

VERSLAG VAN DE BUITENLANDSE EXCURSIE NAAR MUNSTERLAND, HET RUHRGEBIED EN DE EIFEL. 4 t/m 7 september 1989.

REDAKTIE: A. Dommerholt en P.M.M. Warmerdam

RAPPORT 3

Maart 1990

**Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen**

517002

INLEIDING

De jaarlijkse buitenlandse excursie voor doctoraalstudenten met belangstelling voor de hydrologie en waterbeheer vond in 1989 plaats van 4 t/m 7 september naar Münsterland, het Ruhrgebied en de Eifel.

Het doel van de excursie was om de deelnemers kennis te laten nemen van onderzoek met lysimeters, waterbeheer van Ruhrgebied, diverse functies van stuwmeren en de activiteiten van een Landesamt für Wasser.

Mede door de zeer enthousiaste begeleiding van de gastheren en het goede weer is het doel ruimschoots bereikt. Een groot aantal hydrologische facetten zijn, zoals uit het navolgende verslag duidelijk mag worden aan de orde geweest.

Het bezoek aan de lysimeters te St. Arnold en Rheindahlen heeft laten zien hoeveel inspanning het kost om goede meetgegevens te verkrijgen. De wijze waarop het onderzoek op beide stations plaats vindt en de lange beschikbare meetreeksen versterkte het gevoel van gemis aan lysimeters in ons land. Het bezoek aan de dagbouw tussen Keulen en Aken, dat we op eigen gelegenheid deden, gaf door de grote kuilen en massale machines een onwezenlijk gevoel. Te meer omdat je je in een ander werelddeel waande, terwijl het in feite de andere kant van de schutting is.

Het bezoek aan de Möhnetalsperre met de uitzonderlijk mooie omgeving heeft, mede door de voortreffelijke maaltijd in het restaurant boven het water, aangeboden door de Ruhrtalsperrenverein, heeft een onuitwisbare indruk achtergelaten. De ontelbare treden tegen de dam van de Ruhrtalsperre Schwammenauel, en in de controlegang onder de dam liet voelen welk een groot kunstwerk hier gebouwd is.

Voor de instructieve en prettige begeleiding gaat onze dank uit naar dr. Schroeder, prof.dr. Streit, dr. Morgenschweis, dipl.-ing. Schitthelm, dipl.-ing. Bucker, reg.-ang. Bosten, reg.-baudir Arnold, oreg.-rat. Vollbrecht, dr. Hellekes, herr Sylla, ing. Ernst.

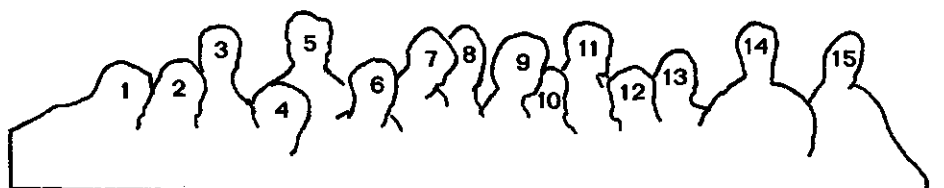
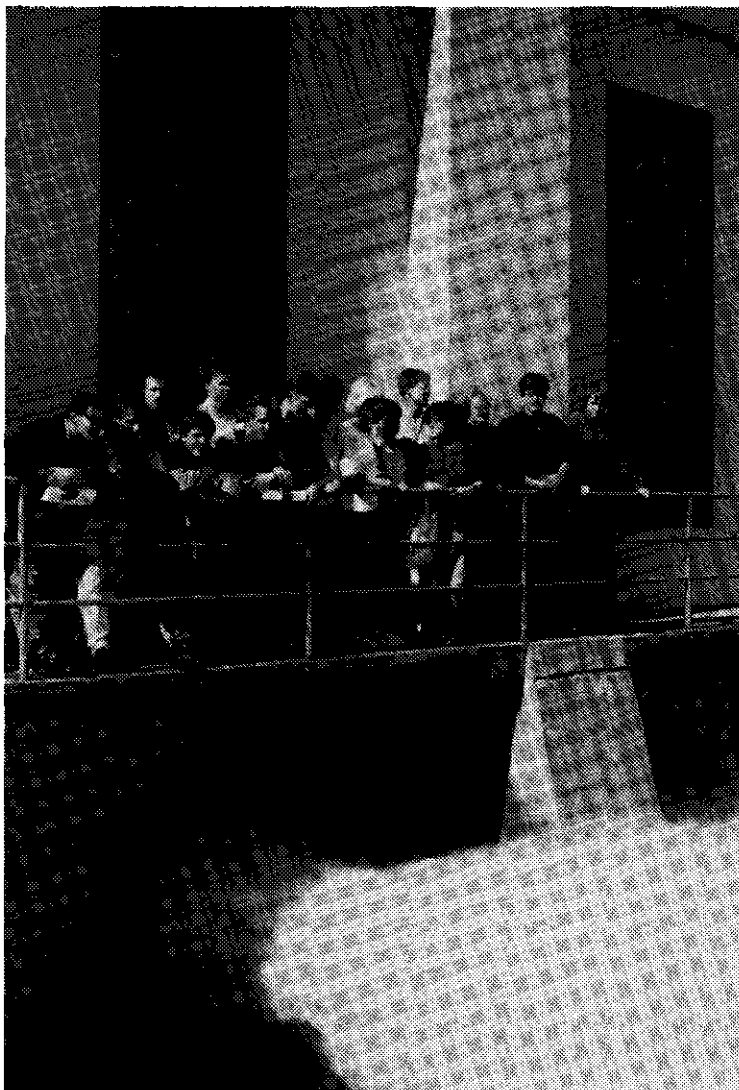
Het slagen van deze excursie is mede te danken aan de goede verstandhouding binnen de groep van deelnemers. Het was niet steeds even gemakkelijk om het hotel en een budgettair gepaste eetgelegenheid te vinden, maar de goede stemming bleef bestaan.

Piet Warmerdam

Anton Dommerholt

DEELNEMERS EN DEELNEEMSTERS

- 01 René Kim
- 02 Gijsbert Appels
- 03 Heino Niewold
- 04 Marc Bierkens
- 05 Ab Veldhuizen
- 06 Frans Jorna
- 07 Hans Hakvoort
- 08 Hank Vermulst
- 09 Philine van Eck
- 10 Desirée Huisman
- 11 Kees de Vries
- 12 Sandra Verheijden
- 13 Piet Warmerdam
- 14 Henk Lensen
- 15 Erik Jolink



PROGRAMMA

Maandag 4 september

- Bezoek lysimeter St. Arnold (Staatliches Amt für Wasser und Abfallwirtschaft Münster - dr.M. Schroeder).
- Westfälische Wilhelms-Universität Münster - Institut für Geographie (prof.dr. U. Streit).

Dinsdag 5 september

- Ruhrtalsperrenverein te Essen, bezoek aan de Möhnetalsperre, daarna naar het hoofdkantoor (dr. G. Morgenschweiss).

Woensdag 6 september

- Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen te Düsseldorf. (Herren L. Bosten, Bucher, Schitthelm, Arnold und Vollbrecht).
- Stadtwerke Mönchengladbach GmbH. (dr. R. Hellekes, herr Sylla).

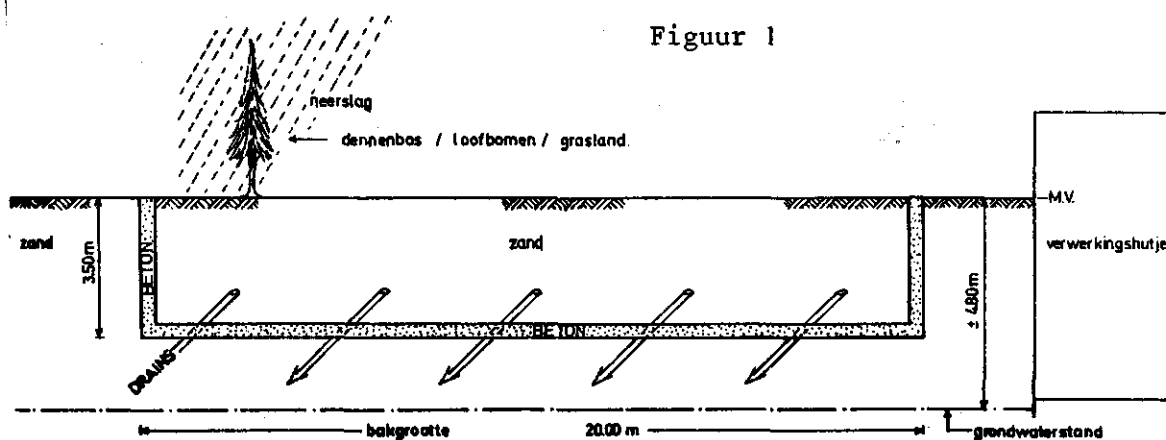
Donderdag 7 september

- Tagebau Rheinbraun (bruinkoolwinning).
- Talsperrenverband Eifel-Rur - bezoek Rurtalsperre Schwammenauel (ing. J. Ernst).

1 LYSIMETER (GROSSLYSIMETERANLAGE) TE ST. ARNOLD

1.1 Inrichting lysimeters

In 1964 is naar voorbeeld van de lysimeteropstelling in Castricum een grootschalig lysimeterproefveld gebouwd in St. Arnold, Münsterland. Hier werden 3 lysimeters met afmetingen 20x20 meter en diep 3.5 meter geïnstalleerd: goed gedraineerde betonnen bakken, met opvang- en meetinstallaties voor het drainagewater. De lysimeters werden met gras (1), eiken/beuken (2) en dennen (3) beplant (zie figuur 1).



1.2 Meteorologische metingen

Op het proefveld staan instrumenten opgesteld om standaard meteorologische gegevens te meten. Neerslag wordt gemeten op kruinhoogte (variabel, met de lengtegroei van de bomen), op 1 meter boven maaiveld en op bodemniveau. De netto- en globale straling worden gemeten en de windsnelheid en -richting op 10, 6 en 3 meter hoogte. Verder worden lucht- en natteboltemperaturen gemeten, zodat de verdamping volgens Penman berekend kan worden.

1.3 Doel van de proefopstelling

De opzet van dit proefveld van het Staatliches Amt für Wasser und Abfallwirtschaft Münster was om de grondwateraanvulling (Grundwasserneubildung) voor Münsterland te bepalen bij verschillend landgebruik. Bij de lysi-

meters wordt daarom de interceptie bepaald, door de bestandsneerslag te meten. Dit is de neerslaghoeveelheid die de bodem bereikt. Om dit te meten, is een groot met V-profiel onder de bomen geïnstalleerd (afmetingen 15.7x0.7 meter), waarmee de neerslag die door de kruinen heen valt gemeten kan worden. Ook wordt de afstroming langs de stammen gemeten bij 10 bomen van variabele doorsnee, die representatief geacht worden voor het hele bestand (zie figuur 2 en fotopagina's 1 en 2).

Voor de 3 lysimeters kan een waterbalans opgesteld worden:

$$P = E_{int} + E_{gewas} + Perc. + dS$$

P = Totale neerslag;

E_{int} = Verdamping van interceptiewater;

E_{gewas} = Verdamping van het gewas;

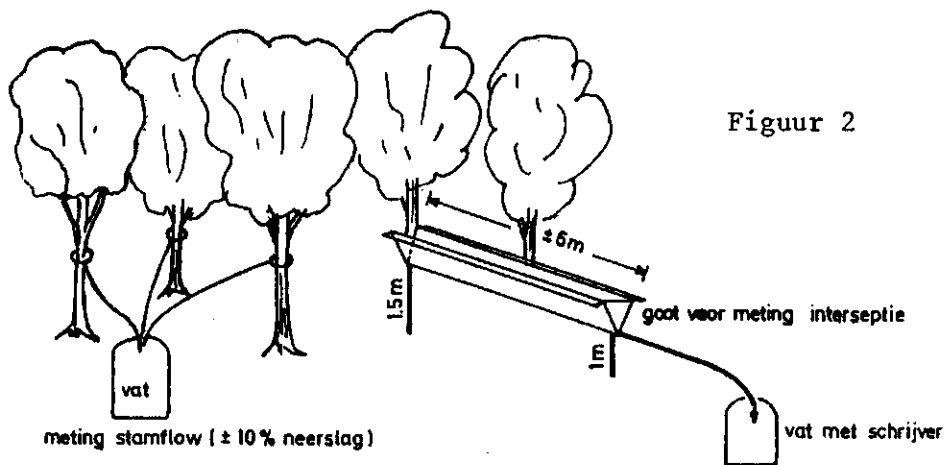
Perc. = Percolatie, het opgevangen drainagewater;

dS = Verandering van het geborgen bodemvocht.

De verdamping van het interceptiewater wordt bepaald uit de interceptie: de totale neerslag (zoals b.v. gemeten op kruinhoogte) - de bestandsneerslag (gemeten met de goot en de stamwaterafvoer).

dS , de verandering van de bodemvochtvoorraad, wordt gemeten door geregeld de zuigspanning te meten op verschillende niveaus.

De gewasverdamping E_{gewas} is de enige onbekende term in de waterbalans, en kan zodoende berekend worden uit de jaargegevens van de andere termen.



Figuur 2

1.4 Resultaten

In de figuren 3 en 4 zijn de jaarlijkse waarden van de waterbalans voor de beuken/eiken- en de naaldhoutlysimeters uitgezet.

De interceptieverdamping blijkt een aanzienlijke "verliespost" te zijn voor de grondwateraanvulling: ongeveer 150 mm op de totale neerslag van rond de 750 mm. Merk ook op, dat de interceptie bij het naaldhout nog steeds toeneemt (nu al 300 mm), terwijl het loofhout jaarlijks rond de 100 mm zit. Mogelijk komt dit doordat het (verdampende) oppervlak van de naalden nog steeds toeneemt, en omdat naaldbomen ook 's winters relatief veel water opvangen, terwijl loofbomen dan kaal zijn.

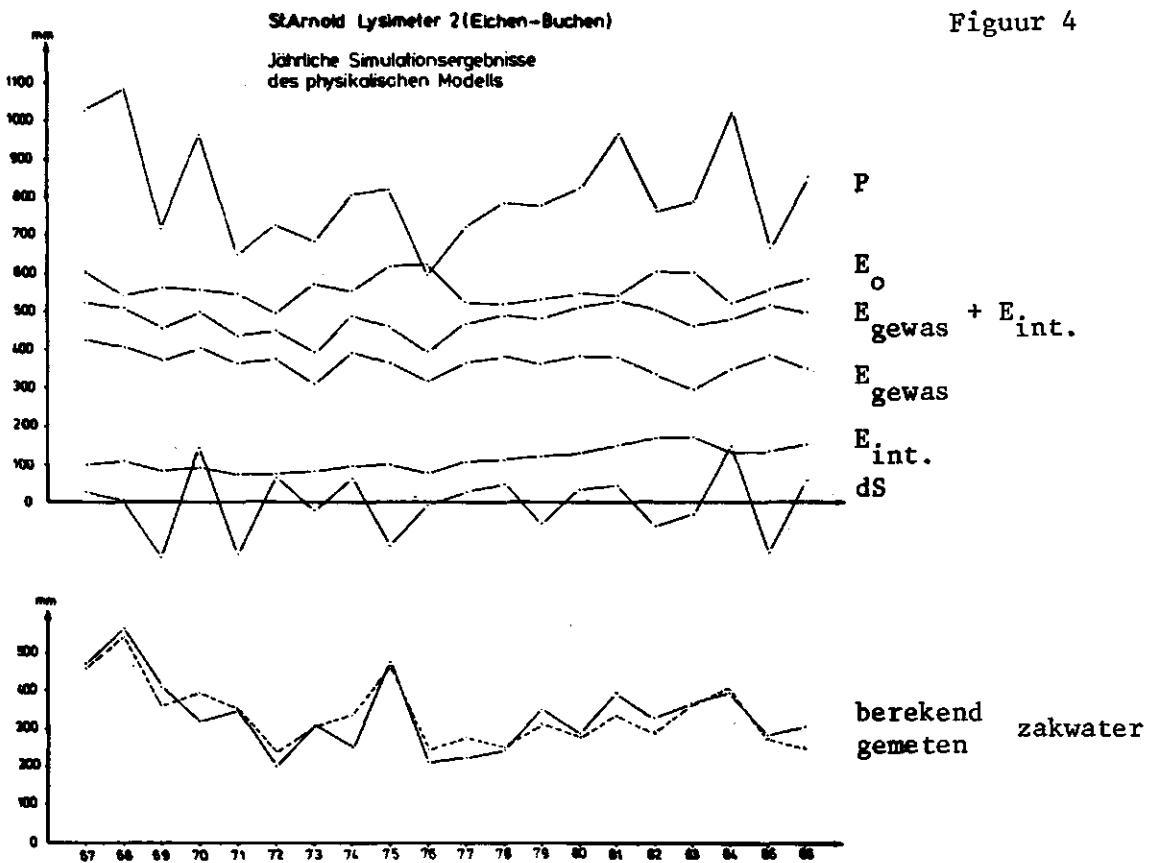
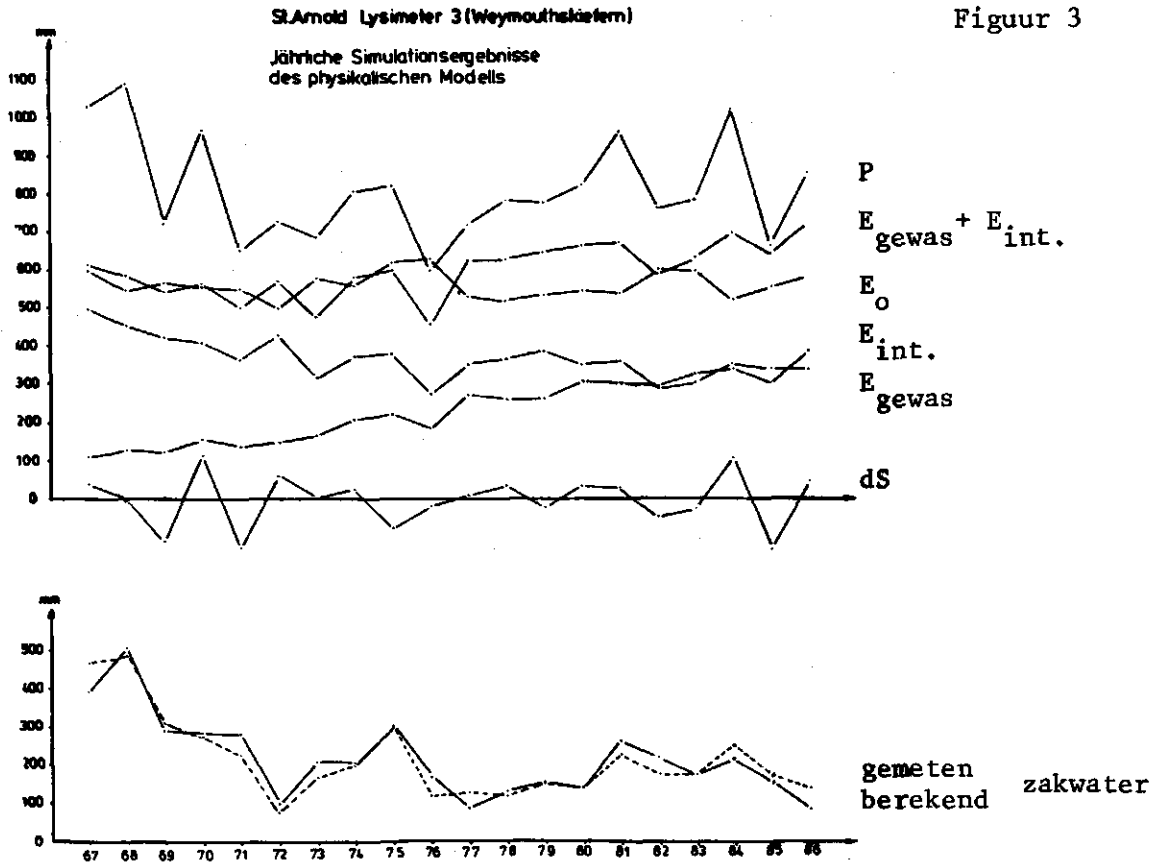
Dhr. Schroeder merkte op, dat de interceptie van water op grasland te verwaarlozen is. Dit bleek twee dagen later, bij de lysimeteropstelling van de Stadtwerke Mönchengladbach ook.

Uit de figuren 3 en 4 en uit het verhaal van dhr. Schroeder blijkt dat de grondwateraanvulling het hoogst is voor grasland en het laagst voor naaldhout. Voor naaldhout bedraagt de grondwateraanvulling jaarlijks zo'n 150 mm; voor loofhout (beuken/eiken) is dit ca. 300 mm, althans gemeten in deze lysimeteropstelling.

1.5 Bodemwaterkwaliteit

Uit analyses van het bodemwater blijkt, dat het water onder het dennenbestand het meest vervuild is met zware metalen, nitraten en fosfaten: dennenaalden hebben een relatief groot oppervlak, dat het hele jaar door actief is om stof uit de atmosfeer te filtreren. Dit stof wordt door de neerslag tot in de bodem gespoeld.

(Voor de luchtkwaliteit kan men dus het beste veel naaldhout aanleggen, voor de waterkwaliteit kan men het beste alle bomen kappen).



2 WESTFÄLISCHE WILHELMSUNIVERSITÄT MÜNSTER

Op exact de afgesproken tijd kwamen we aan bij het "Institut für Geographie" van de "Westfälische Wilhelmsuniversität" te Münster.

We werden ontvangen door professor dr. U. Streit, wiens werkterrein voornamelijk de Landschapsoecologie betreft, waarvan de Hydrologie een onderdeel uitmaakt.

De aandachtsvelden van zijn onderzoek en dat van zijn medewerkers betreft onder andere het opzetten van databases voor fysisch geografische gegevens, digitale kartografie, het opzetten van expertsystemen, de verwerking van satelietopnamen (LANDSAT/SPOT) en het gebruik ervan in hydrologische modellen.

Na een inleidend praatje van deze strekking werden door enige van zijn medewerkers demonstraties gegeven. Vooral de grafische presentatie van de resultaten der vele programma's was indrukwekkend. Het onderzoek richt zich op velerlei toepassingen waardoor deze vakgroep iets weg had van een ingenieursbureau binnen de universiteit.

Besproken werden onder andere de volgende onderwerpen:

a. DISAG - Een programma om afvoerdata ruimtelijk te disaggregeren.

Een programma werd getoond dat in staat is om, wanneer alleen de afvoeren van het gehele stroomgebied bekend zijn, de afvoeren van deelgebieden van dit stroomgebied te schatten. De procedure die hiervoor gebruikt wordt doet grofweg het volgende:

- 1) Afvoersommen per deelgebied worden geschat.
 - Basisafvoer a.h.v. de geohydrologische gesteldheid.
 - Snelle afvoer met de Curve Number methode en de voor Penman verdamping gecorrigeerde gebiedsneerslag.
- 2) De geschatte afvoeren worden gecorrigeerd met een zelf ontwikkelde statistische methode zodanig dat:
 - De som van de afvoer der deelgebieden gelijk is aan de totale afvoer van het stroomgebied.
 - De variantie van de fouten in de schattingen van de stroomgebieds-afvoersommen wordt geminimaliseerd.

3) Tijdens de statistische correctie worden tegelijkertijd de curve-number parameters gecorrigeerd.

b) **EXIN** - Een programma om neerslagen en temperaturen ruimtelijk te interpoleren.

Voor het uit puntneerslagen verkregen geïnterpoleerde neerslagveld van een gebied kan via integratie de totale gebiedsneerslag verkregen worden.

Uitgelegd werd dat de gevolgde procedure in het programma als volgt is:

- 1) Een rechthoekig gebied wordt vastgesteld waarin het onderzoeksgebied is opgenomen. Vervolgens wordt de rasterresolutie ingevoerd, alsmede een file met waarnemingen.
- 2) De waarnemingen worden op de rasterpunten geïnterpoleerd na de keuze van een interpolatiemethode.

De methodes die gepresenteerd zijn waren allen deterministisch. Op de vraag waarom bijvoorbeeld "Kriging" niet tot de opties behoort werd geantwoord dat het doorgaans veel moeite kost om een juist statistisch model voor het benodigde semi-variogram te kiezen en dat voor redelijke resultaten minstens dertig waarnemingspunten nodig zijn.

Eveneens werd gevraagd of men dacht aan het gaan gebruiken van radar voor de schatting van gebiedsneerslagen. Het antwoord hierop was dat er geen bestaande installatie in de buurt is en het vooralsnog te duur is er zelf één aan te schaffen.

Tenslotte werd nog gesproken over een expertsysteem dat ontwikkeld is om tot een juiste keuze van een interpolatie-algoritme te komen, afhankelijk van de geomorfologie van het onderzoeksgebied en de beschikbaarheid van puntwaarnemingen.

c) **BIVAS** - Geautomatiseerde beeldverwerking van multispectrale informatie.

Met gegevens, verkregen door multispectrale aftasting van het terrein (MSS) kunnen bepaalde objecten door hun specifieke spectrale kenmerken ("spectrale signatuur") herkend worden.

De spectrale signatuur van een object bestaat uit een voor dat object karakteristieke straling in het golflengte-bereik van MSS. Deze stralingsverdeling is een continue functie van de golflengte (Fig. 5) en wordt mede bepaald door het opnametijdstip.

De scanner (LANDSAT/SPOT) neemt met zijn detectors gedeelten van die spectrale signatuur op in een aantal banden. De opnames produceren op een beeldscherm (c.q. foto) een benaderd beeld van de werkelijkheid. Door nu bepaalde (statistische) bewerkingen op deze banden (of een combinatie van slechts enkele banden) los te laten, wordt getracht de leesbaarheid van het beeld te vergroten en de beschikbare (soms verborgen) informatie zoveel mogelijk te benutten. Dit werd gedemonstreerd aan de hand van een op 700 km hoogte genomen opname van Münster met de LANDSAT.

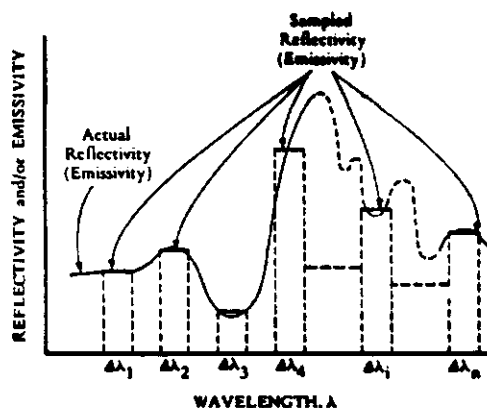


Fig. 5. Stralingsverdeling als functie van de golflengte.

d) MINIGOL - Biotoopkartering d.m.v. databank-management.

De plantensoorten die voorkomen in een studiegebied worden opgeslagen in een systeem ongeveer vergelijkbaar met die van de universiteitsbibliotheek. Aan elke soort worden een aantal onderscheidende terreinkenmerken gekoppeld, zoals bijvoorbeeld de hydrologische toestand en de geografische ligging.

Zo kan men dus in het bestand gaan zoeken naar zowel plantensoorten of combinaties van plantensoorten en hun terreinkenmerken, alsook naar die terreinkenmerken met hun specifieke vegetatie.

Het opstellen van de juiste randvoorwaarden maakt het mogelijk met een computerprogramma, zoals bijvoorbeeld MINIGOL, uit een plantensoortenbestand (d.m.v. sorteren en combineren) een bepaald biotoop te karteren.

3 RUHRTALSPERRENVEREIN, MOEHNETALSPERRE

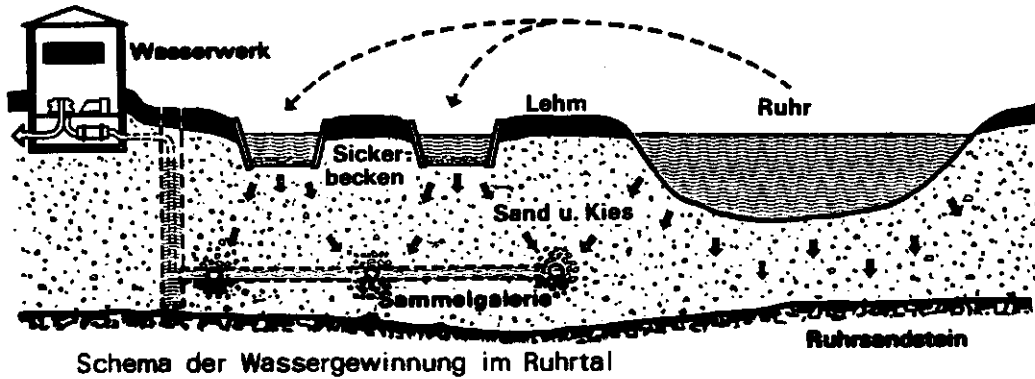
3.1 Ruhrtalsperrenverein

In Nordrhein-Westfalen bevindt zich het Ruhrgebied, een samenballing van industrieën; er leven hier zo'n 6 miljoen mensen. Er zijn speciale maatregelen nodig voor een goede watervoorziening. Het zwaartepunt van deze watervoorziening ligt bij de Ruhr, die in 70% van de behoefte moet voorzien. De "Ruhrtalsperrenverein" zorgt in het stroomgebied van de Ruhr voor de kwantitatieve watervoorziening.

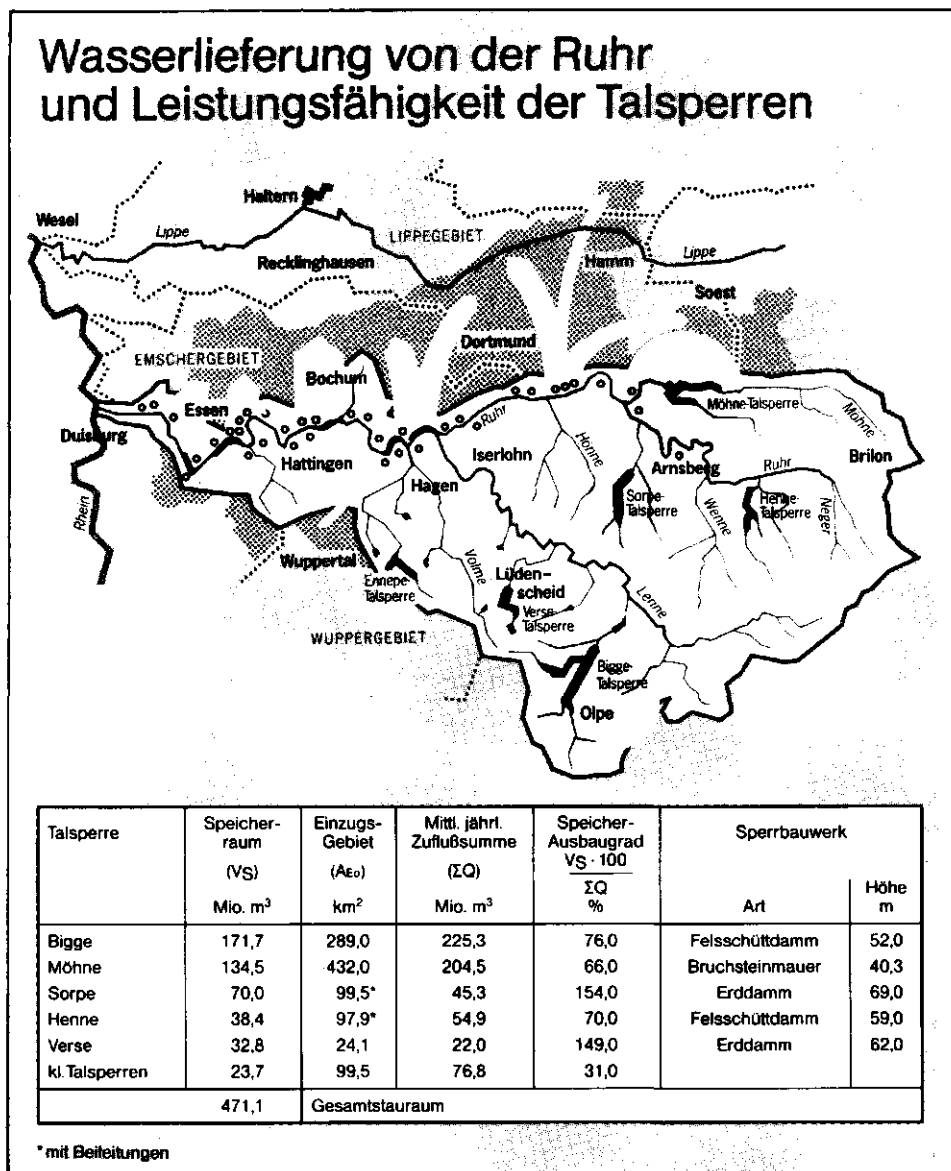
Oorspronkelijk was er sprake van kolen- en staalindustrie in het dal van de Ruhr. De Ruhr leverde toen al drinkwater en water voor de industrie. Bij toenemende waterbehoefte ging men het grondwater aanvullen met het water van de Ruhr d.m.v. zakkingsbekkens. Na een lange verblijftijd wordt het water herwonnen t.b.v. drinkwater (fig. 6). De kolen- en staalindustrie verdween steeds verder naar het Noorden, toch levert de Ruhr het water voor deze zware industrie. De nog steeds stijgende industriële en huishoudelijke waterbehoefte overtreft het aanbod. Sinds het einde van de vorige eeuw wordt daarom het tekort in het gebied van de Emscher en de Lippe aangevuld met water uit de Ruhr (fig. 7). De Ruhr leende zich om verschillende redenen veel meer voor drinkwaterwinning dan de Rijn. Ruhrwater is allereerst van veel betere kwaliteit dan het Rijnwater. Daarnaast kan men water natuurlijk reinigen door infiltratie in de zand- en kiezelbodem van het Ruhrdal. Bovendien zorgt de geografische hoogte van de Ruhr voor relatief lage overpompkosten.

Aan de relatief kleine Ruhr wordt gemiddeld 700 miljoen m³/jaar onttrokken met uitschieters van 1300 miljoen m³/jaar, waarvan gemiddeld 300 miljoen m³ naar het buitengebied gaat. Dit geeft problemen in droge periodes. Om de pieken te vereffenen zijn er in de Ruhr stuwmeren aangelegd met een gezamenlijke capaciteit van 471 miljoen m³ (fig. 7). Hiermee moet de Ruhrtalsperrenverein een basisafvoer in de Ruhr bewerkstelligen en in de waterbehoefte voorzien.

Figuur 6.



Figuur 7.

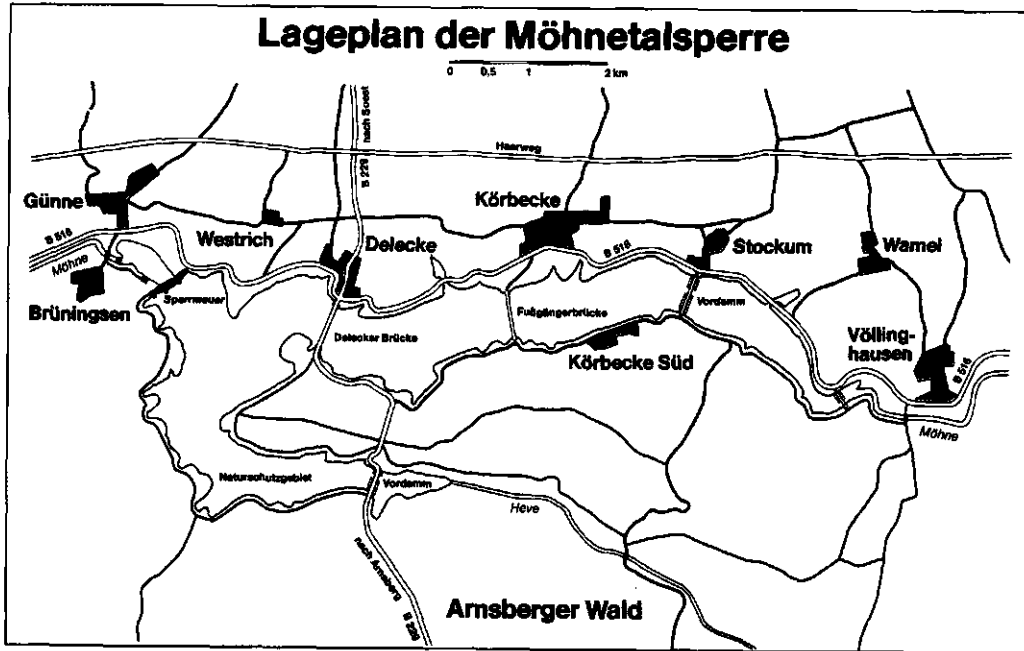


3.2 De Moehnetalstuw

De in 1931 in bedrijf genomen Mōhnetalsperre is een van de 14 stuwdammen van de Ruhrtalsperrenverein. Het is de grootste stuw in Nordrhein-Westfalen, met een stuwhoogte van 34 m (fig. 8 en 9 en fotopagina's 3 en 4). De Moehnetalstuw heeft een capaciteit van 134.5 miljoen m³, d.i. meer dan 25% van het totaal van alle stuwen. De stuw moet daarmee zorgen voor een debiet van 20 m³/s naar de Rijn en een gedeelte van de drinkwatervoorziening in het Ruhrgebied. De energie-opwekking is een nevenfunctie van de stuw. Inmiddels heeft het stuwmeer ook een belangrijke recreatieve functie gekregen. In de normale situatie wordt het water afgevoerd via een waterkrachtcentrale. Bij capaciteitsoverschrijding of bij het uitvallen van de centrale kan het water afgevoerd worden door een grondlozingspijp. Bij hoogwater kan het water ook over de muur van de stuwdam afstromen. De ruwe muur zorgt voor een gedeeltelijke energie-vernietiging, de uiteindelijke energievernietiging gebeurt in een uitwoelvijver van 650.000 m³. De dam 40 m hoog, 650 m lang is opgebouwd uit stenen. Door veroudering en verwering sijpelt er steeds meer water tussen de stenen door. Daarom heeft men een horizontale gang in de dam geboord waarin het infiltratiewater opgevangen en gemeten wordt (zie fotopagina). Het meten van veranderingen zorgt voor een goede controle van de infiltratie.

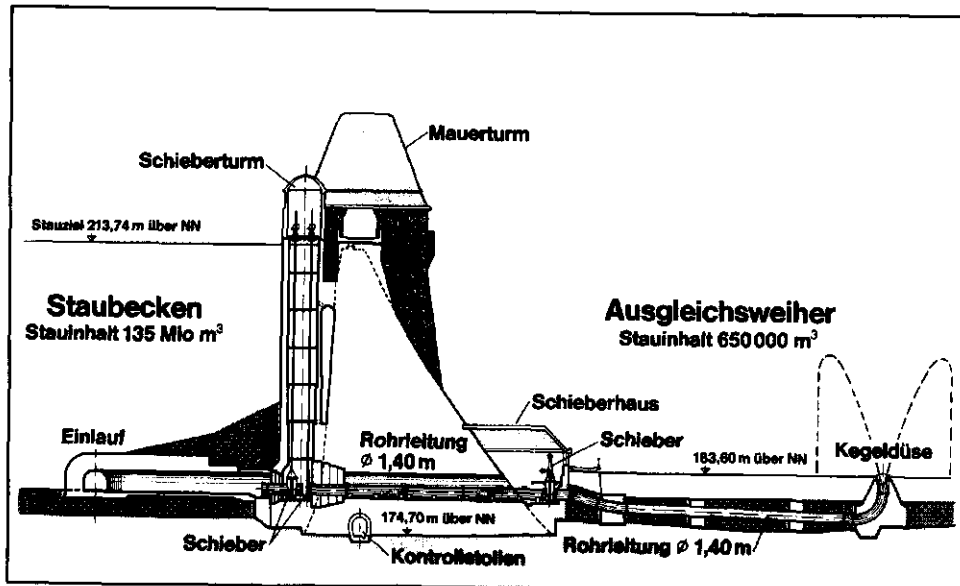
Een zogenaamd "vorbecken" is gemaakt om in het bovenstroomse deel van het stuwmeer een vrij constante waterstand te realiseren en zodoende moerasvorming te voorkomen en speciale waterbiologische omstandigheden te scheppen. Ook bij deze stuw zijn er nitraatproblemen en algengroei. Kunstmatige zuurstoftoevoer via een ringleiding is een oplossing hiervoor. Zuurstoftoevoer gebeurt vooral in droge en warme periodes.

Figuur 8.



Figuur 9.

Mauerquerschnitt mit Grundablaß.



3.3 Computerverwerking van hydrologische gegevens

In het verleden werd de analoge registratie van waterstandmeters, regenmeters e.d. met behulp van digitaliseerapparatuur verwerkt en digitaal opgeslagen. Aangezien dit proces zeer tijdrovend en omslachtig is gebeurt de gehele data-overdracht tegenwoordig digitaal.

Op het meetpunt worden de data digitaal opgeslagen en éénmaal per dag overgezonden naar de hoofdcomputer te Essen. De stations zelf hebben een capaciteit aan opslaggeheugen van 8 dagen, waardoor in geval van storing niet direct data verloren gaan. In de centrale computer is van ieder station een lijst met stangegevens opgeslagen zoals stationsplaats en -opbouw, telefoonnummer e.d. Deze computer belt automatisch éénmaal per dag alle stations en neemt de gewenste gegevens over. Kan een verbinding niet direct tot stand komen dan worden eerst de overige stations afgewerkt en wordt daarna een nieuwe poging ondernomen. Naast deze automatische oproep is het ook mogelijk om op ieder moment de computer contact te laten leggen met een bepaald station, teneinde de actuele situatie op te vragen.

De data-overdracht kan op twee manieren plaats vinden, te weten met behulp van seriële en parallele modems. Bij seriële overdracht wordt bit na bit overgezonden. Parallele overdracht is sneller omdat hier gelijktijdig meerdere gegevens overgezonden kunnen worden. Tegenwoordig geniet seriële overdracht de voorkeur omdat dit minder storingsgevoelig en veel goedkoper is.

Om een beter inzicht in de opgevraagde data te krijgen bestaat er de mogelijkheid om de data direct grafisch te presenteren (punt 3 in het Abruf Hauptmenu in bijlage I). In bijlage I is het hoofdmenu van de communicatie tussen hoofd- en plaatselijk station gegeven. De data kunnen op velerlei manieren grafisch weergegeven worden. Bijlage II toont achtereenvolgens het maandelijkse histogram, de cumulatieve lijn van de neerslag in de jaren 1959, 1976, 1983 en 1989 en de stuwinhoud van de Hennetalsperre. In bijlage IIIa is een dwarsdoorsnede van de Sorpe te zien met daarbij een toepassing van de velocity-area methode ter bepaling van het debiet ($F_v = V_m \times \text{Tiefe}$ waarin F_v = het debiet per strekkende meter en V_m = de gemiddelde snelheid op een bepaalde plaats in de dwarsdoorsnede). Bijlage IIIb geeft de verticale snelheidsverdeling op de corresponderende plaatsen in het dwarsprofiel.

4 LANDESAMBT FÜR WASSER UND ABFALL NORDRHEIN-WESTFALEN

4.1 Algemeen

Het Landesamt für Wasser und Abfall valt onder het ministerie van milieuzaken van Nordrhein-Westfalen. Het Landesamt heeft geen drinkwatervoorzieningsfunctie. Op dit moment zijn er 350 werknemers waaronder 70 tot 80 wetenschappelijke medewerkers. Dhr. Schitthelm houdt zich bezig met neerslag- en afvoermetingen, de planning en organisatie van meetnetten en het ontwikkelen van neerslag-afvoermodellen.

4.2 Modellen

Het model voor oppervlakkige afvoer dient om de afvoer naar de Rijn en de berging in het gebied te bepalen.

Het te onderzoeken gebied wordt opgedeeld in een netwerk van deelgebiedjes. Voor de T_c (Time of Concentration) van deze deelgebieden is het van belang dat de grootte, de vorm en helling van het deelgebied, de bodemstructuur en het bodemgebruik bekend is.

Om dit model te ijken worden de uitkomsten van de berekeningen vergeleken met de gegevens van ongeveer 300 meetopstellingen in Nordrhein-Westfalen. Met deze ijking kan de verliesparameter (berging en verdamping) worden bijgesteld. Het neerslagmeetnet is nog niet optimaal. Op dit moment worden op 500 plaatsen dagsommen gemeten. Op 100 plaatsen vinden continue metingen plaats, maar slechts 20 plaatsen beschikken over meetreeksen langer dan 20 jaar (het streven is een meetnet met 400 tot 600 meetopstellingen). Om een neerslag-afvoermodel van een deelgebied toch zo goed mogelijk te ijken, worden in het betreffende deelgebied een groot aantal extra regenmeters geplaatst. Zo staat tijdens de ijking een dichter meetnet ter beschikking. Wanneer de ijking van dit stukje model is afgerond worden de extra regenmeters verplaatst naar een volgend deelgebied (fig. 10).

Een ander model waar dhr. Schitthelm zich mee bezighoudt is het Bodenspeichermodel. In dit model wordt uitgegaan van de vochtcapaciteit, het

4.3 Stadshydrologie

De afvoer van overtollig regenwater in stedelijke gebieden vindt in Nederland plaats via een gemengd rioleringsstelsel. Het rioolwater wordt gezuiverd en weer op het oppervlaktewater geloosd. Bij zeer sterke regenval is de capaciteit van het rioleringsstelsel onvoldoende en wordt het vuile water direct geloosd (met alle schadelijke gevolgen van dien).

In Duitsland wordt het overtollige regenwater apart van het rioolwater afgevoerd en direct, ongezuiverd, op het oppervlaktewater geloosd. In principe zou zo'n systeem, een gescheiden rioleringsstelsel, een uitstekende oplossing zijn, ware het niet dat veel aansluitingen niet kloppen. Hierdoor ontstaat een menging van het vuile rioolwater met het schone regenwater. En dit vuile mengsel wordt voor een deel (35%) ongezuiverd op het oppervlaktewater geloosd.

Controle op deze aansluitingen, het opsporen en verbeteren ervan is erg duur.

Vanwege deze problematiek zijn in Duitsland laagwatermodellen van groot belang. De vuillast (verhouding tussen inkomend vuil water en aanwezig "schoon" water) is namelijk sterk afhankelijk van de waterhoogte. Lage waterstanden kunnen grote problemen geven.

4.4 Grondwatermodellen voor de berekening van de gevolgen van de bruinkoolwinning

In 1900 begon tussen Bonn, Achen en Mönchengladbach de bruinkoolwinning in dagbouw. In eerste instantie kon de bruinkoolwinning aan het oppervlak plaats vinden. Op dit moment worden diepere lagen (op 200 m diepte) uitgegraven. Dit is alleen mogelijk wanneer het grondwater wordt weggepompt. En bij een diepte van 200 m geeft dit natuurlijk grote problemen voor de omgeving: tekort aan water, droogvallen van bronnen, verzakkingen etc. (zie Bijlage IV).

Om deze gevolgen zo goed mogelijk te kunnen overzien zijn grondwatermodellen ontwikkeld. Deze modellen zijn gebaseerd op de massabalans, verzadigde en onverzadigde vergelijkingen.

die de dagbouw heeft op het riviertje de Schwalm en de noodzaak tot extra beschermingsmaatregelen.

Grondwatermodellen hebben een groot toepassingsgebied. Zij zijn vaak van nut bij het doorgronden van een gebied en ze geven de mogelijkheid tot het doorrekenen van allerlei varianten. Hierdoor kunnen allerlei mogelijke oplossingen worden vergeleken. Zaak is wel dat de modellen goed geijkt zijn aan de werkelijkheid.

4.5 Dataverwerking

Het opslaan en verwerken van meetgegevens van de meetopstellingen in het gebied gebeurt op ongeveer dezelfde wijze als bij de Ruhrtalsperrenveren. Daarnaast is er nog een beperkt tweede circuit waarbij ook gegevens als pH, temperatuur en O_2 -gehalte van het water worden gemeten en verwerkt.

Het digitaliseren wordt naast de conventionele manier ook gedaan met behulp van een camera. Deze neemt een opname van een grafiek, waarna deze op het beeldscherm verschijnt. Met de hand wordt dit beeld m.b.v. een muis gecorrigeerd. Dit systeem werkt niet bij ingewikkelde of zwakke lijnen, aangezien het opnamesysteem gebaseerd is op logaritmen (zie ook bijlage V).

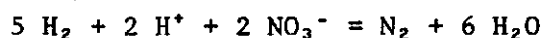
5 STADTWERKE MÖNCHEGLADBACH

5.1 Inleiding

De Stadtwerke Mönchengladbach houden zich voornamelijk bezig met drinkwaterwinning uit grondwater. Het gaat hierbij om 30 miljoen m³ per jaar. Tevens is er een onderzoeksinstituut gevestigd dat zich o.a. bezig houdt met het verwijderen van nitraat uit water en het dalen van de waterspiegel t.g.v. de bruinkoolwinning. Voorts is er een hydrologisch veldcentrum gevestigd (zie ook bijlage VI).

5.2 Het nitraat probleem

Het grondwater, gewonnen door de Stadtwerke, kent zoals in Nederland een steeds hoger wordende nitraatconcentratie. Sinds 1986 mag het water niet meer dan 50 mg nitraat per liter bevatten (voorheen 90 mg). De Stadtwerke heeft gekozen voor biologische denitrificatie met behulp van waterstof. Autotrofe bacteriën zorgen in dit proces voor de afbraak van NO₃-ionen. Voor de assimilatie is CO₂ of HCO₃⁻ nodig en onder anaerobe condities zal zuurstof aan het nitraat worden onttrokken volgens de volgende reactievergelijking:



Het werken met waterstofgas vergt natuurlijk de nodige veiligheidsmaatregelen in verband met ontploffingsgevaar.

Een betere methode om van het nitraatprobleem af te komen is er voor te zorgen dat er geen nitraat in het grondwater terecht komt. De boeren, die als grootste veroorzakers van het probleem worden gezien, zouden verstandiger moeten omgaan met hun mest. Er is in Duitsland nauwelijks een mestprobleem als de mest op het juiste tijdstip wordt uitgereden en bovendien goed wordt verspreid. De wetgeving blijft op dit punt in gebreke.

5.3 Daling van de grondwaterspiegel

Door de nabijheid van de bruinkoolwinning is de grondwaterspiegel in het

wingebied van 10-30 m naar 60-150 m onder maaiveld gedaald. Het gevolg is dat de benodigde 30 miljoen m³/jaar grondwaterwinning niet meer kan worden gerealiseerd zonder de waterbalans te verstoren. Eigenlijk is er 10 miljoen m³/jaar minder beschikbaar. Dit leidt tot een juridisch probleem. De firma Rheinbraun (bruinkoolwinner) beweert dat er meer grondwater wordt gewonnen dan wordt opgebouwd door de lange verblijftijd in de bovenste 10 m löss. Volgens de Stadtwerke is dit niet waar aangezien er toch 200 mm neerslagoverschot per jaar in de bodem verdwijnt.

In de toekomst zullen zich nog meer problemen gaan voordoen als de bruinkoolwinning in de richting van de grondwaterwinning gaat uitbreiden. Dan zullen maatregelen zoals een grondwaterbufferzone waarschijnlijk noodzaak worden.

De landbouw tenslotte ondervindt geen nadelige invloed van de grondwaterdaling aangezien de grondwaterspiegel al dieper lag dan de wortelzone.

5.4 Het meteostation

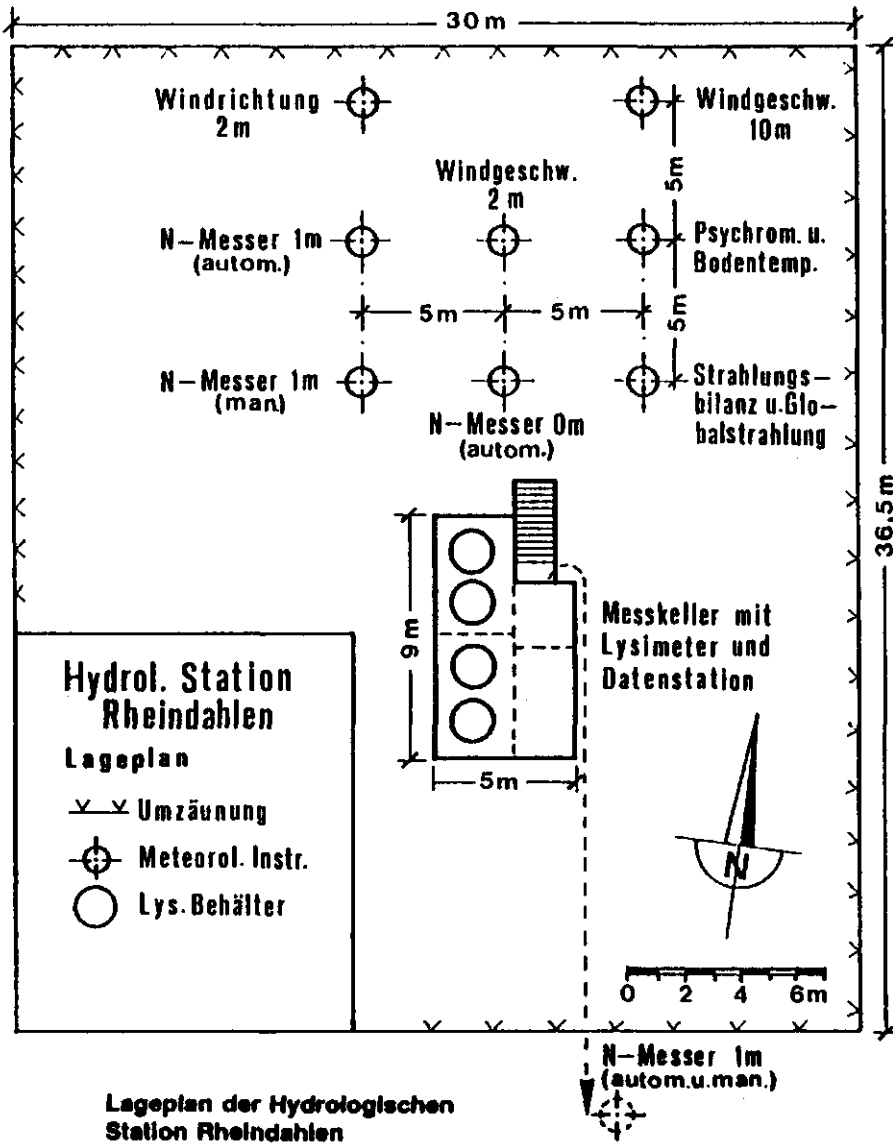
Op het hydrologisch centrum zijn ook lysimeters aanwezig (zie figuur 11 en fotopagina 5). Een lysimeter is een geïsoleerd stuk bodem waarmee de waterbalans van de bodem gemeten kan worden. Om deze waterbalans goed te kunnen beschrijven is er ook een meteorologisch veldstation aanwezig. Hier worden o.a. neerslagkwaliteit en -kwantiteit, straling, temperatuur, windsnelheid en -richting, luchtvochtigheid en straling gemeten. Deze factoren zijn noodzakelijk om een goede waterbalans op te zetten.

Elke 4 seconden worden deze factoren gemeten en per minuut wordt een gemiddelde genomen dat in de computer wordt opgeslagen. De neerslag wordt elke 10 minuten gemeten, zowel de hoeveelheid als de intensiteit.

Uit deze metingen is o.a. gebleken dat grondwateraanvulling alleen in de winter plaatsvindt.

De lysimeter op zich bestaat uit 4 cilinders met grond, 2 grote en 2 kleine. Ze zijn opgesteld op een grote weegschaal en door de cilinders te wegen kan de gewichtsverandering en dus de vochtgehalteverandering bepaald worden. Samen met de gegevens van het meteoveld kan dan een waterbalans opgesteld worden. Tevens wordt in de lysimeter de vochtspanning gemeten met een tensiometer en wordt de hoeveelheid doorvalwater gemeten.

Figuur 11.



6 BRUINKOOLWINNING

6.1 Ontstaan bruinkoollagen

De bruinkoollagen, zoals die nu worden aangetroffen in het gebied tussen Keulen, Aken en Mönchengladbach, vinden hun oorsprong ca. 25 miljoen jaar geleden.

Het berglandschap in dit gebied begon tectonisch te dalen ten opzichte van omliggende gebieden. Samen met de toen relatief hoge zeespiegel zorgde dit ervoor dat het overtollige water uit dit gebied niet afgevoerd kon worden. Er heerste een subtropisch klimaat, zodat er een weelderige vegetatie aanwezig was.

De hoge waterstand en de weelderige vegetatie vormden een gunstig milieu voor veenvorming. Door transgressieperioden van de zee ontstonden klei- en zandlagen, die voor afsluiting van het gevormde veenpakket zorgden en die de druk op het veen vergrootten. Na 15 miljoen jaar stopte de veenvorming en werd het veen bedekt door rivierafzettingen. Door de hoge druk op het veenpakket kwamen verkolingsprocessen op gang, waardoor bruinkool ontstond.

6.2 Bruinkoolwinning

De bruinkoolwinning begon halverwege de 19e eeuw aan de Rijn bij Keulen, waar de bruinkoollagen dagzoomden. Van hieruit vond vooral na de Tweede Wereldoorlog een sterke uitbreiding van de bruinkoolwinning plaats. Sinds het begin van de winning wordt de bruinkool op steeds grotere diepte gewonnen (tegenwoordig op zo'n 200 m diepte). De winning vindt plaats in dagbouw (mijnbouw is onmogelijk in verband met instortingsgevaar) en wordt geëxploiteerd door Rheinbraun.

Zoals reeds vermeld wordt de bruinkool tegenwoordig gewonnen op zo'n 200 m diepte. Het spreekt voor zich dat een dergelijke winning enorme investeringen vergt. De dagbouw vindt plaats met behulp van graafmachines van ca. 80 m hoog en een lengte van ca. 200 m. De capaciteit van zo'n machine bedraagt 110.000 m³ per etmaal. Vervoer van de bruinkool uit de winning naar de electriciteitscentrales van Rheinbraun vindt plaats met behulp van transportbanden. Rheinbraun bezit transportbanden met een totale lengte

van 170 km en een totale capaciteit van 40.000 ton per uur. Voor het elders in depot zetten van bovenliggende grondlagen beschikt Rheinbraun over een spoorwegennet van 400 km.

Ongeveer 80% van de gewonnen bruinkool wordt in de 4 electriciteitscentrales van Rheinbraun gebruikt voor de opwekking van electriciteit. Deze 4 centrales hebben een gezamenlijke capaciteit van 11.000 MW. Hiermee wordt 25% van de totale electriciteitsvoorziening van West-Duitsland verzorgd. Verder wordt 15% van de bruinkool verwerkt tot cokes en briquettes, terwijl 5% wordt omgezet in gas.

Nadat de bruinkoollagen zijn weggegraven, wordt het eerder afgegraven en in depot gezette grondmateriaal weer opgebracht en wordt het zo ontstane land opnieuw ingericht. In totaal is 20.000 ha afgegraven en opnieuw ingericht, waarvan 7.000 ha als landbouwgrond, 7.000 ha als bos en 700 ha als waterpartij (recreatieplas).

6.3 Neveneffecten bruinkoolwinning

Om bruinkoolwinning in dagbouw mogelijk te maken is het nodig al het grondwater tot 200 m diepte weg te pompen. Dit heeft een grote invloed op de grondwaterstand in de verre omgeving.

Verder zorgt de verbranding van bruinkool voor de uitstoot van grote hoeveelheden stof, CO en SO₂. Rheinbraun heeft 5 miljard DM geïnvesteerd in filters om de stofuitstoot terug te dringen en 1 miljard DM voor verlaging van de CO-emissie.

7 RUHRTALSPERRE SCHWAMMENAUEL

De Eifel-Rur ontspringt in de Hoge Venen in België, doorsnijdt de Noord-Eifel in noordoostelijke richting en stroomt daarna via Düren en Nordrhein-Westfalen bij Roermond in de Maas. De lengte is 200 km. Het is een typische middelgebergte-rivier met een verhouding tussen gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste afvoer van 1:2000. Zo'n grillig afvoerverloop is de reden geweest om stuwdammen in de Eifel-Rur te bouwen.

Eén van deze stuwdammen is de Rurtalsperre Schwammenauel. Deze stuwdam is in 1934-1938 gebouwd en heeft een hoogte van 56 m (fig. 12, 13).

Er werd besloten tot het bouwen van een dijk in plaats van een muur, omdat de ondergrond niet geschikt was voor de bouw van een muur. De inhoud van het stuwmeer bedroeg 100 miljoen m^3 bij de bouw.

De functies van het stuwmeer zijn:

- 1) bescherming tegen hoog water
- 2) regeling van het debiet
- 3) electriciteitsopwekking.

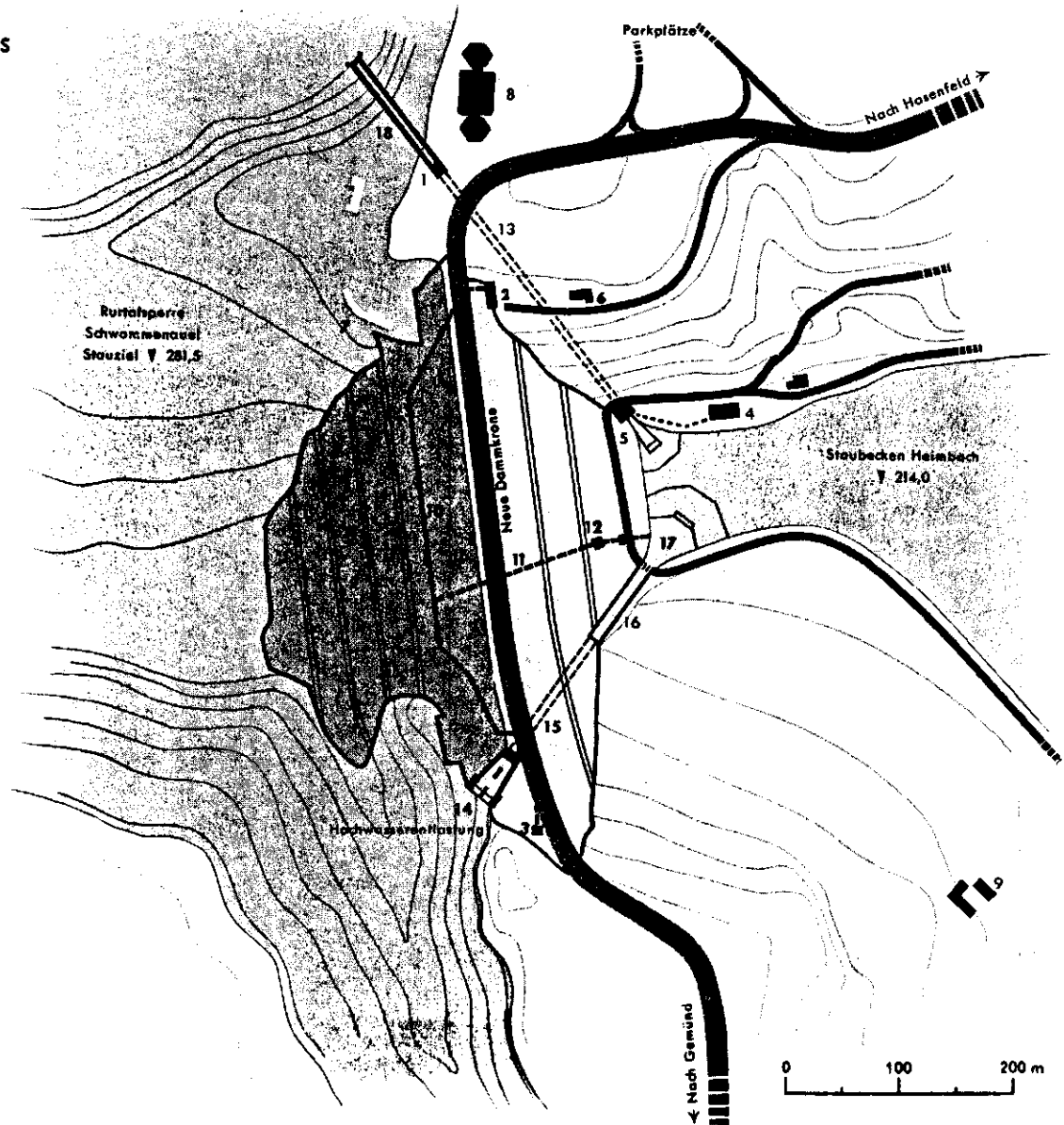
In 1955-1959 is de stuwdam verhoogd tot een hoogte van 71,5 m. De inhoud van het stuwmeer bedraagt sindsdien 203 miljoen m^3 . Als extra functie is er bij gekomen verzorgen van drinkwater.

De drinkwatervoorziening bedraagt max. 35 miljoen m^3 . Het drinkwater wordt met behulp van een drukleiding via andere stuwbeekens naar de agglomeratie Aken gevoerd. Het voedingsgebied van de Rurtalsperre Schwammenauel is 288 km^2 .

Er zijn twee voordammen. Deze dienen ter voorkoming van het droogvallen van het bovenstroomse deel van de rivier. Eén (Paulushof) dient tevens voor de drinkwatervoorziening, de ander (Eiserbachdamm) voor recreatiedoeleinden.

In de zomer wordt er door de stuwdammen een minimaal debiet van 9 tot 11 m^3/s door de Rur gewaarborgd, terwijl in de winter de maximale afvoer van 450 m^3/s wordt afgevlakt tot 150 m^3/s . Om dit te bewerkstelligen zijn er in de Rurtalsperre Schwammenauel twee uitlaten (één van 60 m^3/s en één van 40 m^3/s onder de dam door, en een nooduitlaat in de vorm van een regelbare klep en een vaste overloop. De klep kan men zowel elektrisch als met de hand (in noodgevallen) bedienen (fig. 14).

Figur 12.

Lageplan des
Hauptdammes

- 1 Windwerkhaus
- 2 Werkstatt und Kontrollgangeinstieg
- 3 Kontrollgangausstieg
- 4 Kraftwerk
- 5 Schieberhaus
- 6 Wärterhaus

- 7 Alte Gaststätte (Seehof)
- 8 Neue Gaststätte (im Bau)
- 9 Gut Schwammenauel
- 10 Kontrollgang
- 11 Sickerwasserstollen
- 12 Pumpstation

- 13 Stallen
- 14 Einlaufbauwerk
- 15 Röhre
- 16 Rinne
- 17 Tosbecken
- 18 Schieberhahn

Zoals gezegd is in de periode van 1955-1959 een ophoging van de dam uitgevoerd. De dam is aan de waterzijde bekleed met rotsblokken, de dalzijde bestaat geheel uit rotsmateriaal. Probleem bij het ophogen vormde de extra belasting van de leemkern waardoor zettingen kunnen optreden. Dit is opgelost door de leemkern eerst een stuk horizontaal te laten lopen en vervolgens verticaal, alsook door de leemkern te voorzien van een voorfilter waardoor uitspoeling voorkomen wordt. Voordeel van deze bouw is dat ten gevolge van capillaire opstijging het bovenste deel van de leemkern niet uitdroogt. Het lekwater wordt achter de leemkern in een filter opgevangen en via leidingen afgevoerd naar de inspectiegang. Deze hoeveelheid lekwater bedraagt ongeveer 4 l/s (maximaal gemeten 6 l/s). Dit is ten opzichte van de geborgen hoeveelheid water zeer weinig zodat de wand als nagenoeg ondoorlaatbaar te beschouwen is. Ter controle wordt naast dit lekwater ook de stijghoogte in de dam vóór en ná de leemkern gemeten zodat een eventueel lek snel gelokaliseerd kan worden. De zettingen worden gemeten door een sonde te laten zakken in verticaal in de dam geplaatste plastic buizen. Hiermee kan de positie van ijzeren ringen die vrij in de leemkern rondom de plastic buizen liggen en dus bij zetting verplaatsen, worden bepaald.

Problemen bij de constructie waren de ondermijning/aantasting van het kunstwerk door het water en de omzettingen van de energie bij de uitlaat. Om ondermijning te voorkomen is een speciale inlaatconstructie gemaakt met brekers en bij de uitlaat zijn woelbakken aangelegd. De bodemuitlaat bestaat uit buizen van 5 m doorsnede. Het debiet (9-120 m³/s) wordt geregeld met behulp van een regelbare ringsluiting (zie foto blz. 4). Ter beveiliging is een klep ingebouwd welke dichtslaat wanneer een bepaalde stroomsnelheid overschreden wordt. Als extra beveiliging kan aan de waterzijde een gewicht van 24 ton over rails naar beneden gelaten worden dat de inlaatopening afsluit.

De uitlaat wordt benut om water naar de electriciteitscentrale te leiden of indien deze niet werkt om een basisdebiet te onderhouden. Doordat de inlaat op bodemhoogte ligt kan indien nodig het hele meer via deze uitlaat geleegd worden. Doordat er altijd water door de leiding stroomt raakt deze niet verstopt ten gevolge van sedimentatie.

Op de instroompunten in het reservoir zijn voordammen gebouwd welke dezelfde constructie hebben als de hoofddam. Ze hebben echter geen inspec-

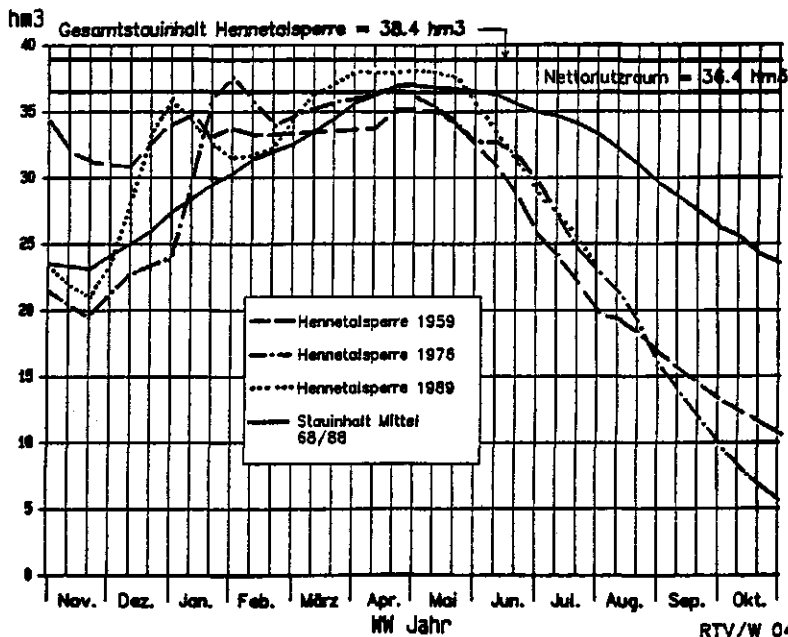
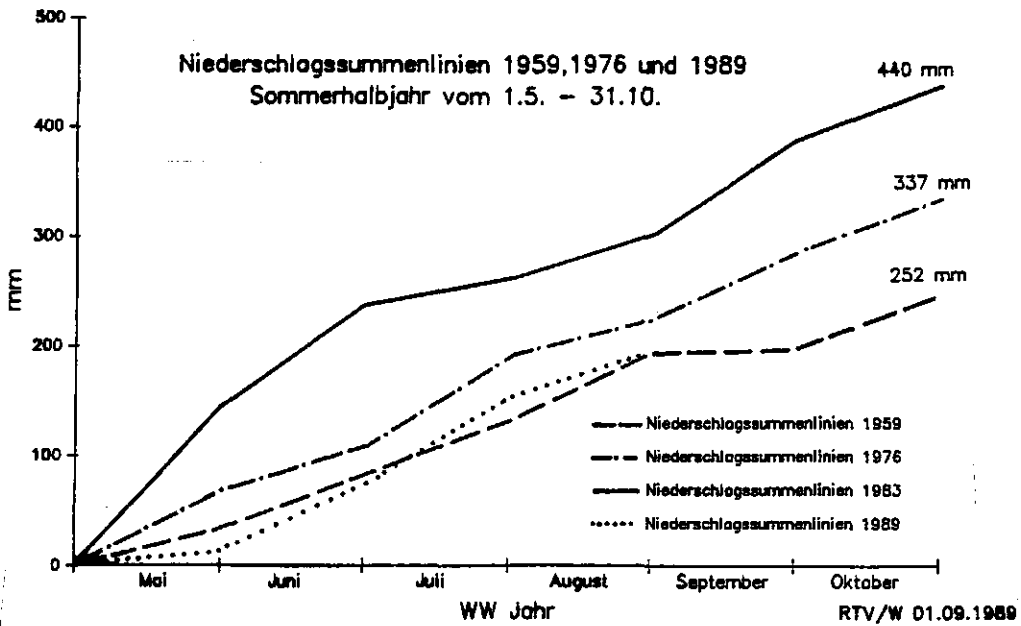
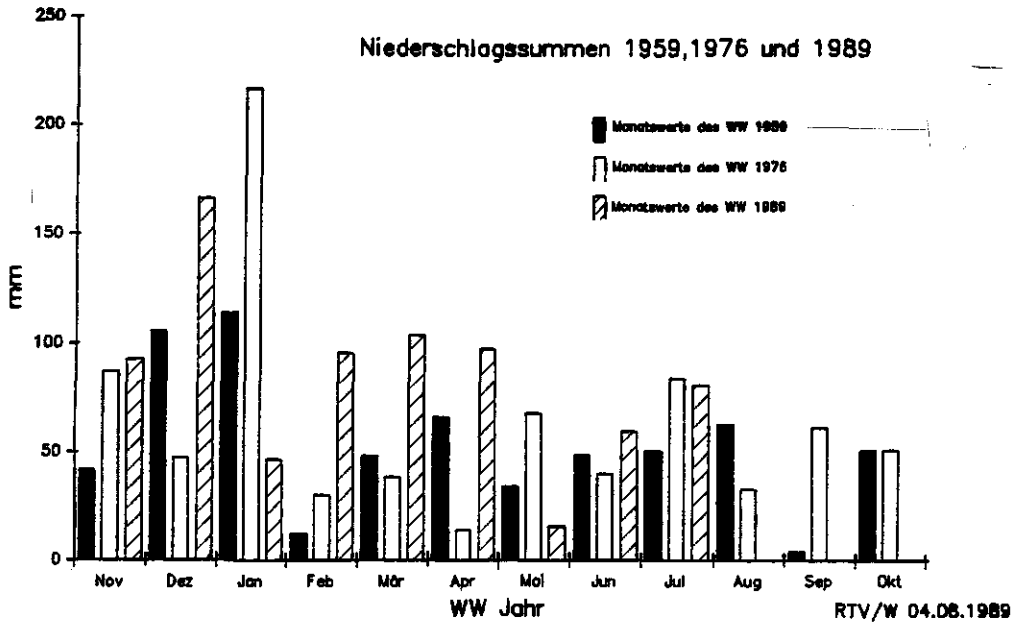
tiegang omdat aan beide zijden van de dam water staat en deze nooit droog gehouden zou kunnen worden. Bij een eventuele breuk van één van de beide voordammen kan de hoofddam dit opvangen omdat er genoeg bergingsruimte is.

Door de aanleg van deze kunstwerken is een stuwmeer ontstaan met een maximale lengte van 24 km dat met een oppervlak van 800 ha het grootste stuwmeer van West-Duitsland is. Via een leiding kan het water naar de Dreilägebachtalsperre gepompt worden waardoor alle stuwmeren in het gebied met elkaar verbonden zijn en een optimaal waterbeheer mogelijk wordt.

De belangrijkste functie van de dam is het reguleren van de afvoer. Voor de aanleg van de dam varieerde het debiet tussen 50 l/s en 450 m³/s. In het geval van extreme droogte wordt evenveel water uitgelaten als er binnenstroomt bij een berging onder de $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Onder normale omstandigheden wordt getracht de hoogwaterafvoer niet groter te laten worden 60 m³/s. Dit kan dan via de bodemuitlaat worden uitgelaten. De uitlaat van het Schwammenauelstuwmeer mondt uit in het Heimbachstuwmeer. Wanneer deze laatste niet vol is bestaat er een grote vrijheid voor het beheer van het stuwmeer Schwammenauel. Gebruik makend van de bergingscapaciteit van Heimbach kan het debiet gevarieerd worden. Dit is van belang voor het beheer van de krachtcentrale die vooral in de piekuren ingezet wordt. De debietvariatie die hier het gevolg van is wordt door de volgende stuw teniet gedaan.

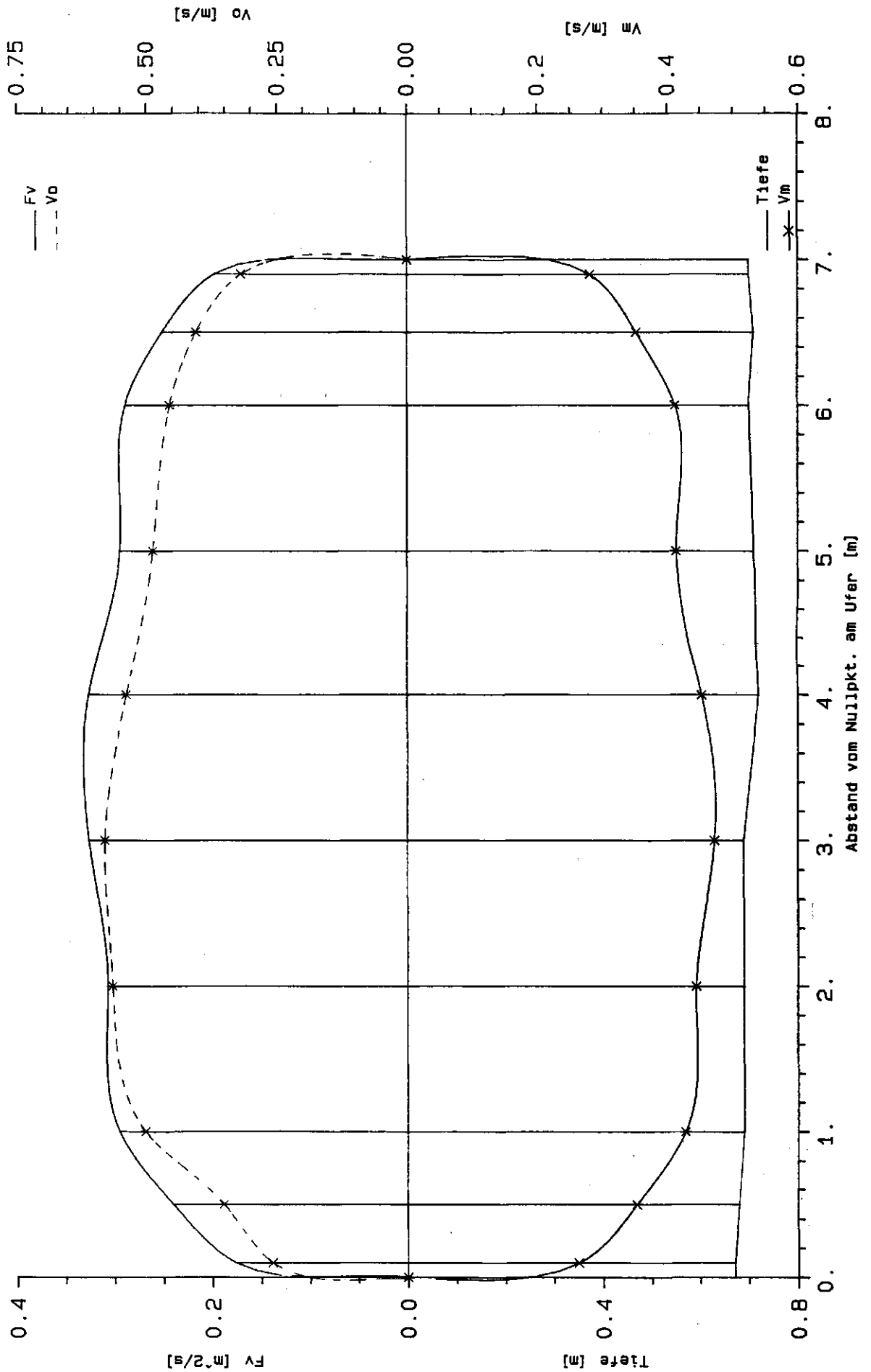
Bijlage II



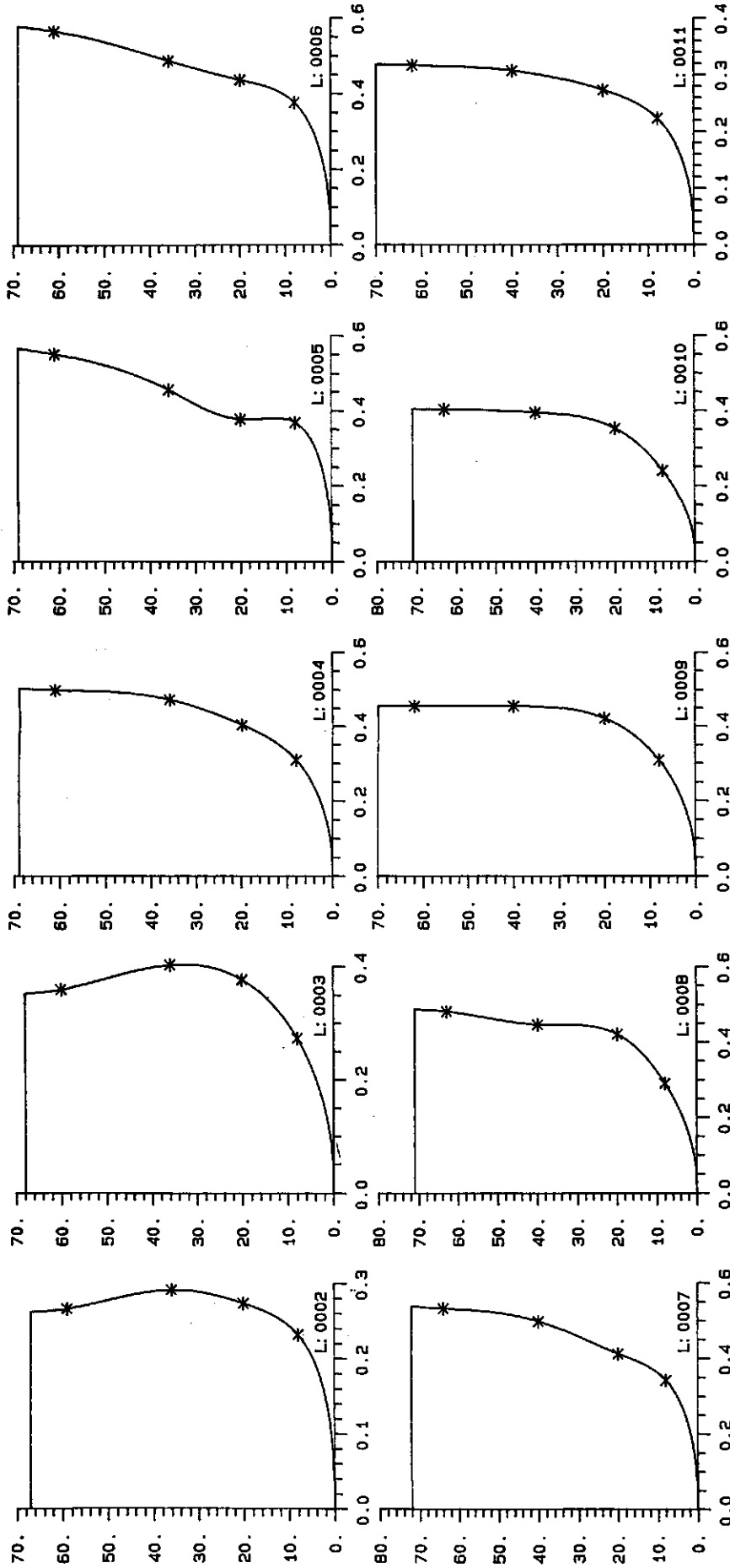
Stauinhaltsganglinien
der Hennetalsperre

Bijlage IIIa

Pegelort: Langscheid Messtellen-Nr.: 396190
 Gewässer: Sorpe Lfd.-Nr.: 253/89
 Nr. der Messung am Pegel: 290 Datum der Messung: 9. 6. 1989
 Flügelkennziffer: 9570
 Pegel [cm]: 71. Abfluß [m³/s]: 2.025



Bijlage IIIb



Ort : Langscheid
 Gew. : Sorpe
 Datum: 9. 6. 89
 Stat.-Nr.: 396190
 Mess.-Nr.: 290
 Lfd.-Nr.: 253/89
 Wasserst.: 71.
 Abfluß : 2.025

Braunkohlenabbau und Auswirkungen auf den Wasser- und Naturhaushalt

Im Gebiet zwischen Köln, Aachen und Mönchengladbach wird seit 30 Jahren in Großtagebauen Braunkohle abgebaut und anschließend verstromt. Die dafür erforderliche Entwässerung der Tagebaubereiche hat umfangreiche Auswirkungen auf den Wasserhaushalt dieser Region. Grundwassermengen von mehr als 1 Mrd. m³ pro Jahr müssen gehoben und abgeleitet werden. Feuchtgebiete, Gewässer und Wasserwerke werden dadurch betroffen. Bevor neue Abbaugelände erschlossen werden können, müssen umfangreiche Betrachtungen zu den möglichen Auswirkungen angestellt und die unterschiedlichen Interessen abgewogen werden.

Energiewirtschaft

Braunkohle wird heute in mehr als 25 Ländern der Erde gewonnen. Die Gesamtvorräte betragen etwa 4.700 Mrd. t, davon verfügt Europa über rund 150 Mrd. t. Von den in der Bundesrepublik Deutschland anstehenden 60 Mrd. t Braunkohle befinden sich 55 Mrd. t im Rheinischen Braunkohlenrevier zwischen Bonn, Aachen und Mönchengladbach (Abb. 1). Aufgrund der heutigen Energiekosten kann davon mehr als die Hälfte gewinnbringend gefördert werden. Dabei ist ein Abbau bis zu einer Tiefe von 600 m durchführbar. Die mögliche Förderung wird allerdings durch konkurrierende Nutzungen des Raumes mehr oder weniger stark begrenzt.

Mit der im Rheinischen Braunkohlenrevier geförderten Kohle wurden im Jahre 1985 etwa 14 % des Primärenergiebedarfs der Bundesrepublik Deutschland gedeckt. Mit einer Braunkohlenförderung von bis zu 120 Mio. t/a ist die Bundesrepublik Deutschland hinter der DDR und der UDSSR der drittgrößte Braunkohlenförderer der Welt. Von der geförderten Braunkohle werden mehr als 80 % in den benachbarten Braunkohlenkraftwerken verstromt. Dadurch erreicht die Braunkohle einen Anteil von 53 % an der Stromerzeugung in NRW und immerhin noch 26 % in der gesamten Bundesrepublik Deutschland. Die verbleibenden Mengen werden in Form von Briketts und zu-

nehmend als Braunkohlenstaub für die Energiegewinnung genutzt.

Geohydrologische Grundlagen

Das Braunkohlengelände umfaßt die südliche niederrheinische Bucht, die eine seit 70 Mio. Jahren aktive Senkungszone darstellt. Im Laufe der Zeit haben sich hier Lockergesteine unterschiedlichster Art angesammelt, die teilweise bei Vorstößen der Nordsee abgelagert wurden, teilweise aber auch festländischen Ursprungs sind. Dadurch ist die für die Niederrheinische Bucht charakteristische Schichtung von Kies, Sand, Schluff, Ton und Braunkohle entstanden. Deren Mächtigkeit beträgt im Tiefsten der Bucht mehr als 1000 m. Im südlichen Teil ist eine starke Gliederung in einzelne Horizonte von Kies, Sand, Schluff usw. zu erkennen, während der nördliche Teil, aufgrund des marinen Einflusses, aus Feinsanden mit schluffig-tonigen Anteilen ohne größere Untergliederungen aufgebaut ist.

Die Braunkohlenflöze sind aus ehemals subtropischen Torfmooren nahe dem jeweiligen Küstensaum entstanden. An der Erdoberfläche bilden Flugsande, Löß und Auenlehme die obersten Schichten.

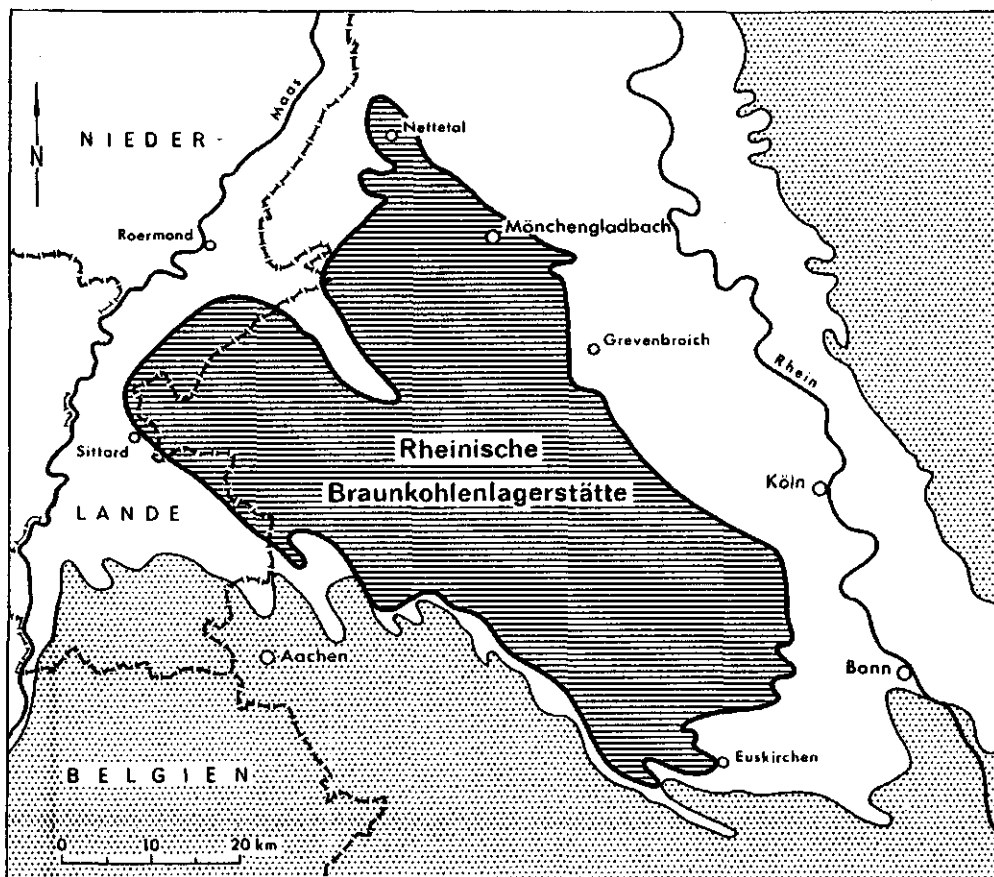


Abb. 1:
Rheinische Braunkohlenlagerstätte

Durch ungleich verlaufene Senkungen entstanden in dem heutigen Braunkohlenabbaugebiet Sprünge und Störungen, die nach Ablagerung der Lockergesteine die Ausbildung mehrerer Schollen bewirkt haben. Schichten gleichen Alters und gleicher Zusammensetzung können jetzt um mehrere 100 m gegeneinander versetzt sein.

In der südlichen Niederrheinischen Bucht entstanden auf diese Weise

- die Rurscholle
- die Ertscholle
- die Ville

- die Kölner Scholle
 - die Venloer Scholle
 - die Krefelder Scholle
- (Abb. 2).

Innerhalb der einzelnen Schollen lassen sich bis zu 6 Hauptgrundwasserstockwerke voneinander unterscheiden, die durch den mehrfachen Wechsel gering wasserdurchlässiger (Ton, Schluff, Braunkohle) und gut durchlässiger (Sand, Kies) Schichten innerhalb der Lockergesteinsablagerungen entstanden sind.

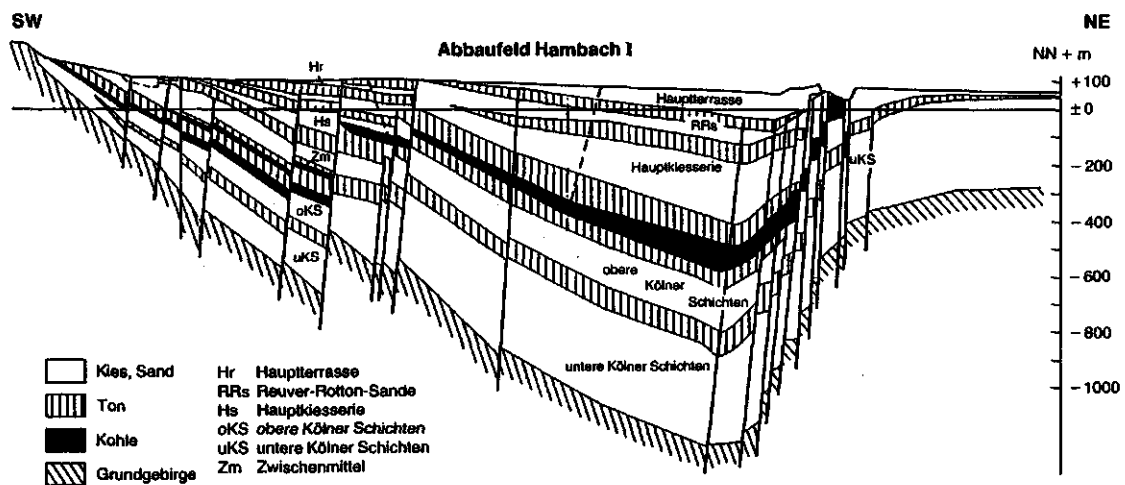
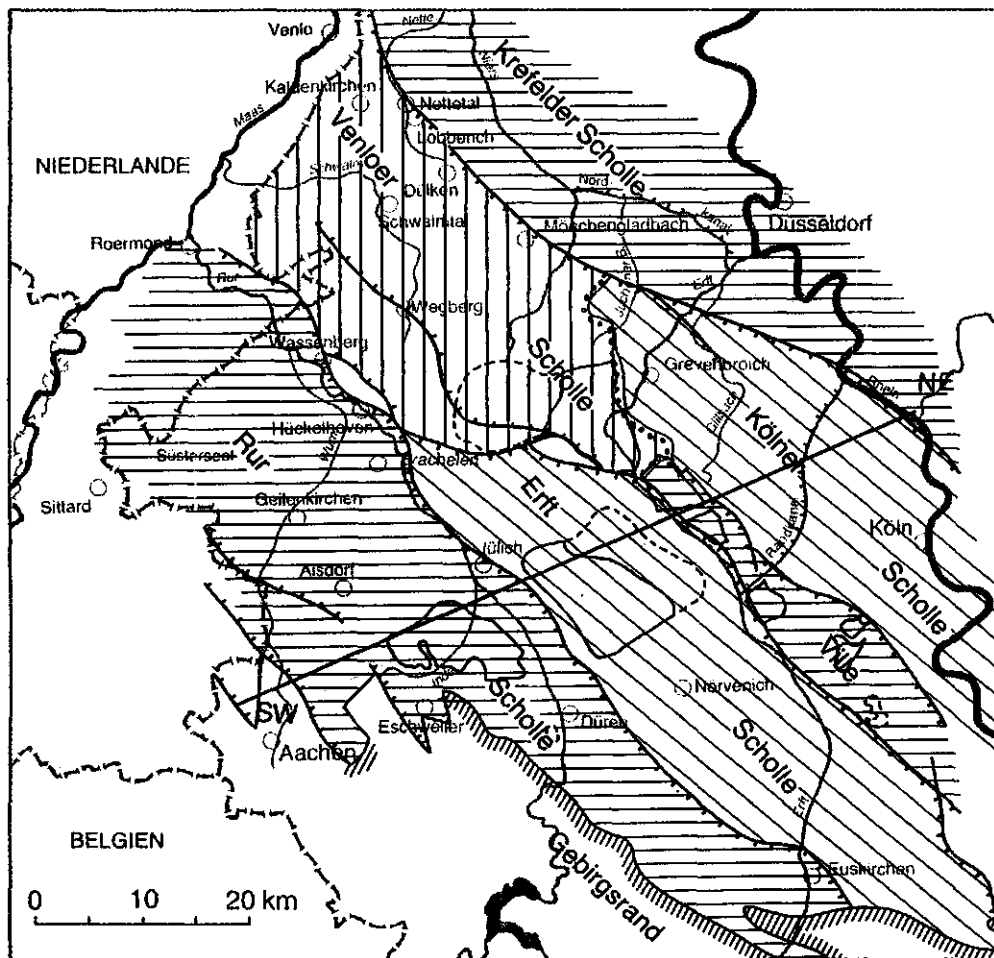


Abb. 2: Schollengliederung der südlichen Niederrheinischen Bucht

In einzelnen Bereichen können verschiedene Grundwasserstockwerke miteinander in Verbindung stehen, sich in Neben-Grundwasserstockwerke aufgliedern, oder es kann sich ein größeres, gleichartig aufgebautes Schichtpaket bilden. Letzteres ist beispielsweise in der Venloer Scholle der Fall.

Die Hauptverwerfungen, die diese Schollen gegeneinander abgrenzen, sind in weiten Teilen stark durchflußhemmend. Gemessen an den gesamten Grundwasserströmen innerhalb der einzelnen Schollen fließen deshalb nur relativ geringe Wassermengen über die Schollengrenzen. Solche – in ihrer Größenordnung bekannten – Randabströme finden aus der Rurscholle und der Venloer Scholle in die stärker entwässerte Erftscholle statt. Die weitgehende hydrologische Trennung der Hauptschollen macht es dennoch möglich, bei Berücksichtigung der Randabflüsse jeden der 3 großen Teilräume des Braunkohlenreviers – die Venloer Scholle, die Erftscholle und die Rurscholle – wasserwirtschaftlich für sich zu betrachten. Natürlich muß anschließend durch das Zusammenlegen der Teilraumbetrachtungen eine Gesamtschau der hydrogeologischen und wasserwirtschaftlichen Verhältnisse erfolgen.

Wasserwirtschaft beim Braunkohlenabbau

Braunkohle muß aus technischen Gründen im Tagebau-Trockenbetrieb gewonnen werden. Deshalb muß das Gestein über und teilweise unter der Kohle entwässert (gesümpft) werden. Dies geschieht mit Brunnen, die das anströmende Grundwasser in den verschiedenen Grundwasserstockwerken fassen und mit Tauchpumpen, die das Grundwasser zu Tage fördern. Dadurch bilden sich sogenannte Absenkungstrichter, die sich bei Anordnung mehrerer Brunnen überschneiden. Durch Einrichtung von Brunnengalerien werden so auch größere Gebiete entwässert. Weil sich die Trichter nach allen Seiten etwa gleichmäßig ausdehnen, beschränkt sich die Sümpfung nicht nur auf den Tagebaubereich, sondern erfaßt auch weite Teile des Tagebaumfeldes (Abb. 3). Dabei tritt im oberen, freien Grundwasserstockwerk eine Absenkung des Grundwasserspiegels ein, während in den tieferen Stockwerken nur im unmittelbaren Tagebaubereich eine Grundwasserabsenkung eintritt, zusätzlich jedoch eine sich weit über die Absenkung im oberen Stockwerk ausdehnende Druckentspannung einstellt. Die bei der Sümpfung anfallenden Wässer werden überwiegend über die Erft, den Kölner Randkanal und die Rur dem Rhein und der Maas zugeleitet.

Im vergangenen Jahrhundert und am Anfang dieses Jahrhunderts wurde Braunkohle in kleinen Abbaubetrieben oberflächennah abgebaut, so daß keine umfangreichen Entwässerungsmaßnahmen erforderlich waren. Mit der zunehmenden Mechanisierung des Abbaues und der damit erforderlich werdenden Vergrößerung der Abbaubereiche bildeten sich größere Unternehmen, aus denen 1959 die Rheinische Braunkohlenwerke AG (Rheinbraun) als größtes Unternehmen hervorging. Rheinbraun erschloß den Tagebau Fortuna-Garsdorf als damals größten Tieftagebau, in dem auch erstmals umfangreiche Entwässerungsmaßnahmen erforderlich wurden. Zur Lösung der dabei anfallenden wasserwirtschaftlichen Probleme wurde 1958 der Große Erftverband als sondergesetzlicher Wasserverband gegründet.

Bestehende Tagebaue

Neben dem Großtagebau Fortuna-Garsdorf stützte sich Rheinbraun in den 50er Jahren auf die Förderung aus dem Tagebau Frechen, den Villetagebauen sowie dem Tagebau Frimmersdorf im Nordrevier und dem Tagebau Zukunft im Westrevier (Abb. 4). Die Förderung wurde von 1950 bis 1970 von 60 Mio. t/a auf etwa 90 Mio. t/a gesteigert. In dem gleichen

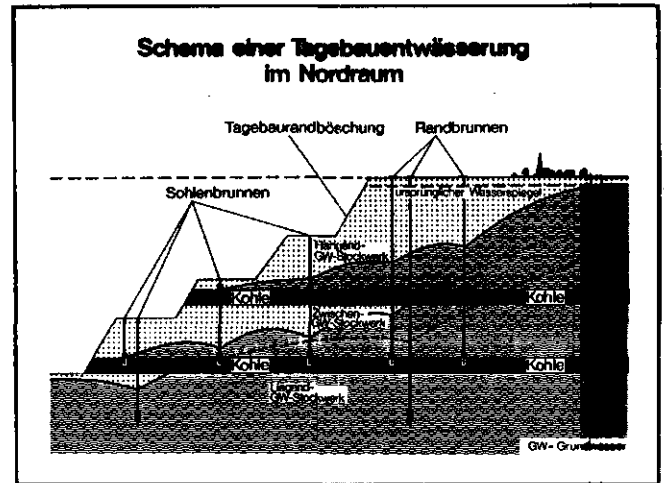


Abb. 3: Schema einer Tagebauentwässerung

Zeitraum stieg die Abraummenge von 53 Mio. m³/a (Kohle: Abraum = 1 : 1) auf 192 Mio. m³/a (Kohle: Abraum = 1 : 2,2). Noch extremer verlief die Steigerung bei der Grundwasser-sümpfung. Einer Sümpfungswassermenge von rd. 60 Mio. m³ im Jahr 1950 stand eine Menge von rd. 1300 Mio. m³ im Jahr 1970 gegenüber. Hiermit war jedoch das absolute Maximum der Sümpfung erreicht, wobei vor allem die Trockenhaltung des Tagebaues Fortuna-Garsdorf zu dieser hohen Wasserhebung beitrug und dementsprechend die Auswirkungen vor allem auf die Kölner Scholle und die Erftscholle beschränkt waren. Zur damaligen Zeit wurden besonders intensiv die Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf die Landwirtschaft und deren Ertrag untersucht.

Im Zuge der Ölkrise in den 70er Jahren wurde die 2. Generation der Großtagebaue projektiert. Nach dem Abbau der mächtigen Kohleschichten im Bereich der Ville ging man nun in den Bereich der Erftscholle, wo ebenfalls große Flözmächtigkeiten von 60 m bis zu 90 m vorhanden sind. Allerdings liegen diese Flöze in Tiefen von etwa 220 m im Westen und 480 m im Osten des Abbaubereiches. Das Verhältnis Abraum zu Kohle verschlechtert sich dadurch auf ein Verhältnis von etwa 6 : 1. In einem umfangreichen „Hambach-Gutachten“ wurden die Auswirkungen dieses Tagebaues auf die Region und den Naturhaushalt untersucht.

Der Tagebau Hambach I soll 40 % der geplanten Jahresfördermenge von 120 Mio. t Braunkohle pro Jahr erbringen. Neben dem Tagebau Hambach sollen mittelfristig 2 weitere bestehende Tagebaubereiche die Braunkohlenförderung absichern. Dies sind der Tagebau Inden I in der Rurscholle (20 %) und der Tagebau Frimmerdorf-Garzweiler in der Venloer Scholle (40 %). Die übrigen heute noch laufenden Tagebaue Zukunft-West, Fortuna-Garsdorf, Bergheim, Frechen und Ville sollen spätestens in den 90er Jahren ausgekohlt und rekultiviert werden. Aus den heute genehmigten Tagebauen können noch etwa 4,55 Mrd. t Kohle gewonnen werden. Dem steht eine gesamte Braunkohlenförderung seit 1890 von rd. 5,2 Mrd. t gegenüber.

Die Grundwasserabsenkung aufgrund der oben beschriebenen Brunnenentwässerung hat heute bereits einen großen Teil der Niederrheinischen Bucht erfaßt. Die Abbildung 5 zeigt den Absenkungsbereich im oberen Stockwerk im November 1985. Die bereits erläuterte Aufspaltung in verschiedene Schollen und die dabei zu verzeichnende abdichtende Wirkung der Schollenränder ist von großer Bedeutung für die Auswirkungen der Grundwasserabsenkung auf den Wasserhaushalt der einzelnen Teilgebiete.

Digitalisierung wasserwirtschaftlicher Daten

Grundlage für den Einsatz der automatisierten Datenverarbeitung (ADV) in der Wasserwirtschaftsverwaltung ist die Bereitstellung möglichst langer Zeitreihen von Meßdaten (z. B. Wasserstände). Für die Auswertung mit DV-Systemen müssen die an den Meßstationen anfallenden Meßwerte in eine digitale Form gebracht werden. Hierzu bedient sich die Wasserwirtschaftsverwaltung unterschiedlicher Verfahren: Digitale Meßdatenaufnahme direkt am Entstehungsort oder Digitalisierung von Analogschreibstreifen.

Beide Verfahren werden seit einer Vielzahl von Jahren in NRW eingesetzt. Messungen mit Analogschreibstreifen werden bei der Ermittlung von Wasserständen beispielsweise seit der Jahrhundertwende regelmäßig in NRW durchgeführt. Eine Digitalisierung derartiger Schreibstreifen erfolgte in der Vergangenheit mit einer relativ teuren Prozeßrechenanlage, an die bis zu drei Digitalisierbretter angeschlossen waren. Diese Prozeßrechenanlage wurde nicht mehr vom Hersteller produziert und gewartet und führte aufgrund des hohen Alters zu häufigen Ausfällen, so daß ein Ersatzbeschaffungsbedarf entstanden war.

Hardware – Entwicklung

Im März 1988 wurde im Landesamt die Prozeßrechenanlage durch eine kostengünstigere Hardware-Entwicklung abgelöst. Hierzu wurde vom Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik (LDS) eine Neuentwicklung auf der Basis von Personalcomputern erstellt. Als Zwischenglied zwischen dem relativ langsam arbeitenden Personalcomputer und den am Digitalisierbrett anfallenden Datenraten dient ein speziell programmierter Mikroprozessor mit angeschlossenen Zählimpulsbausteinen, für die von der Universität Göttingen eine passende Interfacekarte entwickelt wurde.

Dieses vom LDS eingeführte Verfahren erwies sich als sehr erfolgreich und ausfallsicher, so daß Ende 1988 auch mit dem Aufbau von Digitalisierereinrichtungen bei den Staatlichen Ämtern für Wasser- und Abfallwirtschaft für Ganglinien- und Kartendigitalisierung begonnen wurde.

Optische Digitalisierung

Neben dieser Form herkömmlicher Digitalisierung mittels Digitalisierbrettern entstanden im Landesamt bereits 1984 Vorüberlegungen zum Einsatz einer automatisierten Digitalisierung von Schreibstreifen auf der Basis einer optischen Kamera. Vom LDS wurde hierzu 1986 die technische Durchführbarkeit ermittelt. Die Technische Hochschule Aachen wurde 1987 mit ersten Studien beauftragt. Das ODIAN genannte Verfahren (Optische Digitalisierung von Analogschreibstreifen) versprach eine wesentliche Arbeitserleichterung gegenüber der herkömmlichen Digitalisierung. Als Endergebnis der Studien wurde ein vollständig neuartig konzipierter Digitalisierplatz von der TH Aachen an das Landesamt übergeben, der im Dezember 1988 erstmals den Betrieb aufnahm.

Digitale CCD-Kamera

Kernpunkt des Systems ist eine digitale CCD-Kamera die den Analogschreibstreifen als Gesamtbild aufnimmt. Eine Fadenkreuzlupe wie bei der herkömmlichen Digitalisierung wurde durch eine elektronische Maus und einen zugehörigen Monitor ersetzt. Sämtliche noch durchzuführenden Digitalisiertätigkeiten werden hier auf graphische Bildschirm-tätigkeiten zurückgeführt. Zur Verarbeitung wird ein 68020-Prozessor mit OS-9-Betriebssystem eingesetzt. Die Verarbeitungsroutinen versuchen nach Eingabe von Passpunkten und Start-/Stopmasken die zu digitalisierende Kurve vollautomatisch zu finden, so daß weitere graphische Interaktionen durch den Bearbeiter nur bei Fehlerkennung erforderlich sind. Zur Verwaltung der anfallenden Datenstapel dient wiederum – wie schon bei der herkömmlichen Digitalisierung – der Personalcomputer mit der vom LDS erstellten Benutzeroberfläche.

Schnelle Abwicklung

Neben verbesserten ergonomischen Eigenschaften des Gerätes verspricht sich das Landesamt vor allem eine genauere und schnellere Abwicklung gegenüber der manuellen Digitalisierung.

HYDROLOGISCHES ZENTRUM Mönchengladbach-Rheindahlen

Lysimeterstation – Wetterstation – Sickerwassermessanlage – Tagungsraum



Modellbau: Hartmann

Blick in den Untergrund von Mönchengladbach bis zum Braunkohlentagebau

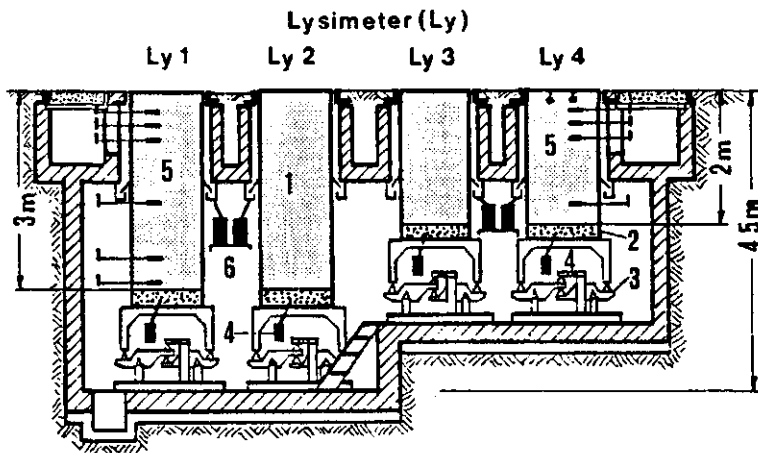
Das Großmodell zeigt einen Schnitt durch den Untergrund im Süden der Stadt Mönchengladbach. Maßstabsgetreu nachgebaut ist der geologische Schichtaufbau bis in eine Tiefe von ca. 200 m. Dazu vermitteln "Fließbilder" einen plastischen Eindruck über die Entwicklung der Grundwasseroberfläche in diesem Raum.

Schichtenprofil Rheindahlen Bohrung Nr. 3/34

Ausbildung	Tiefe (m)	Schichtenfolge	Kurzzeichen	Alter (ca. Mio. a)
	0 - 7,5	Lösslehm	LL	1,0 2,4 5,0
	7,5 - 40,0	Hauptterrasse	HT	
	40,0 - 45,0	Reuverton	Rv	
	45,0 - 72,0	Hauptkiesserie	P	
	72,0 - 210,0	Miozäne Meeressande	MM	14,0
	210,0 - 220,0	Flöz Frimmersdorf	Fr	18,0
	220,0 - 248,0	Zwischenmittel	Z	
	248,0 - 278,0	Flöz Morken	Mo	
	ab 278,0	Meeressande	MM/OM	

Erdgeschichtliche Entwicklung in der Erdneuzeit

Die Auswertung von Bohrungen gibt Einblick in die erdgeschichtlichen Vorgänge. Seit der Entstehung der Braunkohle vor 12 bis 15 Mio. Jahren lagerten Meer, Seen und Flüsse eine mehrere hundert Meter mächtige Schichtfolge aus Sanden, Kiesen, Ton und Lehm ab.



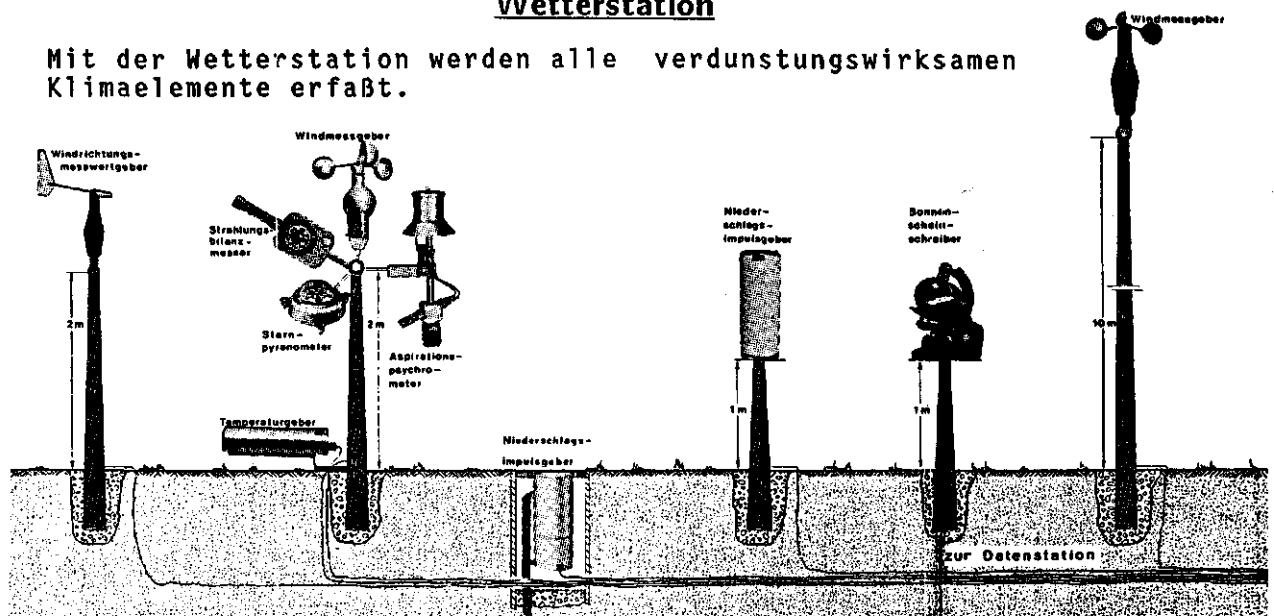
Lysimeterstation

- 1 Lysimeterbehälter
- 2 Filterwanne
- 3 Wiegegebälk
- 4 Sickerwassermessung
- 5 Tensiometer
- 6 Rinnenmesser

Die Lysimeterstation dient zur direkten kontinuierlichen Messung von Niederschlag, Verdunstung, Durchsickerung und Oberflächenabfluß.

Wetterstation

Mit der Wetterstation werden alle verdunstungswirksamen Klimaelemente erfaßt.



Mit der Hydrologischen Station wird seit April 1982 der Bodenwasserhaushalt eines für den Raum Mönchengladbach typischen Lößstandortes gemessen. Zusätzlich werden mathematische Modelle zur Berechnung der Wasserbilanz für den Großraum Mönchengladbach erstellt.

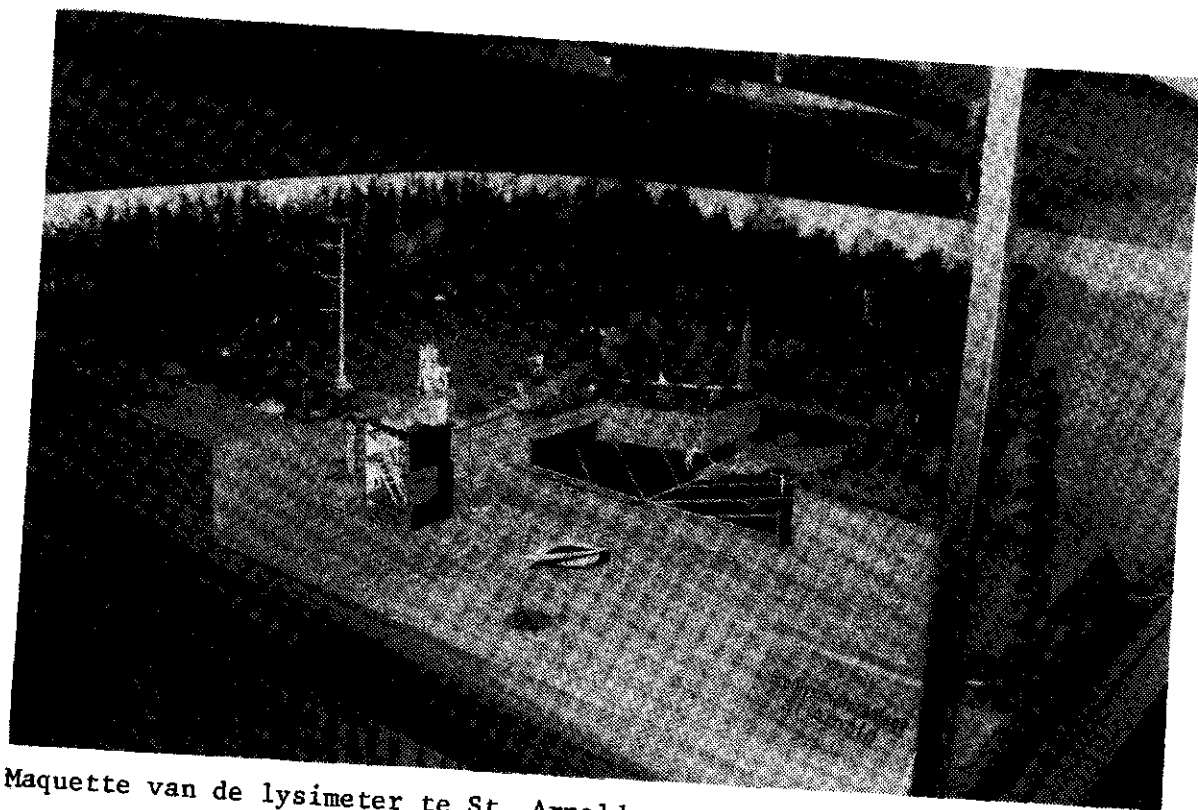
Die Station wurde gebaut von den Stadtwerken Mönchengladbach mit finanzieller Beteiligung der Rheinischen Braunkohlewerke AG Köln, der Stadt Mönchengladbach, der Wasserwerke des Kreises Viersen, des Niersverbandes und des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Nordrhein-Westfalen.

Weitere Informationen:

STADTWERKE MÖNCHENGLADBACH GMBH
 Teilbereich Wassergewinnung * Tel.: (02161) 277 452

Öffnungszeiten nach Vereinbarung.

Fotopagina 1.

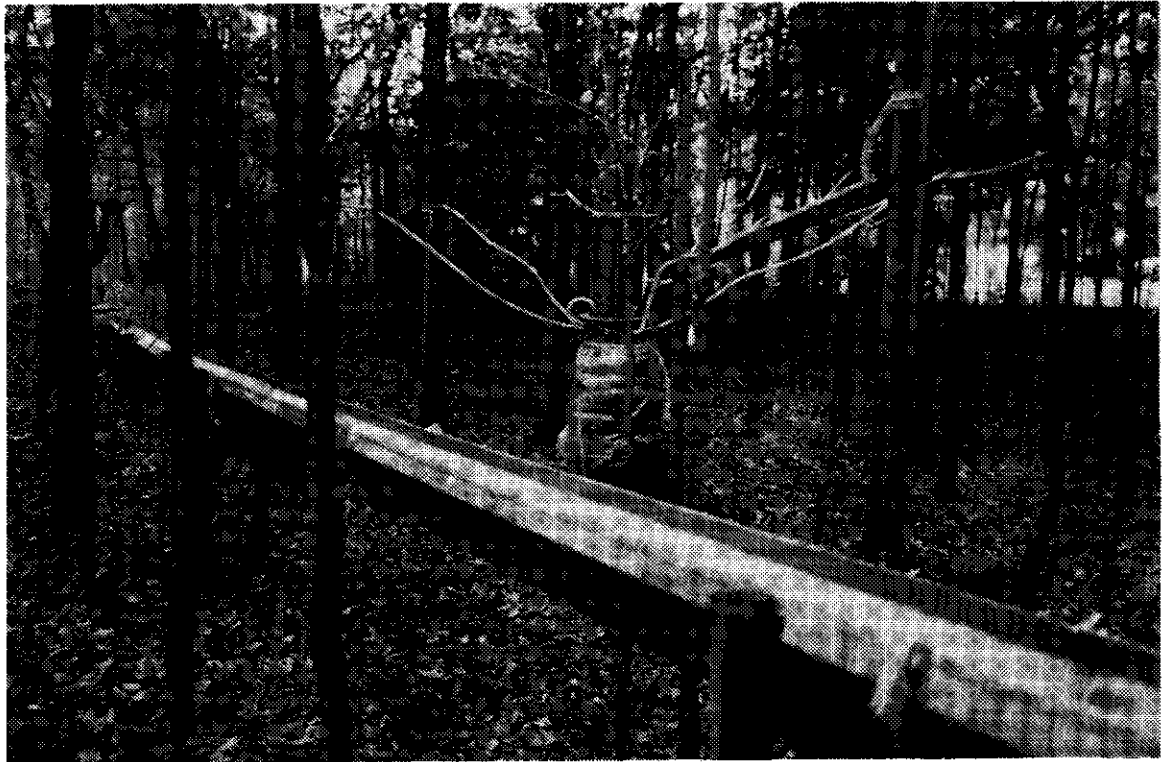


Maquette van de lysimeter te St. Arnold



Dr. M. Schroeder geeft uitleg bij de meting van de stamwaterafvoer

Fotopagina 2.

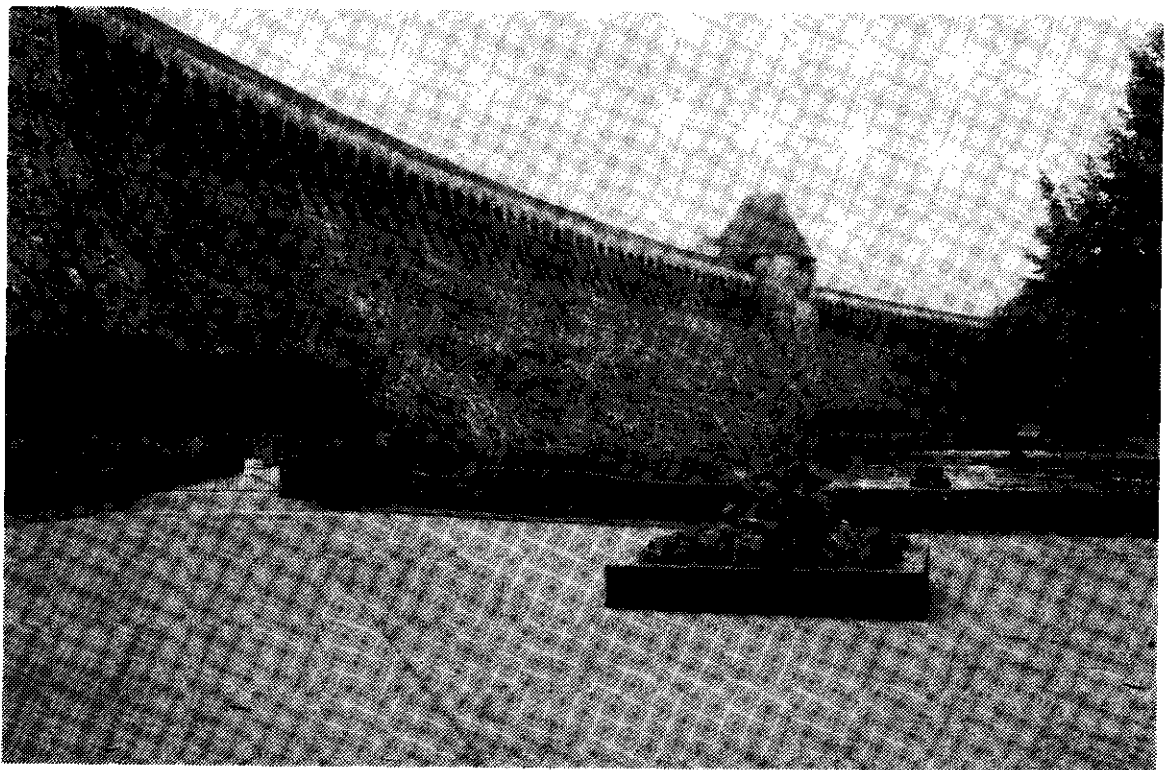


Meetgoot voor het meten van de neerslag die de bodem bereikt



Meetopstelling voor het drainagewater

Fotopagina 3.

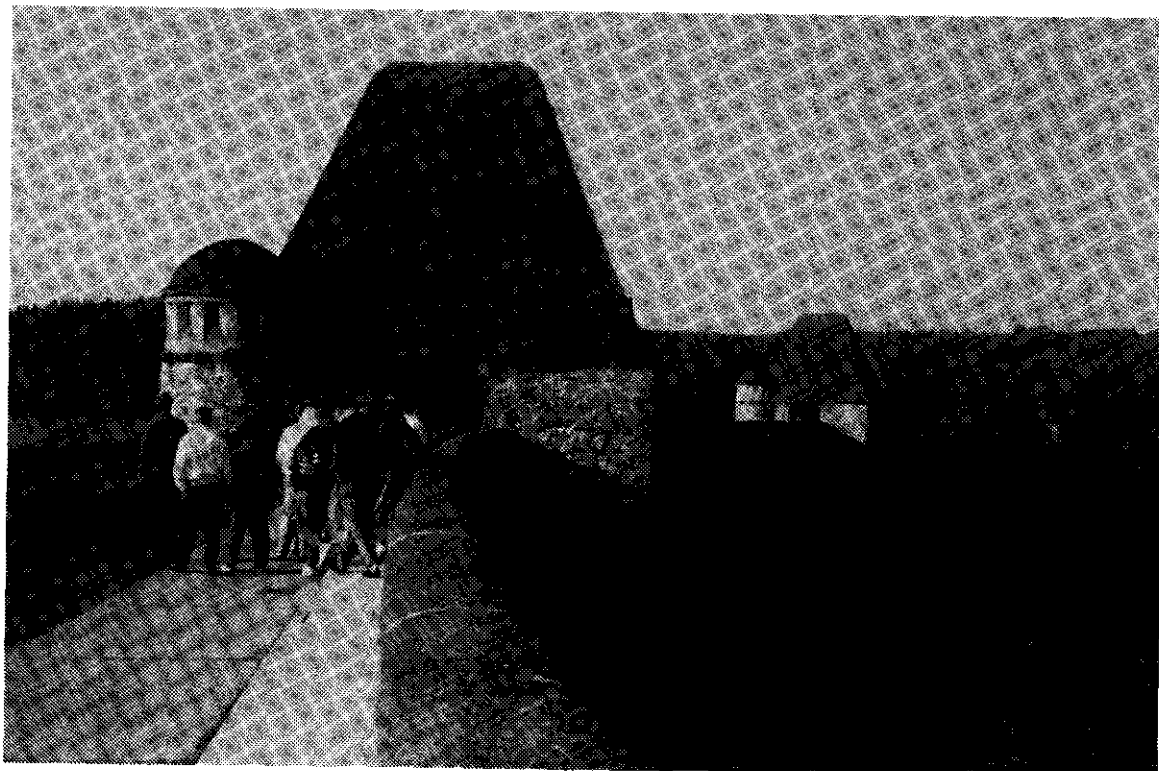


Moehnetalsperre

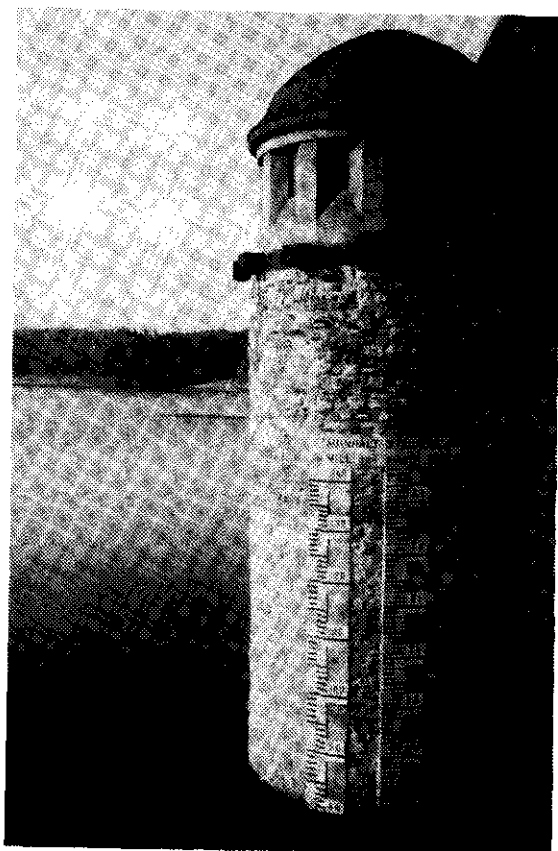


Uitleg door dr. G. Morgenschweiss

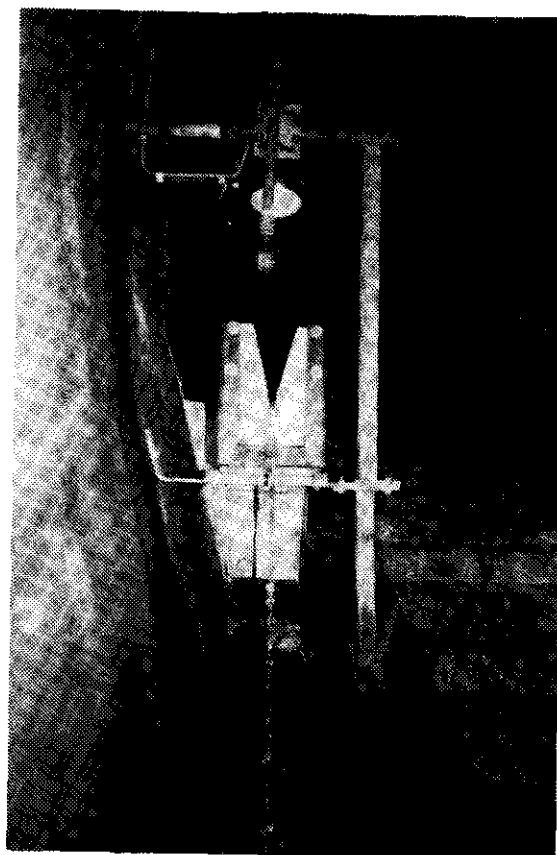
Fotopagina 4.



Moehnetalsperre



Waterhoogte en inhoud van het stuwmeer

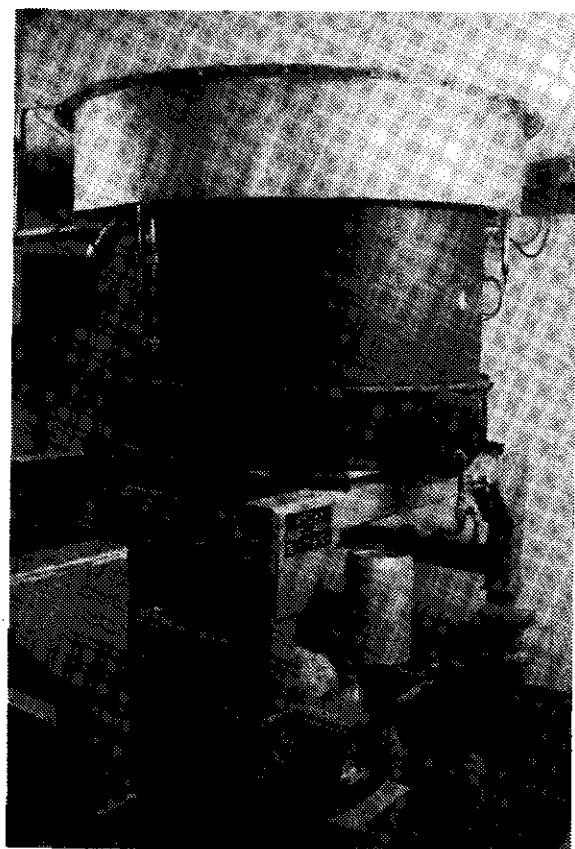


Meetschotje voor het meten van het lekwater in de controlegang

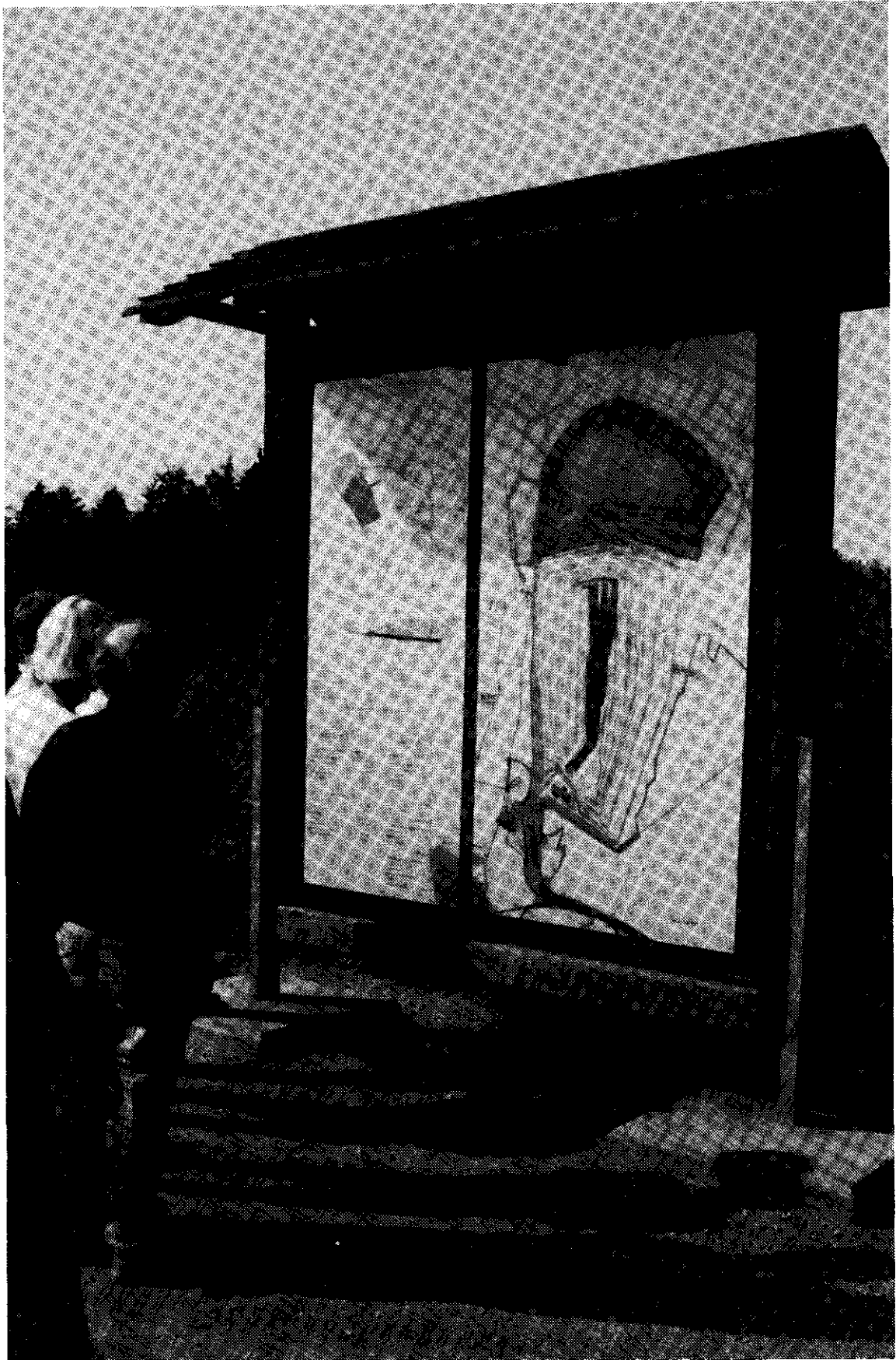
Fotopagina 5.



Hydrologisch station Rheindahlen - uitleg door dhr. Sylla bij de lysimeters



Ondergrondse gedeelte van de lysimeters met meet- en weeginrichting



Informatiebord over de bruinkoolwinning bij één van de bezichtigingspunten