien en bewerkt door G.J. Boekschoten. Thieme, Zutphen, 361 p.
- Lüttig, G., 1956. Eine neue, einfache gerölmorphometrische Methode. *Eiszeitalter und Gegenwart* 7, p. 13-20.
- Lüttig, G., 1962. The shape of pebbles in the continental, fluvial and marine facies. Edited by W. Ward. *Symposium of Bari*, p. 253-258.
- Maarleveld, G.C., 1956. Grindhoudende midden-pleistocene sedimenten. Proefschrift Utrecht. Ernest van Aelst, Maastricht, 105 p.
- Oostingh, C.H., 1921. Bijdrage tot de kennis der zuidelijke zwerfsteenen in Nederland en omgeving. *Meded. Landbouwhoogeschool Wageningen. Verhand. Geol. Mijnb. Gen. Nederl. en Kol., Geol. Ser.* 4, 164 p.
- Oostingh, C.H., 1922. Zur Kenntnis der Geschiebe südlicher Herkunft in Holland und den benachbarten Gegenden. *Bericht der Oberhessischen Gesellsch. für Natur-u. Heilkunde zu Giessen, Bd. 8* (1920-1922), *Naturwiss. Abt.*, 94 p.
- Quitow, H.W., 1976/1977. Die erdgeschichtliche Entwicklung des Rheintals. *Natur u. Museum* 106 (11) 1976, p. 329-342; 107 (1) 1977, p. 6-12; 107 (2) 1977, p. 33-40.
- Rademakers, J. 1989. Natuurontwikkeling langs de Bovenrijn. *Natuur en Milieu*, januari, p. 8-11.
- Reichert, G., 1955. Untersuchungen zur Deutung von Schuttmassen des Südschwarzwaldes durch Schotteranalysen. *Beiträge zur Naturkundl. Forschung in Südwestdeutschland* 14, p. 32-42.
- Reichert, G., 1961. Über Schotterformen und Rundungsgradanalyse als Feldmethode. *Petermanns Geogr. Mitteil.* 105, p. 15-24.
- Ruegg, G.H.J., 1981. Ice-pushed Lower and Middle Pleistocene deposits near Rhenen (Kwinteloijen): sedimentary-structural and lithological/granolometrical investigations. *Meded. Rijks Geol. Dienst* 35, 2, p. 165-177.
- Sames, C.W., 1966. Morphometric data of some recent pebble associations and their application to ancient deposits. *Journal of Sedimentary Petrology* 36, 1, p. 126-142.
- Schlimm, W., 1988. Grundwasser-Dargebot, Nutzung und Gefährdung. *Geologie am Niederrhein. Krefeld, Geol. Landesamt Nordrhein-Westfalen*, p. 78-86.
- Schnütgen, A., 1974. Die Hauptterrassenfolge am linken Niederrhein aufgrund der Schotterpetrographie. *Proefschrift Keulen, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen* nr. 2399, 150 p.
- Schuiling, R., 1915. *Nederland. Handboek der aardrijkskunde*. Vijfde druk. Tijl, Zwolle, 763 p.
- Stapert, D. en Zandstra, J.G., 1985. Een zuidelijk archeologisch erraticum te Opende Zuid (Groningen). *Grondboor en Hamer* 3/4, p. 57-71.
- Staring, W.C.H., 1860. Over de herkomst van het grind onzer rivieren. *Verhand. Kon. Ned. Akad. v. Wetensch.* 10, p. 285.
- Straaten, L.M.J.U., van, 1946. Grindonderzoek in Zuid-Limburg. Proefschrift Leiden. *Meded. Rijks Geol. Dienst, Serie C-VI-2*, 146 p.
- Straaten, L.M.J.U., van, 1991. Stenen van de Hollandse stranden. *Grondboor en Hamer* 5/6, p. 125-129.
- Thome, K.N., 1974. Raumgestaltung um Neuss durch natürliche Landschaftsformung. Neuss als Landschaft. *Vereinigung der Heimatfreunde Neuss e. V.*, p. 11-37.
- Valeton, I., 1955. Beziehungen zwischen petrographischer Beschaffenheit, Gestalt und Rundungsgrad einiger Flussgerölle. *Petermanns Geogr. Mitteil.* 99, p. 13-17.
- Valk, L., van der, 1993. Mid- and Late-Holocene Coastal Evolution in the Beach Barrier Area of The Western Netherlands. Proefschrift Amsterdam, 235 p.
- Veen, Joh. van, 1936. Onderzoekingen in de Hoofden in verband met de gesteldheid der Nederlandsche kust. *Nieuwe Verhand. Bat. Gen. der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam. Tweede Reeks, Elfde Deel, 's-Gravenhage*, 252 p.
- Veenstra, H.J., 1990. De afronding van kwarts korrels in podsolprofielen. *Grondboor en Hamer* 4/5, p. 116-120.
- Wadell, H., 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. *Journ. of Geology* 40, p. 443-451.
- Wadell, H., 1933. Sphericity and roundness of rock particles. *Journ. of Geology* 41, p. 310-331.
- Zandstra, J.G., 1956. Systematisch grindonderzoek in Nederland. *Grondboor en Hamer* 4/5, p. 117-121.
- Zandstra, J.G., 1959. Grindassociaties in het Pleistoceen van Noord-Nederland. *Geol. Mijnb.* 21, p. 254-272.
- Zandstra, J.G., 1962. Het grind uit de Amsterdamse Waterleidingduinen. *Geol. Stichting, Haarlem. Intern rapport 44 van de Afdeling Sedimentpetrologie*, 2 p.
- Zandstra, J.G., 1978. Einführung in die Feinkiesanalyse. *Der Geschiebesammler* 12, 2/3, p. 21-38.
- Zandstra, J.G., 1981. Petrology and Lithostratigraphy of the Ice-pushed Lower and Middle Pleistocene Deposits at Rhenen (Kwinteloijen). *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 35-3, p. 178-191.

Geovaria

Een nieuwe aardkorstplaat ontdekt

Ten zuiden van Paas-eiland, 3500 kilometer westelijk van Chili, zijn op de bodem van de Grote Oceaan gegevens verzameld die op het bestaan van een tot dusver onbekende tectonische plaat duiden. De micro-plaat, want hij meet maar 500 bij 500 km., bevindt zich op een zgn. triple junction. Dit is de plaats waar drie afzonderlijk veel grotere aardkorstplaten samenkomen. De platen waar het om gaat zijn resp. de Pacifische, de Antarktische en de Nasca plaat. De aandacht van geofysici en oceanografen was op dit gebied gevestigd door het optreden van voor dit gebied ongewone aardbevingen. Sonarmetingen en registratie van het aardmagnetisch veld leidden tot het in kaart kunnen brengen van dit kleine gebied. De micro-plaat is geologisch gezien nog erg jong (ca. 3,5 miljoen jaren). De vorm is min of meer cirkelvormig. De plaat beweegt naar geologische maatstaven snel. In zijn korte bestaan is hij bijna 90 graden gedraaid en dat is ongeveer 1/4 van zijn omtrek. Al eerder was elders in het gebied de Juan-Fernandes micro-plaat ontdekt, maar de geologische onderzoekers vermoeden dat gezien de relatief grote snelheid waarmee de aardkorstplaten in de Grote Oceaan zich t.o.v. elkaar verplaatsen, dat er wellicht nog een derde micro-plaat in het spel moet zijn. Vervolgonderzoek dat nog voor dit jaar op stapel staat zal hierover meer zekerheid moeten bieden.

Earth Magazine, jan. 1993