

Het berekenen van de gewenste afvoercapaciteit van een gemaal

ir. W.C. Visser

BIBLIOTHEEK DE HAAFT

Droevendaalsesteeg 3a

6708 PB Wageningen

Een poldergemaal dient een capaciteit te hebben, die in staat stelt, dat deel van de neerslag, dat niet geborgen kan worden, uit de polder te pompen voordat landbouwkundig ongewenste toestanden ontstaan. De bepaling van deze capaciteit vereist drie gegevens, die uit ander onderzoek dan dat naar de afvoercoëfficiënt moeten volgen. Dit zijn:

- 1) Hoeveel water wil men als geborgen water in het profiel aanvaarden?  
Hoe groot is dit percentage  $p$ ?
- 2) Na hoeveel dagen dient deze grens van aanvaardbaar geachte toename van de vochtinhoud van het profiel te zijn bereikt? Hoe lang is de maatgevende tijdvaklengte  $t$ ?
- 3) Hoeveel maal in een eeuw aanvaardt men, dat deze grenzen mogen worden overschreden? Hoe groot is de overschrijdingskans  $k$ ?

Deze drie grootheden  $p$ ,  $t$  en  $k$  zou men kunnen schatten. Maar er bestaat een onderlinge samenhang, zodat niet zonder meer deze schattingen met een gegeven situatie in een polder zullen overeenkomen. Geeft men dus één grootheid, b.v. de overschrijdingskans  $k$ , dan kan een relatie tussen  $t$  en  $p$  worden afgeleid. Over deze constanten vallen wel enkele veronderstellingen te maken.

De overschrijdingskans  $k$ 

De overschrijding van de optimale vochttoestand zal in verschillende delen van het jaar een verschillende betekenis hebben. Wateroverlast in mei of augustus is bezwaarlijker dan in december of januari. Men zal dus de overschrijdingskans per maand willen kennen. Maar zou men deze kans per maand



0000 0672 0524

1787060

kennen, dan volgt daaruit nog niet wat de overschrijdingskans voor een langer tijdvak is. Men zal dus goed doen de kans ook voor langere tijdvakken te berekenen. Er zouden b.v. een aantal oplossingen gezocht kunnen worden met als definitie van het uit te voeren onderzoek de vraag:

Welke capaciteit moet het gemaal hebben om 1) gedurende tijdvakken, variërende in lengte van 1 tot 30 dagen, welke 2) vallen in een seizoen van 1 tot 12 maanden lengte, en welke seizoenen 3) als middendatum de 15de van de opeenvolgende 12 maanden van het jaar hebben, met 4) een kans variërende van 0 tot 100% de regen, die in dat tijdvak valt, te kunnen afvoeren waarbij 5) niet meer dan p procent van de regen in de berging <sup>mag</sup> ~~moet~~ worden opgenomen.

Deze ingewikkelde definitie vormt de omschrijving van de doelstelling voor de statistische bewerking. De praktische vorm van deze definitie is de welbekende, maar niet geheel nauwkeurige uitspraak, dat de regen, die in 3, 4 of 5 dagen valt, er in 3, 4 of 5 dagen uitgemalen moet kunnen worden.

Als overschrijdingskans stelt men vaak, dat een forse wateroverlast eens per 10 jaar toelaatbaar zou zijn. Deze overschrijdingskans zou men dan moeten opvatten als een aanduiding van een te aanvaarden schade door wateroverlast, meer dan een aanvaardbare wateroverlast zelf. Het gaat om de wateroverlast op het moment, dat hij schade doet. Maar wanneer men de maximale kans op wateroverlast berekent voor een seizoen van b.v. 4 maanden, dan zal dit voor een groot deel de wateroverlast betreffen in het natste deel van het jaar, wanneer water weinig schade kan doen, en voor een klein deel wateroverlast in het voor- en najaar, die wel schade <sup>kan</sup> ~~kunnen~~ doen. Zou men echter voor de januari-maand een overschrijdingskans nemen van 1 maal in 25 jaar, dan zal men voor het gehele jaar een kans moeten kiezen, die niet zo ver van eenmaal per 10 jaar zal moeten afwijken.

De wijze, waarop wij ons voorstellen, dat men de overschrijdingskans bij wateroverlast zou moeten wegen, wordt door het volgende verzonnen voorbeeld verduidelijkt.

<u>maand v. h. jaar</u>	<u>overschrijding malen</u> <u>in 250 jaar</u>	<u>wegingsgetal</u>	<u>product</u>
juli	0	-	0
augustus	2	10	20
september	7	8	56
oktober	9	5	45
november	10	2	20

december	10	1	10
januari	10	1	10
februari	9	2	18
maart	8	4	32
april	5	8	40
mei	1	10	10
juni	0	-	0
		som	<u>261</u>

Het voorbeeld is geheel op gevoel geconstrueerd, daar het alleen als voorbeeld van een inzicht wordt gegeven. De kans voor de wintermaanden, gelijk eens per 25 jaar, werd om decimalen te vermijden tot 10 maal per 250 jaar vermenigvuldigd. Deze kans zal naar beide zijden voor de zomer naar lage waarden dalen met een minimum van nul in juni en juli. De schade van de overstroming echter doorloopt zijn minimum in de wintermaanden en het wegingscijfer zal voor de zomermaanden het hoogste zijn. Stelt men nu een maal wateroverlast met een wegingscijfer 10 gelijk aan 5 maal wateroverlast met een wegingscijfer 2, dus neemt men het product als maatstaf voor de schade, dan zou een overschrijdingskans van 1 maal per 25 jaar voor de wintermaanden willen zeggen, dat er, het jaar als geheel genomen, elk jaar gemiddeld een schade zou optreden van de eenheidsintensiteit, waarvoor hier de schade van overlast in december-januari is genomen. Dit is dan een kleine schade-intensiteit. De veronderstelde cijfers wijzen echter uit, dat in het overgangstijdvak van winter naar herfst of voorjaar de schadekansen het grootste zijn. Hierbij mag buiten beschouwing blijven of deze maximale schadekansen in september en april valt of in andere maanden, en of deze schade inderdaad 4 tot 5 maal groter is dan de schade in de natste maanden. De juiste waarden voor de overschrijdingskans zullen uit het afvoeronderzoek volgen en leveren weinig moeite, hoewel veel werk. De wegingsgetallen zullen heel wat moeilijker te bepalen zijn en vermoedelijk zal er zelfs geen wankel grondslag op dit moment beschikbaar zijn.

Het blijft, ook wanneer men de schade-wegingsgetallen zou kunnen bepalen, toch nog nodig zich af te vragen hoeveel van de schade-eenheden men per jaar nog toelaatbaar acht. Het vaststellen van een kans op overschrijding, waarover deskundigen het nog wel eens kunnen worden, heeft eigenlijk geen enkele betekenis wanneer men niet duidelijk specificeert, wanneer in het jaar de schade zal optreden en hoe groot hij is.

### De maatgevende tijdvaklengte t

De maatgevende tijdvaklengte geeft het aantal dagen aan, waarbinnen een toelaatbare vochttoestand weer hersteld moet worden. Het aantal dagen en de aard van die toelaatbare toestand hangt af van de aard van de schade, die men van die toestand verwacht. Dit kan zijn structuurverval, onbewerkbaarheid van het perceel en opbrengstvermindering als gevolg van te natte toestanden. Hierbij zal veelal de capaciteit van het gemaal niet alleen maatgevend zijn, maar evenzeer zal de aanvoercapaciteit van de sloten en de drainage hiërbij van belang zijn. Deze invloeden moet men met die van het gemaal als een geheel zien, dat het gehele systeem van waterafvoer omvat.

De tijdvaklengte hangt nauw met de berging samen. Wil men geen toename van berging toelaten, dan zou de capaciteit van het afvoersysteem wat groter moeten worden gekozen. Maar in werkelijkheid heeft men - zoals zal worden uiteengezet - ten aanzien van deze statistische berging geen keus.

De meest gewenste tijdvaklengte zal in de winter wel vrij lang kunnen zijn. Men zou zich kunnen voorstellen, dat een dag of vijf tot zeven wel aanvaardbaar zal zijn. In de periode van grondbewerken en zaaien zal men aan een dag of drie, vier denken. Voor de groei van de gewassen zal de tijdvaklengte vooral van de temperatuur van grond en lucht afhangen. Is die laag, dan zal een herstel van de vochttoestand van een week niet te lang zijn. Is de temperatuur hoog, dan zal men meer aan twee dagen moeten denken. Maar in deze tijd helpt de verdamping zo zeer mee het waterbezwaar op te heffen, dat de afwateringsintensiteit op deze zomerse toestand wel niet ingesteld zal behoeven te worden. Men zou zo de indruk krijgen, dat een tijdvaklengte van drie dagen wel ongeveer als maatstaf genomen kan worden.

*aan p.  
Luchtvochtigheid.*

### De toelaatbare berging p

Wanneer men een zeer nat tijdvak beschouwt, dan kan dit nat zijn door een sterke regen aan het begin of aan het einde. De tijdvakgrenzen staan echter vast en bij het tijdvak met een nat begin zal er weinig geborgen water zijn overgebleven. Maar bij het tijdvak met een nat einde zal nog een deel van het water in het perceel aanwezig zijn. Een deel van de berging zal dus het karakter hebben van een hoeveelheid water, die met geen enkele gemaalcapaciteit uit de akker verwijderd had kunnen worden. Het is voor een deel water, dat nog on-

derweg is naar de drains en sloten en deze berging hangt af van de capillaire <sup>geleid.</sup> geleidetheid van de grond en de toevalsverdeling van de regen over de tijdvakken.

Dit is een ingewikkelde fysische samenhang, die maar moeilijk te voorspellen valt. Uit de studie van het gedrag van het grondwater is hieromtrent wel wat af te leiden, maar tot absolute cijfers komt men ook zo niet spoedig. Men zal aan goed ontwaterde polders moeten trachten vast te stellen welke berging aanvaardbaar moet worden geacht. Voorlopig krijgt men de indruk, dat voor korte tijdvakken de berging laag is en voor langere tijdvakken een derde deel van de regen kan uitmaken.

#### De samenhang tussen de kansverdelingen voor afvoer en neerslag

De bewerking van werkelijke afvoergegevens en een vergelijking met de neerslagfrequenties kan een beeld van de gewenste afvoercapaciteit leveren. De afvoer en de neerslag kan men bij gelijke frequenties tegen elkaar uitzetten. Het dan verkregen beeld is zinvol. Dat dit zo is, blijkt uit de volgende redenering.

Bij het tegen elkaar uitzetten van afvoer en neerslag bij gelijke kansen is de onderlinge samenhang tussen een bepaalde regenbui en een daarbij behoren de afvoer verbroken. Dit is voor de oplossing van het afvoervraagstuk, dat de vraag omtrent deze samenhang niet stelt, van geen belang. Zou men de omstandigheid kennen, waarbij een bepaalde regenbui geen of weinig afvoer zou veroorzaken, dan zou deze bui niet maatgevend zijn. Maatgevend wordt een bui pas, wanneer hij het gemiddelde gedrag representeert. Verder kan een bui niet meer afvoer doen optreden dan er water viel. Ook hier treedt er dus een grens op, waarbuiten een waarneming geen betekenis meer wordt toegekend.

De kansverdeling van de neerslag geeft een beschrijving van de vochtaanvoer, terwijl de kansverdeling van de afvoer een beeld geeft van de gevolgen van deze vochtaanvoer, die van geval tot geval mogelijk niet nauwkeurig samenhangen met de neerslag, maar gemiddeld er toch nauw mede samen moeten hangen.

In feite zou de kansverdeling van de afvoer voldoende moeten zijn voor praktisch gebruik, maar men neemt de regenval er graag bij, omdat de samenhang met de neerslag een relatieve betrekking kan opleveren, die de mogelijkheid schept een uitspraak over de vereiste gemaalcapaciteit te doen, wanneer er alleen maar regenvalfrequenties beschikbaar zijn.

### De vorm van de kansverdelingen

De vorm van de kansverdeling voor de neerslag, bij logaritmische neerslagschaal, wordt beheerst door het percentage droge dagen, dat in een tijdvak gemiddeld voorkomt. Het punt voor de kans op droge dagen ligt op  $-\infty$  en trekt de kansverdelingscurven voor lage waarden in horizontale richting. Hoe langer de tijdvaklengte echter wordt, hoe kleiner de kans wordt op een geheel droog tijdvak. Verder wordt de hoeveelheid regen, die valt naar boven vrij sterk begrensd, ongeacht de tijdvaklengte. Dit maakt, dat de hoge waarden van de regenkanscurven in verticale richting worden uitgerekt. De kanscurve heeft dus een geleidelijk naar boven oplopende gebogen vorm. Zie fig. 1.

De frequentiecurve voor de afvoer heeft een andere vorm. Bij lage kansen nadert men steeds meer het punt waar niet de regenval, maar de afvoersaarten van vroegere regenbuien de afvoer bepalen. Deze afvoerminima hebben niet de neiging naar nul te naderen. De curven buigen daarom naar beneden af. Bij de hoge kansen geldt hetzelfde, <sup>Er is</sup> ~~er is~~ een tendentie ~~om~~ om bepaalde maximale waarden niet te boven te gaan. De capaciteit van het gemaal vormt verder een andere maximale grens. Deze grens zal echter alleen bij de korte tijdvaklengten zijn invloed doen gevoelen. De kanscurven voor de afvoer krijgen een omgekeerde S-vormige gedaante. Zie fig. 2.

### De vorm van de onderlinge relatie

Voor elke tijdvaklengte kan men voor elk kanspercentage de afvoer en de neerslagintensiteit aflezen en die tegen elkaar uitzetten. De neerslagcijfers lopen terug tot zeer lage waarden, veel lager dan de afvoercijfers, zodat de curven van samenhang de strekking hebben evenwijdig aan de neerslag-as te gaan lopen. Voor hoge kanscijfers nadert de afvoer steeds meer de neerslag en wordt een toename in de neerslag gevolgd door een gelijke toename in de afvoer. De curven neigen dus naar een  $45^\circ$  samenhang. Zou echter de maximale capaciteit van het gemaal een grens gaan stellen aan de afvoer, dan zal een asymptoot optreden, die de curven ombuigt naar een verticale richting, evenwijdig aan de neerslag-as. In dit geval zal de curve van samenhang dus tussen twee verticale asymptoten, die ter weerszijden het beloop begrenzen, liggen. Bij vele gevallen zal vermoedelijk deze bovenbegrenzing alleen bij de 1- en 2-daagse tijdvakken optreden, omdat de gemalen over het algemeen vermoedelijk wel zeer fors bemeten zullen blijken te zijn.

In deze figuren kan men nu de kansen aantekenen voor afvoeren en neerslagen, die een maal per 10 en 25 jaar optreden of welke kans men als maat-

staf wil nemen. Met deze getallen kan men de beschrijvende lijn voor de capaciteitsbepaling opstellen. Zie kruisjes in fig. 3-9 voor eens per 10 jaar en de samenvatting als dagintensiteit in fig. 10.

De beschrijvende lijn voor de capaciteitsbepaling

Voor de kans op een maal overschrijding in 10 en 25 jaar voor de natste maand januari werden de samenhangende waarden voor neerslag en afvoer tegen elkaar uitgezet en de getalwaarden na zo nodig uitvoeren van een vereffening vastgesteld. In fig. 11 vindt men in 2 onderling verschoven grafieken op één vel papier de punten voor een kans van eens per 10 en 25 jaar voor neerslag en afvoer tegen elkaar uitgezet, omkringd voor de hoeveelheden voor elke tijdvaklengte, als enkele stip voor dezelfde getallen, maar nu uitgedrukt in mm/dag. De volgende getallen werden verkregen:

*Handwritten notes:*  
 2/10/10  
 2/25/10  
 1/10/10  
 1/25/10

1 x per 10 jaar	tijdvaklengte in dagen	2	3	4	7	10	14	21
	neerslag som in mm	20	28	35	50	56	72	84
	afvoer som in mm	20	24	27	38	46	51	56
	berging in mm	0	4	8	12	10	21	18
	bergingspercentage	100	86	77	76	82	71	67
	neerslagintensiteit in mm/dag	10	9.3	8.7	7.1	5.6	5.1	4.0
	afvoerintensiteit in mm/dag	10	8.0	6.7	5.4	4.6	3.1	2.7
1 x per 25 jaar	neerslag som in mm	21	28	35	55	64	77	91
	afvoer som in mm	21	25	30	42	50	56	66
	berging in mm	0	3	5	13	14	21	25
	bergingspercentage	100	89	86	76	78	73	73
	neerslagintensiteit in mm/dag	10.5	9.3	8.7	7.9	6.4	5.5	3.5
	afvoerintensiteit in mm/dag	10.5	8.3	7.5	6.0	5.0	4.0	3.1

De meest op de praktijk gerichte rij is die van de cijfers voor de afvoerintensiteit. De kans van een maal per 25 jaar levert cijfers, die gemiddeld 0,6% hoger zijn dan die voor 1 maal per 10 jaar. Zou men de afvoerintensiteiten 1,0%

*Handwritten note:*  
 (afvoerintensiteit)

hoger nemen dan voor 1 x per 10 jaar werd gevonden, dan zal men een kans van 1 x per 100 jaar zowat bereikt hebben. De kans van overschrijden heeft blijkbaar maar heel weinig invloed.

De tijdvaklengte heeft procentueel gezien vrij veel invloed. Maar ook daarvan is de invloed beperkt. Zou men een <sup>afvoer</sup>capaciteit van 5 mm installeren, dan zou over 2 en volgende aantallen dagen dit een toename van de berging betekenen als uit de volgende berekening blijkt.

2 daags tijdvak	$2 \times (10.5 - 5) = 9.0$
3 " "	$3 \times (8.3 - 5) = 9.9$
4 " "	$4 \times (7.5 - 5) = 10.0$
7 " "	$7 \times (6.0 - 5) = 7.0$
10 " "	$10 \times (5.0 - 5) = 0.0$

Zoals blijkt, zou een halvering van de afvoercapaciteit door een beroep op de berging van niet meer dan maximaal 10 mm gecompenseerd kunnen worden. Uit deze soort berekeningen zou men willen concluderen, dat in het gebied van de hier doorgerekende polder de Schroeweg op Walcheren men met zeer kleine capaciteiten de waterhuishouding moet kunnen beheersen. Zouden de afvoercapaciteiten van de orde van 12 en 14 mm reël zijn, dan moeten er voor de noodzaak van deze hoge capaciteiten andere verklaringen zijn dan de berging alleen. Het zal van belang zijn enkele tekortkomingen van deze eerste berekening nog eens onder ogen te zien en verder een gemaal met een duidelijk te kleine capaciteit eens door te rekenen. Uit de geproduceerde cijfers krijgt men de indruk, dat de gemaalcapaciteit thans zo groot wordt gekozen, dat men elke denkbare regenbui in dit gebied, die in 2 dagen valt, er in 2 dagen ook uit kan slaan en dat men dus tot zeer hoge capaciteiten is geklommen, die meer om de grote zekerheidsmarge dan om hun technische noodzakelijkheid moeten worden gewaardeerd. De zekerheidsmarge zou mogelijk uit nachtstroomoverwegingen te verklaren zijn.

mei 1962.



Fig. 1  
jan. neerslag

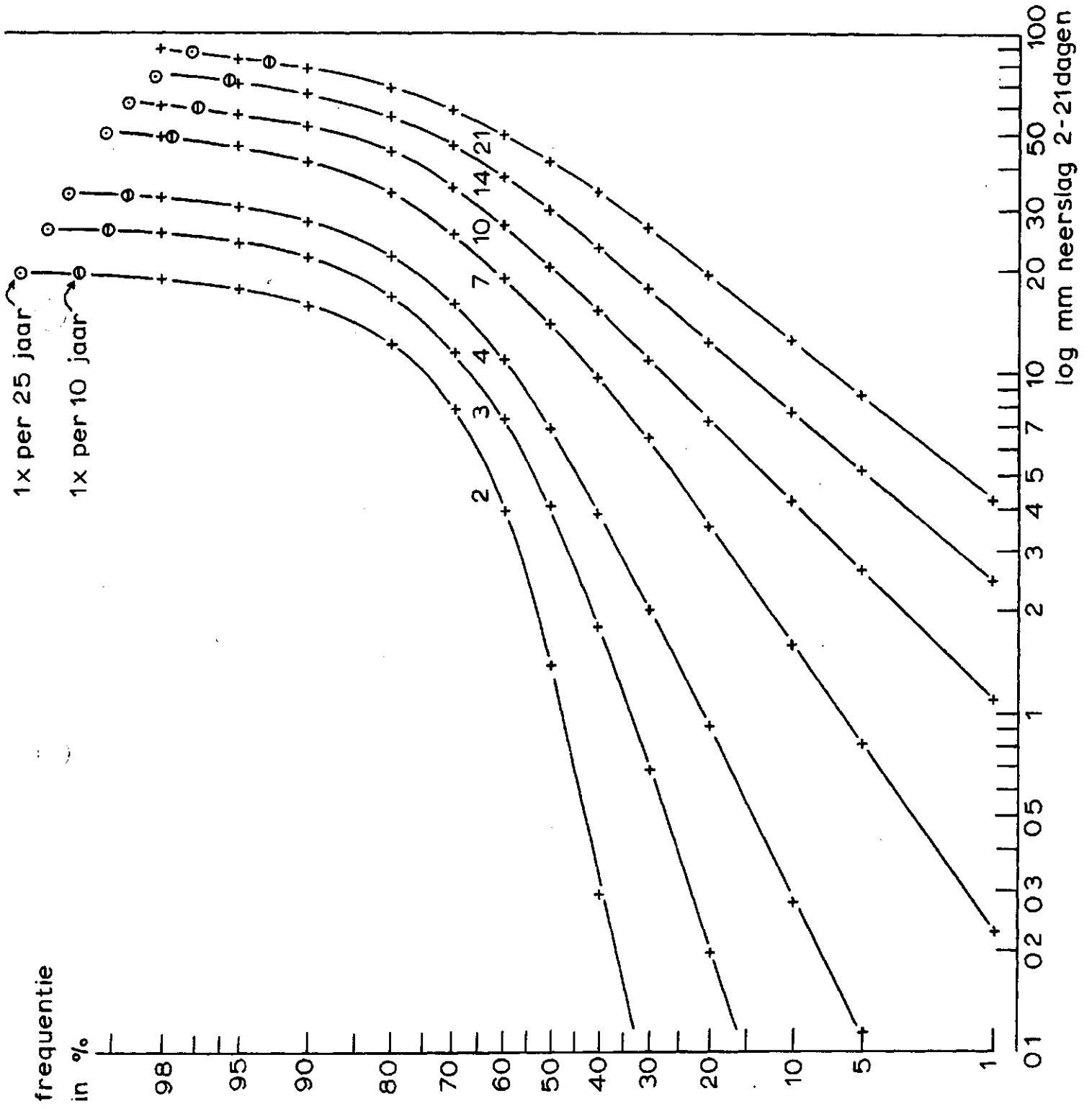


Fig. 2  
 jan. afvoer  
 nulpunten  
 vallen samen

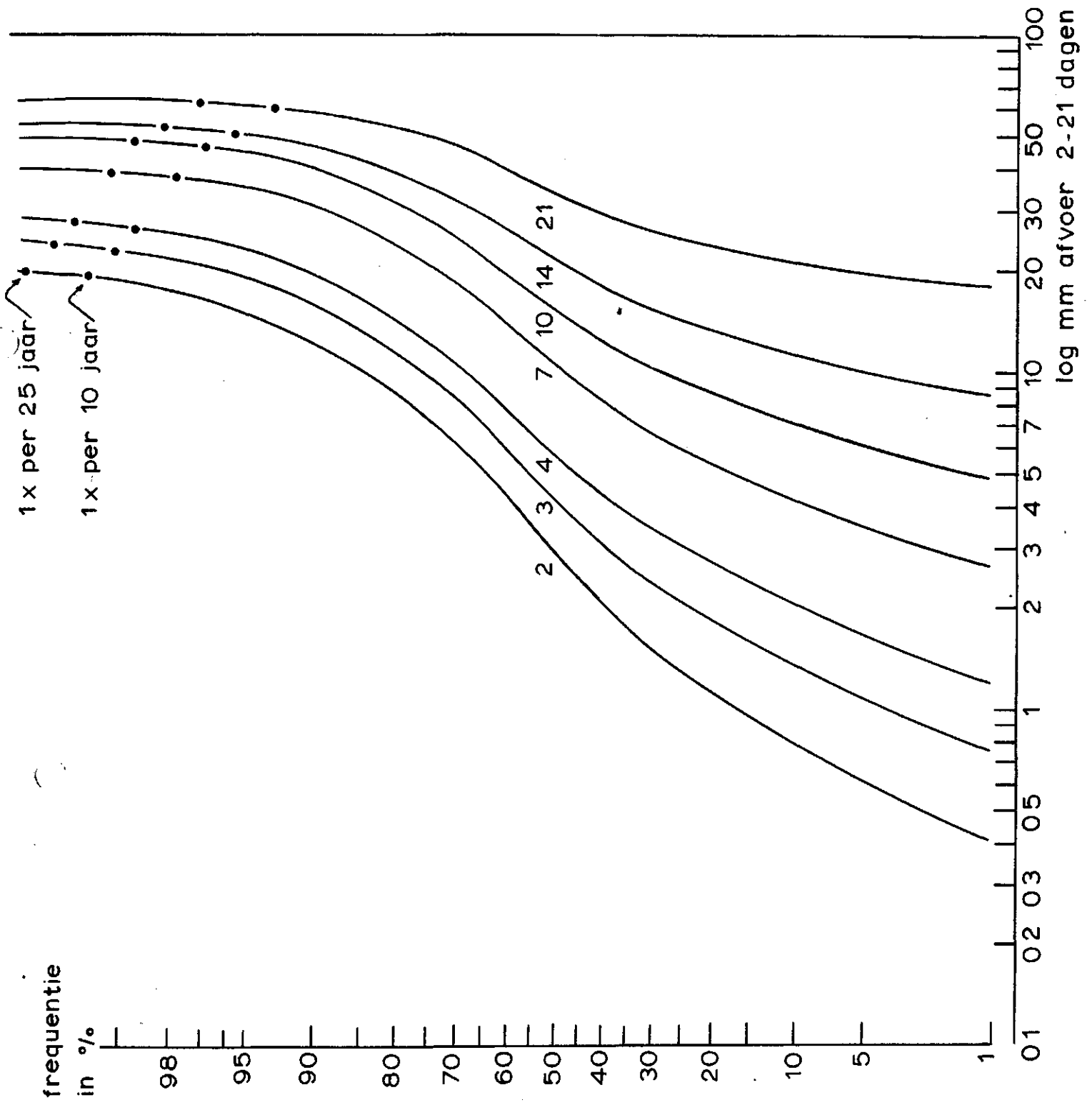


Fig. 3

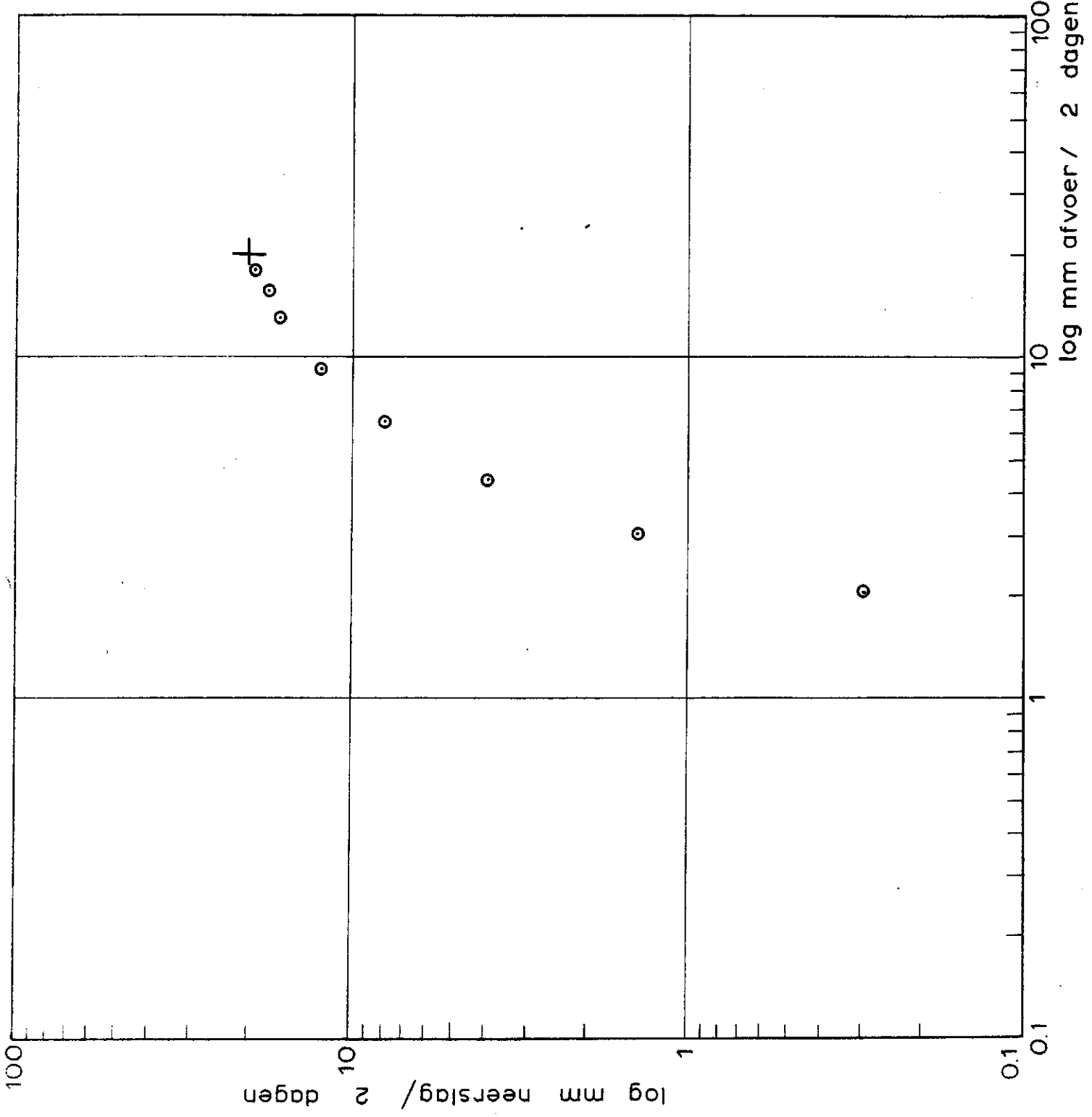


Fig. 4

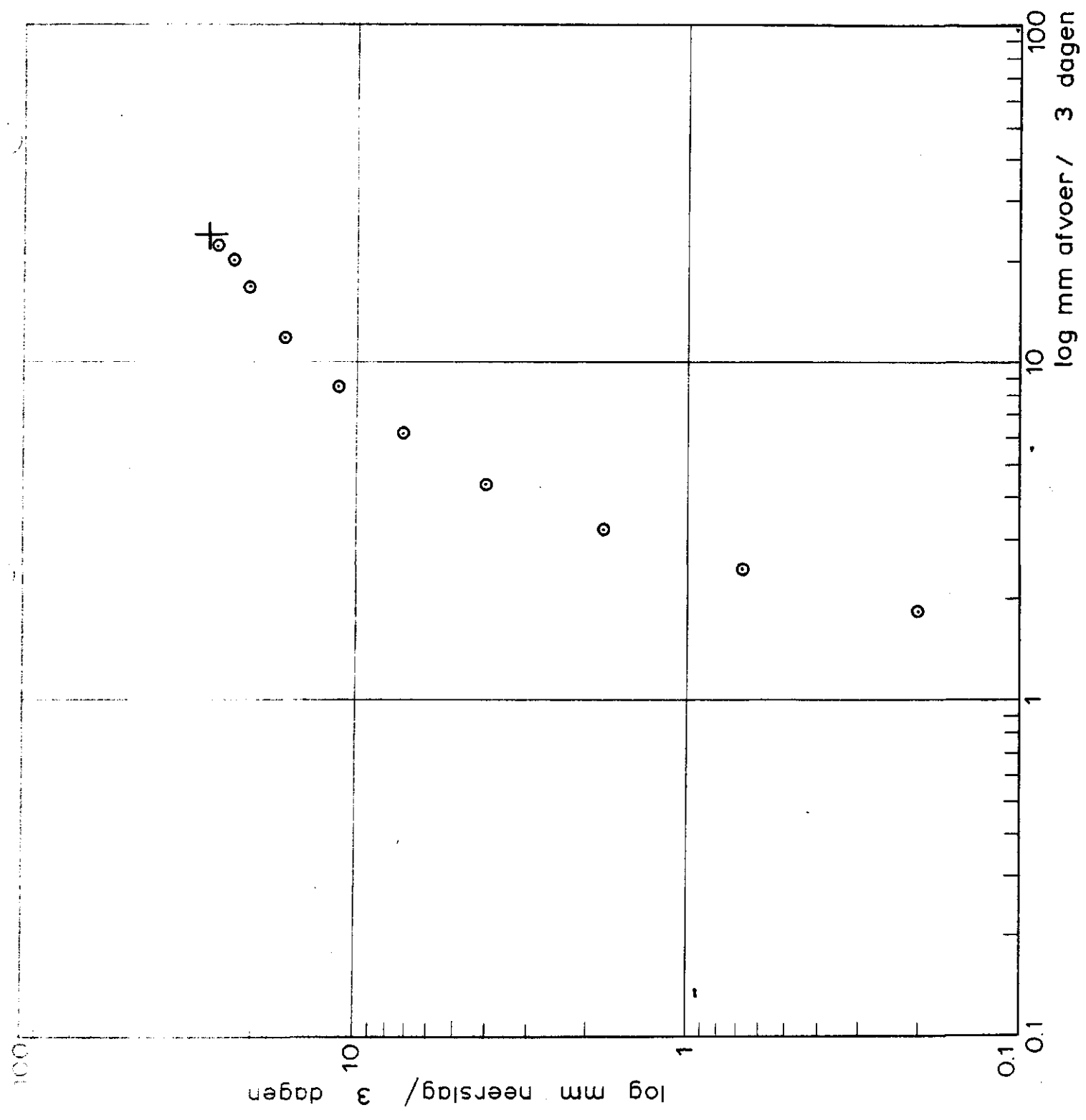


Fig. 5

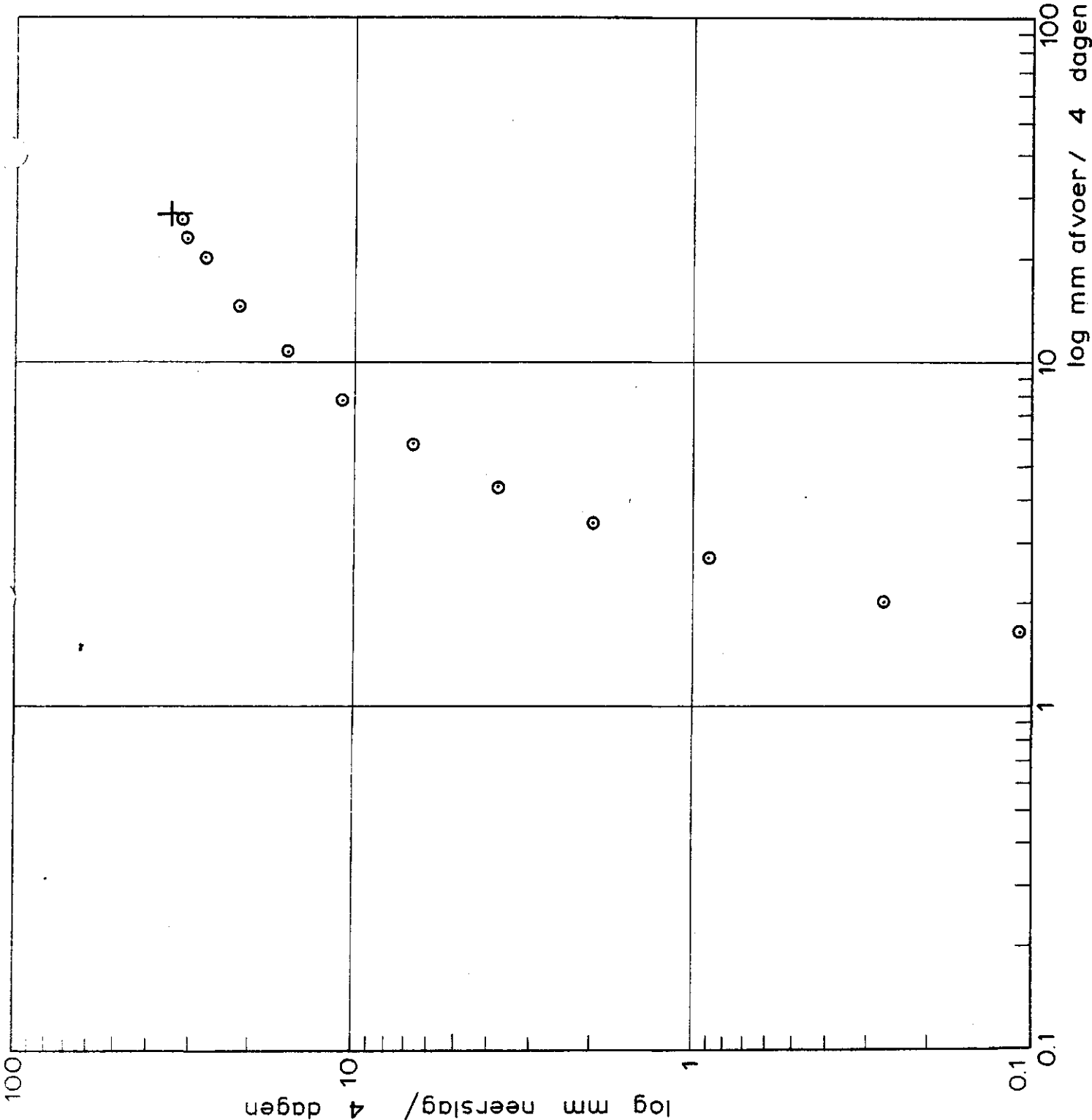


Fig. 6

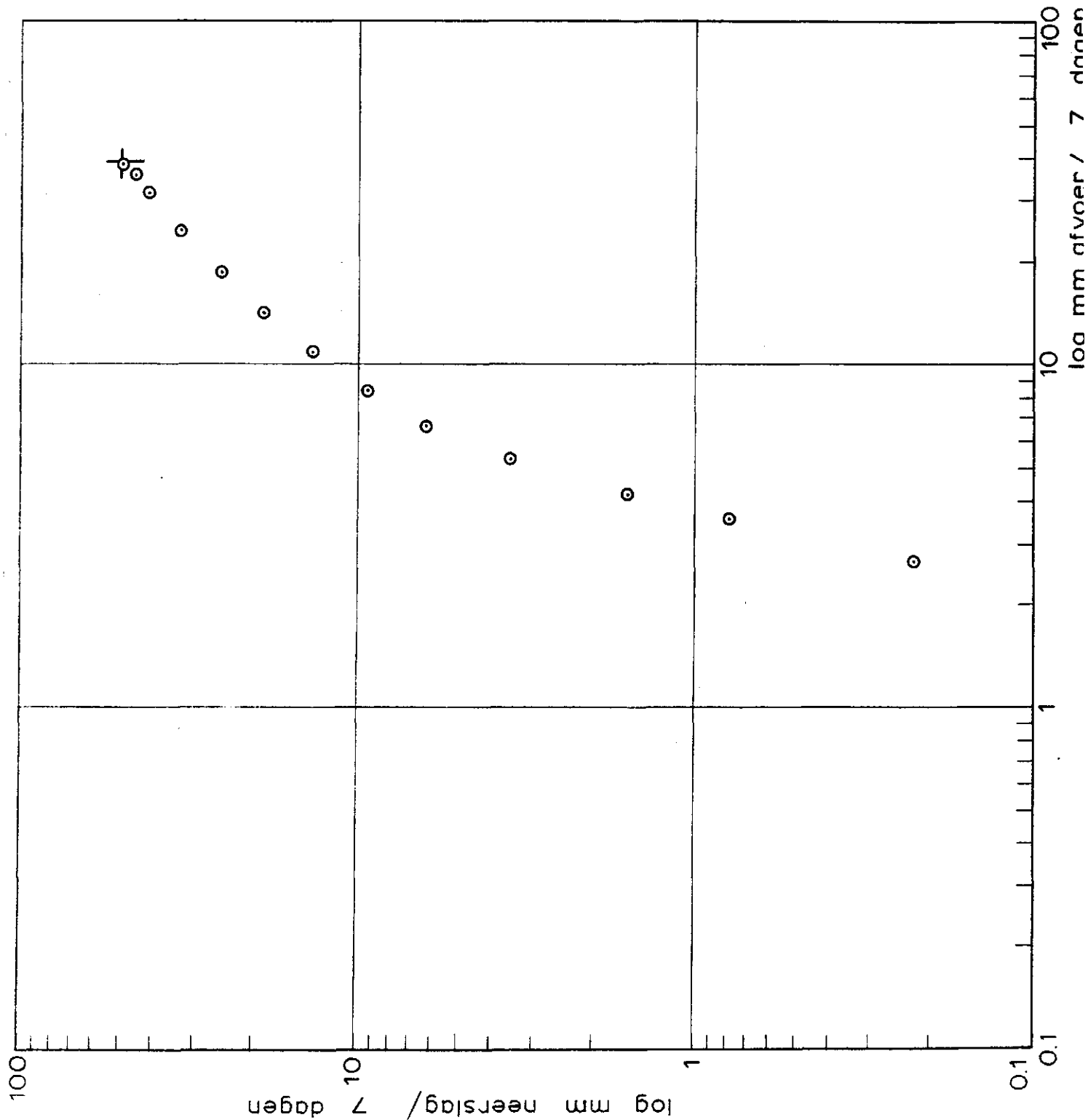


Fig. 7

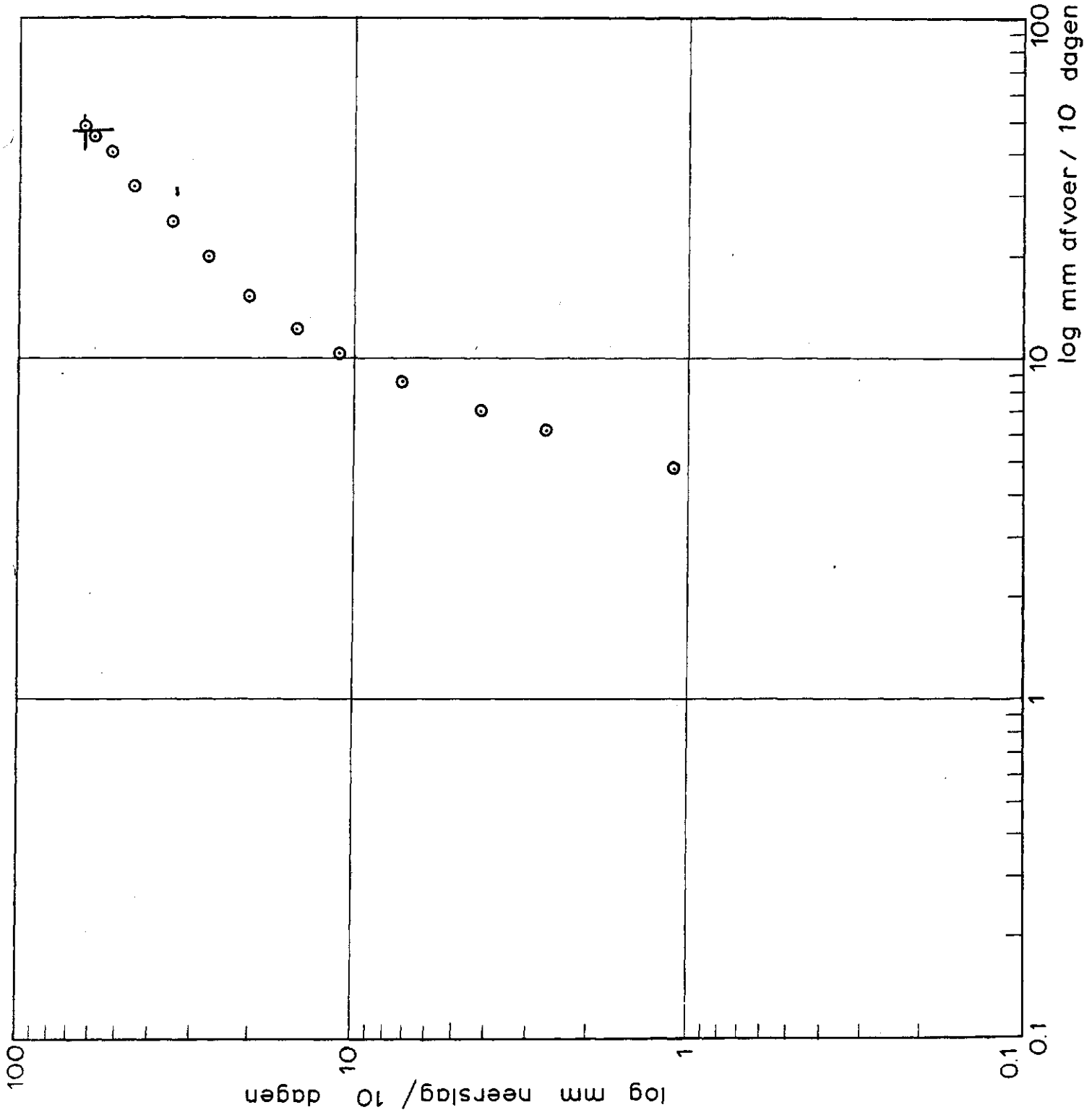


Fig. 8

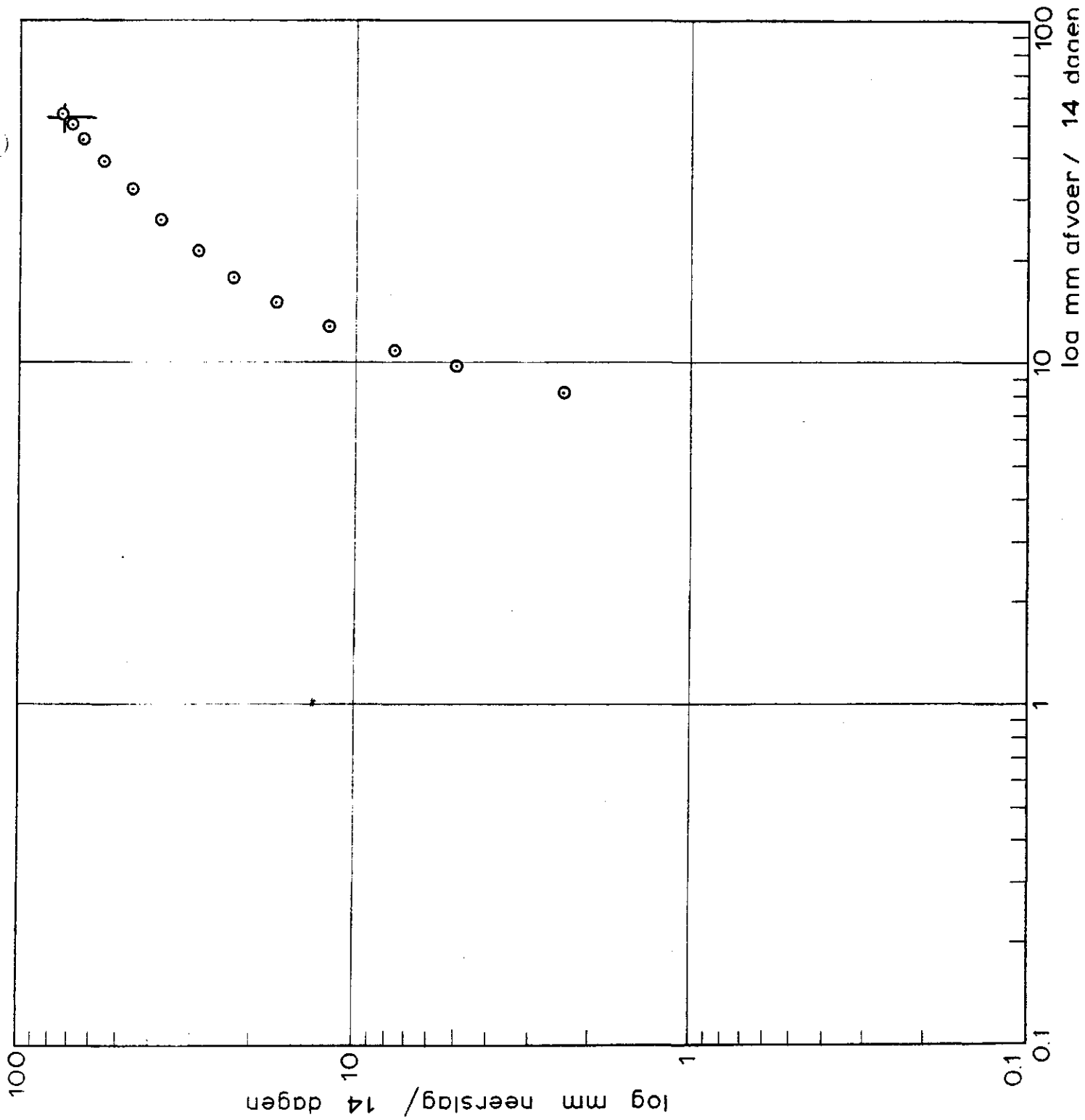




Fig. 9

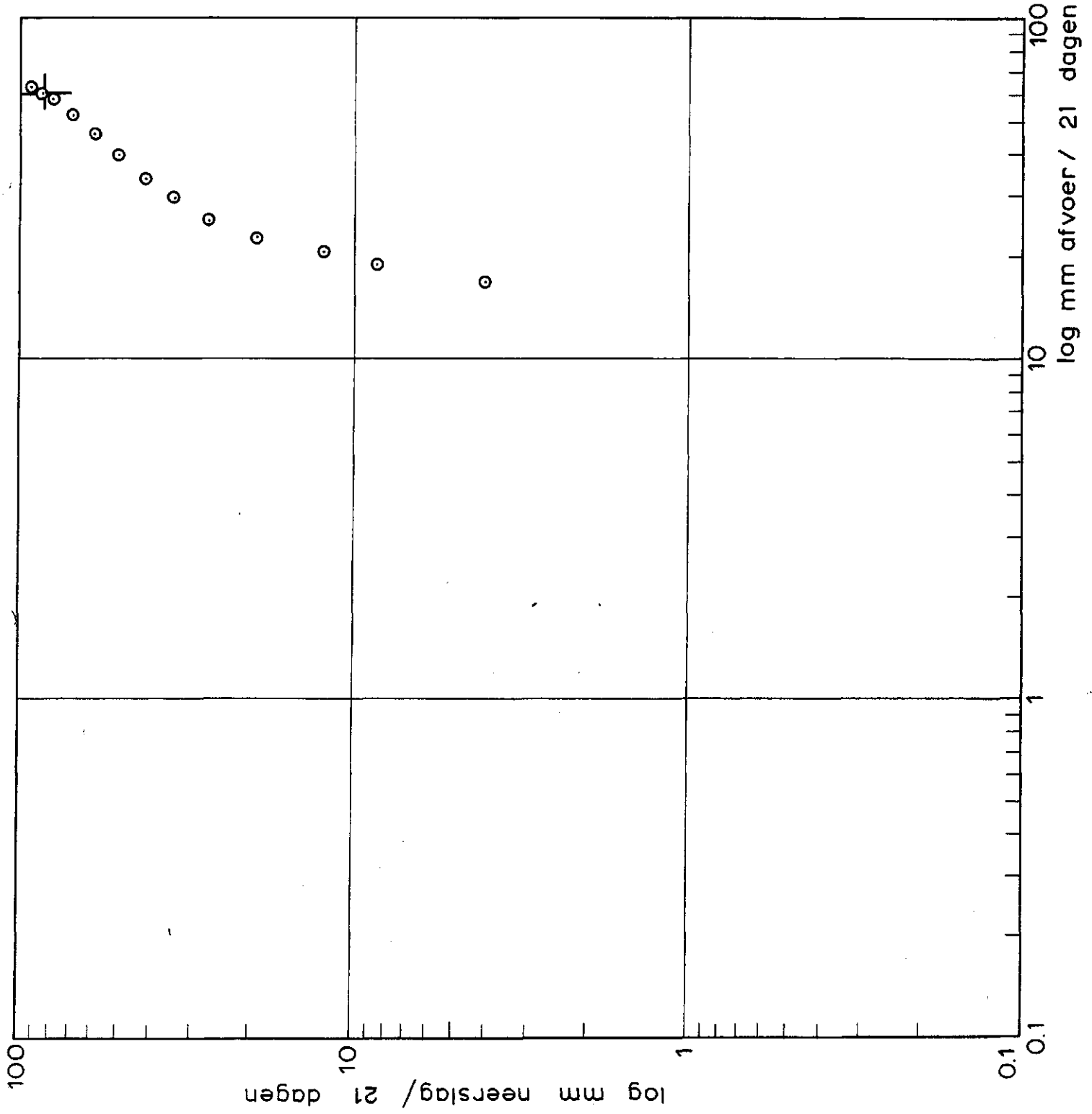


Fig. 10

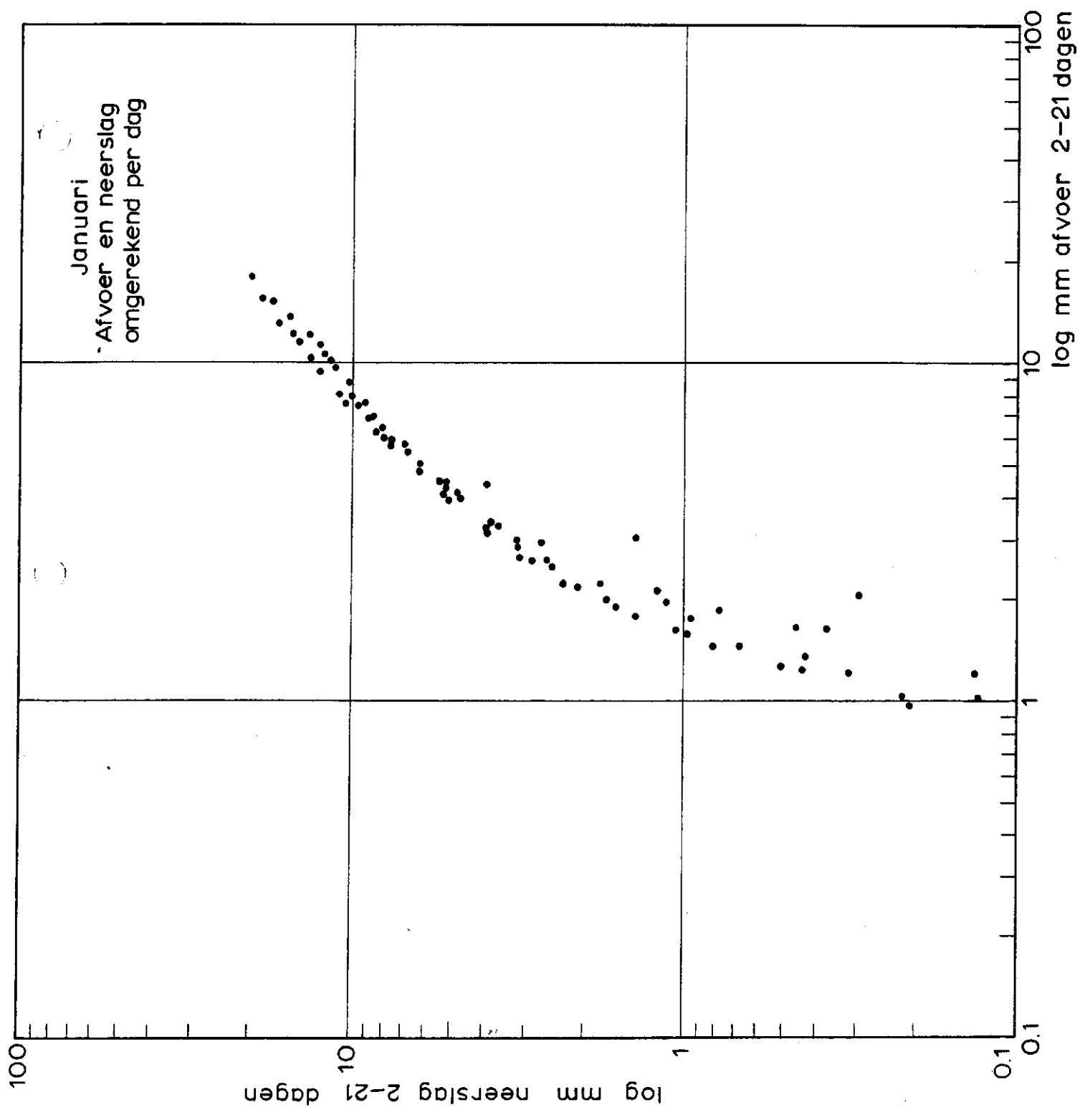


Fig. 1.

