

Voorwoord

De lysimeters van het Provinciaal Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN) in de duinen van Castricum hebben in de vorige eeuw grote bekendheid genoten, niet alleen omdat het zo'n omvangrijk onderzoek was met grote 'bakken', maar de wetenschappelijke vraagstelling van de invloed van de begroeiing op de aanvulling van het onderliggende grondwater stond toen en ook nu nog in het centrum van de hydrologische belangstelling. Veel is er in het experiment van Castricum geïnvesteerd, vooral in apparatuur en mankracht. Vooral in de periode 1941 tot 1972 was niets teveel om zoveel als mogelijk te meten wat later van toepassing kon komen. En vergeet niet dat dit werd gedaan in een periode zonder zakrekenmachine of computer. Door plichtsgetrouwe PWN waarnemers zijn van een bijzonder experiment van ongeëvenaarde omvang ontelbare metingen verricht en opgeschreven.

In de loop van de jaren zeventig van de vorige eeuw kreeg de Universiteit van Groningen belangstelling voor de gegevens van Castricum om de kennis van de waterhuishouding van bossen verder uit te bouwen. Een kleine commissie werd ingesteld om de mogelijkheden van digitaliseren van de enorme hoeveelheid handgeschreven gegevens te onderzoeken. Het werd al spoedig duidelijk dat het een klus zou worden die de beschikbare middelen ver te boven ging. Immers het ging niet alleen om het digitaliseren van handgeschreven gegevens, maar ook om een heel traject van dataprocessing dat tevens kwaliteitscontrole en datareductie inhield. Deze bewerkingen met in begrip van gewenste correcties van meetwaarden of aanvulling van ontbrekende metingen is een noodzakelijke gang om reeksen van hoge kwaliteit voor onderzoek geschikt te maken. Hierbij dienen reeksen ook voortdurend te worden vergeleken met die van naburige stations. Bovendien dient dit werk te worden uitgevoerd door getrainde mensen waarbij fysische kennis van onderliggende processen niet mag ontbreken.

De waarnemers hadden ten tijde van de meetperiode ongecontroleerde maand en jaarsommen bepaald van neerslag en lysimeterafvoeren zodat men zich over de jaren heen een goed beeld kon vormen van de grootte van jaarlijkse verliezen aan interceptie en verdamping. Dit was lange tijd het enige resultaat, voor PWN voorlopig voldoende, van dit groots opgezette experiment. De dagelijkse metingen en van sommige variabelen termijn metingen bleven onbereikbaar voor onderzoek met moderne rekenmachines, terwijl het vast stond dat deze reeksen een schat aan informatie van het gedrag van de waargenomen processen herbergt. Het is van grote waarde voor het wetenschappelijk en toegepast onderzoek in de hydrologie dat Piet van der Hoeven na zijn pensionering in de jaren negentig de archieven van Castricum ter hand heeft genomen. Het getuigt van groot doorzettingsvermogen dat hij in een periode van meer dan vijftien jaar onverschrokken doorwerkend niet alleen mooie schone reeksen voor computerverwerking heeft beschreven en beschikbaar gemaakt, maar er zelf ook kennis aan heeft ontfutseld dat hij in een aantal rapporten heeft neergelegd. Dat hij dit werk zeer serieus opnam blijkt wel uit de kwartaalverslagen aan PWN, waarin hij melding maakte van gedane en voorgenomen werkzaamheden.

Het werk van Piet van der Hoeven is een grote prestatie dat hij tot op zijn hoge leeftijd met toewijding en veel enthousiasme heeft uitgevoerd. Met recht kan

worden gezegd dat hij het lysimeterproject heeft gereed en de metingen nog voor verschillende doeleinden, zoals modeltoetsing, kunnen worden gebruikt. In het jaar 2000 zijn de metingen beëindigd en de lysimeters in onbruik geraakt. Thans, in het jaar 2010, worden initiatieven ondernomen om het lysimeterstation te reanimeren. Op een speciaal belegde bijeenkomst in april 2010 te Castricum heeft van der Hoeven de consequenties van een mogelijke herstart gepresenteerd. Na afloop werd Piet van der Hoeven door Harry Rolf van PWN uitvoerig bedankt voor zijn jarenlange werk aan de lysimeter metingen. De meetreeksen en de rapporten welke door van der Piet van der Hoeven zijn samengesteld zijn beschikbaar op de website <http://www.climatexchange.nl/projects/verdamping.htm> onder "Lysimeters Castricum".

Wij hopen dat de gegevens en rapporten zoals die door Piet van der Hoeven zijn samengesteld veelvuldig gebruikt gaan worden in het onderzoek.

Piet Warmerdam, Eddy Moors en Jan Elbers
Wageningen, 2011

Lysimeteranlage Castricum

ZUSAMMENFASSUNG UND DATENREIHEN

PWN-KNMI 1941 – 1997

Kurze Beschreibung der Lysimeteranlage, die Entwicklung der Vegetation auf und rund um die Lysimeter, einige Versuchsergebnisse und Beschreibung der wichtigsten Datenreihen die diese Untersuchungen ergeben haben.

Ich danke sehr herzlich meinem früheren Kollegen vom KNMI Kees van Scherpenzeel und seiner Gattin Margret Ederle für die Korrektur meines deutschen Textes.

P.C.T. van der Hoeven

INHALT:	Seite
1. Einführung	2
2. Entwicklung der Bodenvegetation auf den Lysimetern	5
3. Aufbau der Datenreihen	8
4. CJAARGEG.TXL: Jahressummen 1941 – 1997	12
5. CREGENMV.TXL: Regenmesservergleich	18
6. CDOORVAL.TXL: Kronendurchlassmessungen	22
7. CMETLYSM.TXL: METEO und Dränage	26
8. CEXERCIT.TXL: Datenreihe für Schüler	40
9. Bodentemperaturen	42
10. Literaturverzeichnis	52

1. Einführung

Das Provinziale Wasserwerk Nordholland (PWN) verwaltet westlich von Amsterdam große Dünenflächen zur Trinkwassergewinnung. Als PWN dezidierte Bedingungen für die Betriebsführung vergab, wurde ab 1. Januar 1934 die gesamte Verantwortung für die Instandhaltung und Pflege dieser Naturgebiete an PWN übertragen. Deshalb war es für PWN wichtig, praktische Erfahrungen über die Folgen der Verwaltungsmaßnahmen wie u.a. den Einfluss der Vegetation auf das Sickerwasser im Erdboden zu erwerben. Direktor J. van Oldenborgh publizierte darum 1936 sein: "Vornehmen zur Gründung einer Lysimeterstation". Dieser bestimmte visionäre Vorschlag löste so viel Begeisterung aus, dass das Projekt sehr großzügig angefasst werden konnte.

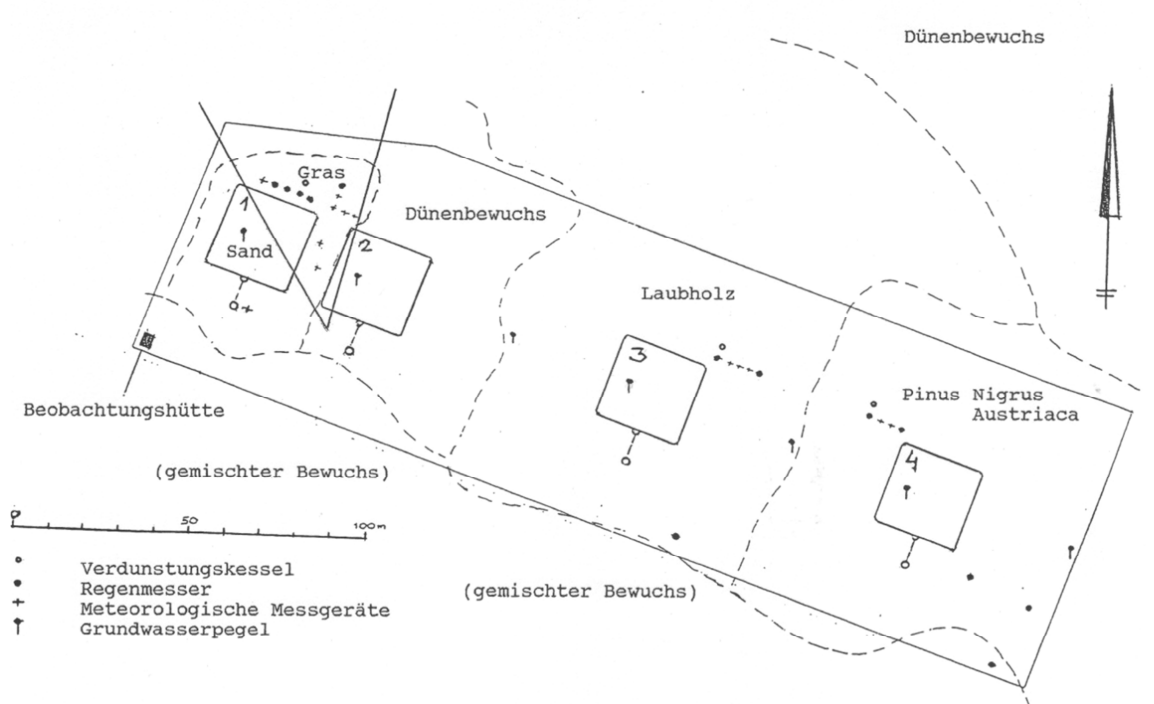


Abb. 1. Die Lysimeteranlage

In den Jahren 1938 – 1940 wurden im Rahmen eines Arbeitsbeschaffungsprojekts in der Nähe Castricums vier Behälter aus Beton gebaut, jeder mit den Abmessungen 25x25 m und 2,50 m Tiefe. Die vier Behälter wurden mit dem Sand aus der Baugrube gefüllt. Sie entwässern alle vier in einen eigenen Messkeller. Behälter-1 wurde nur mit Sand bedeckt. Auf Behälter-2 und seiner Umgebung wurde Dünenrasen angelegt. Behälter-3 wurde im Umkreis von 30 m mit Eicheln und einem geringen Zusatz von Erlen und Birken eingesät. Auf Behälter-4 und im Umkreis von 30 m wurden Sämlinge der Schwarzkiefer (*Pinus Nigra Austriaca*) gepflanzt.

Ringsum Lysimeter-1 wurde eine Grasfläche zur Durchführung meteorologischer Messungen angelegt. Zwischen der sich entwickelnden Bepflanzung neben Lysimeter-3 und -4 wurden noch weitere Messgeräte aufgestellt. Das KNMI übernahm die Auswertung und die Bearbeitung der Beobachtungen. Das PWN stellte drei Beobachter ein, die für die Durchführung aller Messungen und die Pflegemaßnahmen an der Lysimeteranlage verantwortlich waren. Die Installation galt während einiger Zeit als die weltweit größte Anlage dieser Art. Die wichtigsten Messungen bildeten die täglichen Niederschlagsmessungen in den vier Lysimetern und die dazu gehörigen täglichen Abflussmessungen. Messungen der Niederschlagsmenge wurden vom 1. Juni 1941 bis 31. Dezember 1971 mit einem Bodenregenschirm ausgeführt. Am 1. Januar 1972 wurden alle meteorologischen Messungen beendet. Beim Eingang der PWN Hauptpumpstation, 100 m nordwestlich des Bodenregenschirms, wurde ein 2 dm² Regenschirm aufgestellt, mit dem bis zum Jahr 1972 tägliche Messungen ausgeführt wurden. Anfang Januar 1972 wurden die täglichen Abflussmessungen automatisiert und mit wöchentlichen Messungen bis 1997 fortgesetzt. Dies ergab eine homogene Datenreihe von Jahressummen der Niederschläge und Verdunstung (Niederschlag minus Abfluss) über die Zeitspanne 1941 – 1997.

Da eine korrekte Niederschlagsmessung hier essentiell war, wurde im Projekt von 1941 – 1957 ein umfangreicher Regenschirmvergleich durchgeführt. Die Auffangfläche betrug bei allen Regenschirmen 4 dm². Die damals übliche Stelhöhe war 1,50 m. Als Vergleichsinstrument diente der Bodenregenschirm, der während seiner ganzen Betriebszeit als Standard "für alles" funktionierte. Daneben wurden Regenschirm mit Auffanghöhen 0,40 m und 1,50 m aufgestellt, mit und ohne den Nipherschen Trichter, (s. Abb. 9, S. 18).

Zur Beantwortung von Fragen betreffend der Interzeption wurde gut zwanzig Jahre lang, von Juni 1941 bis Januar 1962, in Baumbeständen der Kronendurchlass gemessen. Sowohl im Laubwald als auch im Kieferbestand wurden je vier Regenschirm aufgestellt. Zwischen den sich im Wachstum befindenden Sämlingen neben Lysimeter-3 und -4 wurden ebenfalls je zwei Regenschirm aufgestellt. Unter ausgewachsenen Laubbäumen und ausgewachsenen Kiefern wurden auch Regenschirm aufgestellt, zwei unter dichten Baumkronen und zwei in einer Lichtung zwischen den Bäumen. Da es in den ersten zehn Jahren an der Lysimeterstelle noch keine ausgewachsenen Bäume gab, war dieser Teil der Forschung bei der PWN-Baumschule im naheliegende Bakkum untergebracht worden.



Abb. 2. Die meteorologische Hauptstation

Auf dem Versuchsfeld um Lysimeter-1 wurde eine meteorologische Hauptstation errichtet. Hier wurden Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit auf 9 m und 2 m Höhe, Sonnenscheindauer und Niederschlag registriert. Die Station war vom 1. Juni 1941 bis 1. Januar 1971 in Betrieb. Diese Beobachtungen von hoher Qualität ermöglichten, zusammen mit Niederschlagsmessungen und Abflussmessungen der Lysimeter, die Überprüfung von Verdunstungsformeln und Wasserbilanzmodellen. Abbildung 2 zeigt die Station am 12. September 1962. Bei Abbildung 1 ist die Blickrichtung eingezeichnet. Der an der linken Seite über den Bäumen hinausragende Schornstein steht auf der Pumpstation, neben der die Niederschlagsmessungen nach 1971 fortgesetzt wurden.

2. Entwicklung der Bodenvegetation auf den Lysimetern

Der Teil der Niederschläge der in die Messkeller abfließt, schwankte bei Lysimeter-1 dreißig Jahre lang um die 75%. Bei den anderen drei Lysimetern nimmt dieser Prozentsatz mit den Jahren deutlich ab. Dies erklärt sich aus der Entwicklung des Bewuchses dieser Lysimeter. In ihren Jahresübersichten hat PWN Ergebnisse darüber publiziert. Hiege (1987) sammelte diese Eintragungen in Anlage-25 seines Berichtes. Die Anlage-25 ist fast die einzige Dokumentation darüber.

Von Lysimeter-2 ist nur ein Saatplan erhalten, den Hiege als Anlage-27 zugefügt hat. Auch über die Pflegemaßnahmen ist keine Dokumentation zu finden. Die Wasserbilanz von Lysimeter-2 (Abbildung 6) zeigt jedoch, dass die Verdunstung dieser Lysimeter sich bis 1971 sehr gleichmäßig verhielt. Danach erwies sich aus der Darstellung der Verdunstung, dass die Vegetation der Lysimeter verwilderte.

Aus Hieges Anlage-25 konnten die Abbildungen 3 und 4 mit durchschnittlichen Baumhöhen dargestellt werden. Es fällt auf, dass die Vegetation sich während der Anfangsjahre nur sehr langsam entwickelte. Die Ursache dafür waren die häufigen Nachtfröste die den Zuwachs jedesmal wieder schwer schädigten. Man musste bestimmt sehr viel Geduld aufbringen. Erst im Jahr 1948 wurde die Anpflanzung wuchsfreudig. Die Bepflanzung der Lysimeter erstreckte sich bis 30 m außerhalb der Lysimeter (Abbildung 1). Da bei der Anlage der Lysimeter alle Humusschichten entfernt wurden, war der Zuwachs auf den Lysimetern deutlich langsamer als außerhalb. In späteren Jahren betrug die Verzögerung des Wachstums ungefähr drei Jahre. In Abbildung 3 und 4 sieht man, dass neben Lysimeter-3 der Regenschirm und der Verdunstungskessel erst 1947 zwischen dem Grün verschwinden. Bei Lysimeter-4 geschah das schon 1943. Das Thermometerhüttdach (damals 2,60 m über den Boden) versteckte sich erst Mitte der fünfziger Jahre zwischen den Baumkronen.

Später erwies sich, dass die Jahressummen der Verdunstung nach einem festen Wert tendierten; selbstverständlich mit Schwankungen. Für Lysimeter-1 liegt dieser Wert bei 200 mm. Für die drei anderen finden wir 520 mm, 480 mm und 700 mm. Auffallend ist die Tatsache, dass das Endergebnis schon in den Jahren 1950 – 1951, fast genau aus den Daten abzulesen war (Abbildungen 7 und 8, Seite 16-17). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Bewuchs auf den Lysimetern (siehe Punkte in Abbildungen 3 und 4), zu dieser Zeit noch sehr gering war.

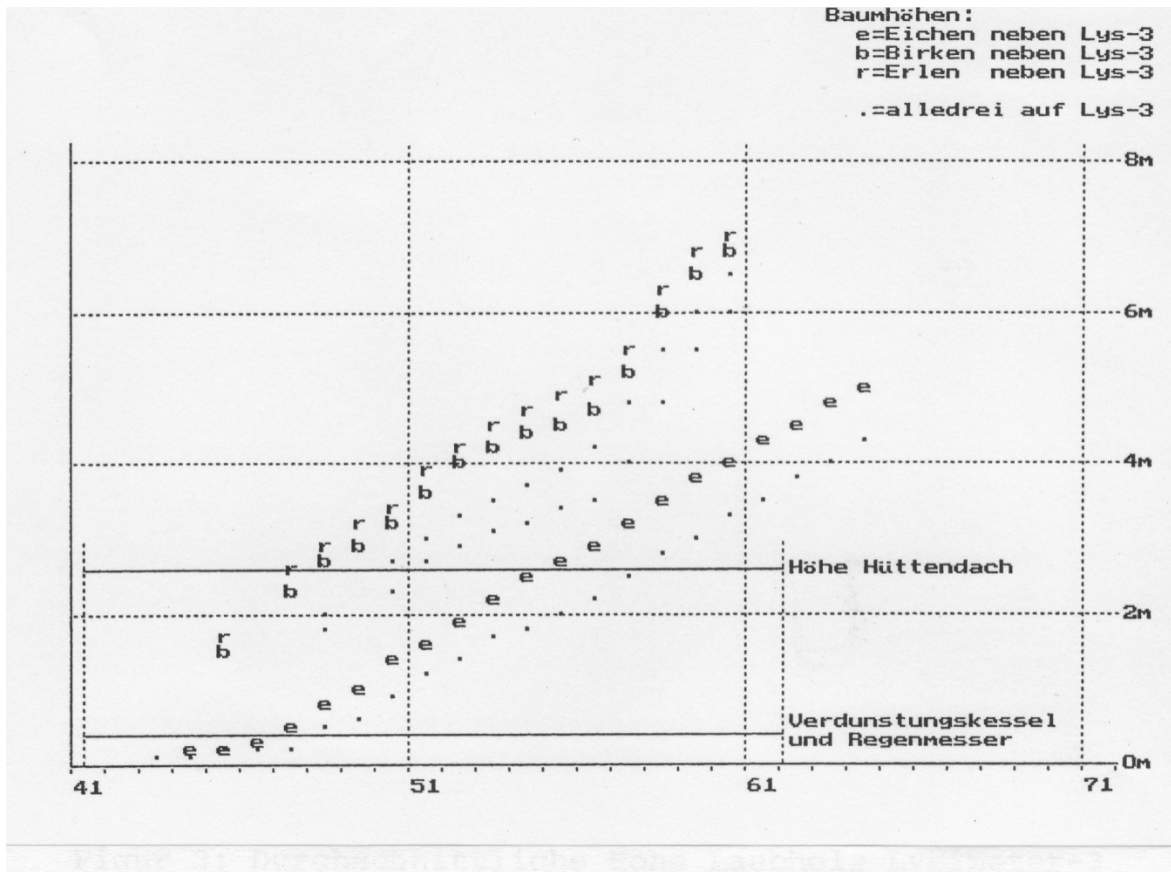


Abb. 3. Durchschnittliche Höhe Laubbäume Lysimeter-3

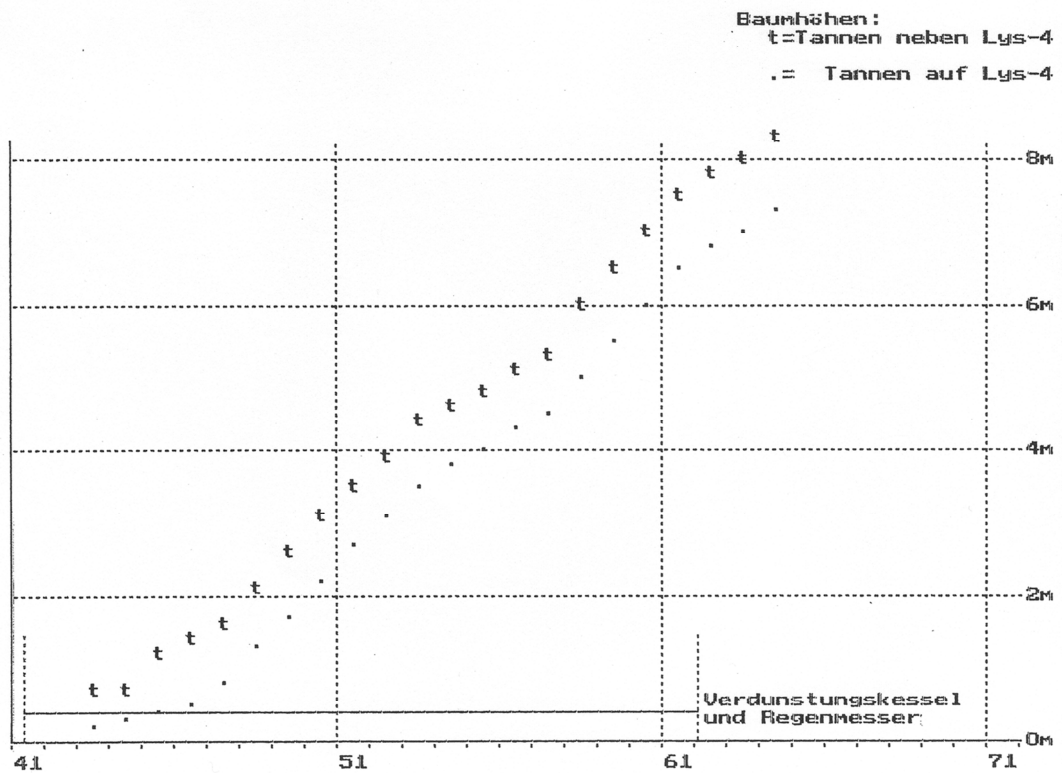


Abb. 4. Durchschnittliche Höhe Nadelbäume Lysimeter-4

Lysimeter-3 muss ausgesehen haben wie ein Getreideacker, mit wildem Bewuchs von Erlen und Birken von ca. 1,5 Meter Höhe. Die Nadelbäume auf Lysimeter-4 streckten ihre Gipfelsprossen damals nur zwei Meter in die Höhe. Im Jahr 1971 berichtete man über einen Eichenwald von sechs Meter Höhe und breiteten die Tannen ihre Kronen in einer Höhe von 10 m aus. Es bleibt sehr bemerkenswert, dass ein so großer Unterschied im Wachstum die Verdunstung so wenig beeinflusst hat.

Tabelle-1, eine Reproduktion von Anlage 30 aus Hieges Arbeit, gibt für die vier Lysimeter für jedes Jahr innerhalb 1943 – 1964, einen "Bedeckungsfaktor". Wie dieser Faktor festgestellt wurde, ist mir unbekannt, aber die Zahlen sind so völlig in Übereinstimmung mit den Daten der Verdunstung, dass ein Zusammenhang glaubhaft ist. Das Blätterdach schloss sich vermutlich in den Jahren 1950 – 1951.

jaar	Lys. I	Lys. II*	Lys. III	Lys. IV
1942		± 60%	1%	± 1%
maart 1943		± 60%	eikenzaad opgelopen	1%
mei 1943	0,5%	60%	30%	30%
1944	0,5%	60%	30%	30%
1945	0,5%	60%	30%	30%
1946	0,5%	60%	30%	40%
1947	0,5%	60%	30%	50%
1948	0,5%	60%	40%	60%
1949	0,5%	80%	60%	70%
1950	0,5%	80%	70%	80%
1951	0,5%	80%	75%	90%
aug. 1952	0,5%	95%	85%	95%
1953	0,5%	95%	90%	95%
1954	1,0%	98%	93%	93%
1955	1,0%	98%	95%	95%
1956	1,0%	98%	95%	95%
1957	1 %	98%	95%	95%
1958	1 %	98%	95%	95%
1959	1 %	98%	95%	95%
1960	1 %	98%	95%	95%
1961	1 %	98%	90%	95%
1962	1 %	98%	90%	95%
1963	1 %	98%	90%	95%
1964	1 %	98%	90%	85%

Tabelle 1. Bedeckungsfaktor am Ende der Wachstumsperiode

Mulder, J.P.M.; A simulation of rainfall interception in a pineforest; Thesis 1983 RUG.

3. Aufbau der Datenreihen

Das ganze Einleseverfahren der Messdaten gleicht der früheren Lochkartenproduktion. Dies bedeutet hier einen sehr sparsamen Umgang mit dem Speicherplatz. Diese Einstellung scheint der heutigen Generation Schwierigkeiten zu bereiten. Für uns war es zum Beispiel ganz klar, keinen Speicherplatz mit Dezimalpunkten zu vergeuden. Datenreihen enthielten nur ganze Zahlen, die ohne Probleme auch noch aneinander anschließen durften.

Die Einführung der Scheibenspeicherung erlaubte es mit Datenreihen zu arbeiten, aufgebaut aus Datenblöcken die man auch noch beliebig lang machen durfte. Dies ermöglichte einen regelmäßigeren Aufbau der Blöcke, und erlöste uns von den sogenannten "Obenlöchern". In den Lochkartenpositionen war neben den Zahlen 0...9 auch noch Platz für eine 11 und eine 12 reserviert. Mit diesen Obenlöchern wurden Minuszeichen oder Eigentümlichkeiten wie z.B. das Gefrieren des feuchten Thermometers angegeben, oder Statuszeichen wie z.B. die Markierung geschätzter Daten. Anstatt der Obenlöcher wurden nun Qualitätszahlen verwendet, die allen Daten zugefügt wurden. Elementarkenntnisse einer Programmiersprache erlaubten es um nach Herzenslust mit diesen Daten zu jonglieren.

Eine nächste wesentliche Entwicklung war der Einsatz von Rechentabellen, die nun so umfassend sind, dass alle Einzeldaten selbst von sehr großen Beständen, darin untergebracht werden können. Der Preis scheint zu sein, dass die elementare Programmierkunst außer Gebrauch geraten ist und meine Datenreihen für unseren Nachwuchs unleserlich geworden sind. Dem ist jedoch leicht abzuhelpfen.

Gegenwärtig werden Daten nicht mehr in ganzen Zahlen, sondern in Dezimalzahlen in ihrer wirklichen Größe ausgedrückt. Dazu müssen alle Daten untereinander durch ein Spatium getrennt werden. Leere Datenfelder müssen durch ein Zeichen dargestellt werden. Dafür wähle ich den Punkt. Und schließlich stellte ich als letztes Zeichen jedes Datenblocks einen Zeilenumbruch-Befehl. Es amüsiert mich, dass dies noch ein resistentes Relikt aus der TELEX-Zeit ist. Auch diese Zeit habe ich noch mitgemacht, in ihrer Kraft und ihrem Glanz!

Unvollständige Reihen sind nur beschränkt brauchbar. Fehlen die Daten auch noch systematisch (z.B.: Im Winter oder am Anfang der Datenreihe), dann liefern direkte Bearbeitungen der Reihe nur falsche Ergebnisse. Es ist darum üblich fehlende Daten mit Schätzungen zu ergänzen. Lässt z.B. der Thermograph nach, dann können aus den dreimal täglichen Temperaturbeobachtungen in derselben Thermometerhütte, vorzügliche Schätzungen des fehlenden Tagesmittels erhalten werden. Nicht nur aus "Fairness", sondern auch um jederzeit zu wissen welche Daten geschätzt sind und wie groß ihr Anzahl ist, werden diese Schätzungen mit der Qualitätszahl $Q = 8$

markiert. Andere Standardwerte für die Qualitätszahlen sind: Q = 0 bedeutet vorzüglich und Q = 9 bedeutet, dass die Angabe fehlt. Dieser Q = 9 erscheint z.B. vor Anfang oder nach Beendigung einer zeitlich begrenzten Messung. Die fehlenden Daten werden dann als Punkte dargestellt. Übrigens wurden im Falle wichtiger Messungen (die bis 1972 stattfanden), die fehlenden Anfangsdaten stets ergänzt. Dies war der Fall beim Pluviograph (vor April 1942), beim Sonnenscheinschreiber nach Campbell-Stokes (vor Juni 1945), beim Hydrograph (vor September 1945) und beim 2m-Windmesser (vor September 1954). Wenn andere Möglichkeiten fehlten, wurden Messungen aus der nächsten Umgebung verwendet. Da bei Registrierungen Lücken auftreten können, gab es auch fehlende Daten in der Reihe. Auch die wurden durch Schätzungen ergänzt.

Qualitätszahlen 1...7 gibt es auch. Wenn sie existieren sind sie spezifisch für die betreffende Daten:

Bodenregenmesser und Terminregenmesser (3x täglich):

- Q = 4: Beim Terminregenmesser: Aufgeteilte Mehrterminsummen wenn Castricum-Pluviogrammen fehlen.
- Q = 5: Schneedecke anwesend (Messung null).
- Q = 6: Gemessener Niederschlag war (teilweise) Schnee.
- Q = 7: Idem, Beobachtung stammt aus Schneemessung oder ist eine Schätzung.

Übrige Niederschlagsbeobachtungen:

- Q = 1 Auffangfläche Regenmesser befindet sich 1,50 m über der Erdoberfläche (diese Qualitätszahl kann durch eine höhere Qualitätszahl ersetzt sein).

Lufttemperatur:

- Q = 6: Tagesmittel ist berechnet aus mehrmals täglichen Temperaturbeobachtungen in der Temperaturhütte. Extremtemperatur ist aus unvollständigen Terminbeobachtungen abgeleitet.

Dampfdruck und relative Feuchtigkeit:

- Q = 6: Tagesmittel ist berechnet aus mehrmals täglichen Beobachtungen in der Thermometerhütte.
- Q = 7: Feuchte Thermometer eisbedeckt (Eistabelle benützt).

Windgeschwindigkeit:

Keine andere Qualitätszahlen als Q = 0 und Q = 8.

Pluviographbeobachtungen:

Q = 1: Tagesgrenze verlegt von 24 Uhr nach 19 Uhr, zum Zweck der Ergänzung einer zwischenliegenden Lücke mit 19 – 19 Uhr Tagessummen vom Bodenregensmesser. Die ergänzten Daten selbst führen selbstverständlich ein Q = 8.

Campbell-Stokes Sonnenscheinschreiber:

Bei den Datenreihen der relativen Sonnenscheindauer (rS) und in den Tagessummen der Sonnenscheindauer (sS) existieren nur Q = 0 und Q = 8.

Q = 7: Die Tagessumme der Globalstrahlung ist eine Schätzung aus stündlichen Summen der Sonnenscheindauer, nach Methode W.H. Slob (KNMI MEMO-KD-92-07). Im Falle einer Lücke in der Reihe der stündlichen Sonnenscheindauer erscheint hier Q = 8.

Abfluss:

Die Abflussmessung fängt erst am 9. Juli 1941 an. Vor diesem Datum trifft man Q = 9 an. Danach benützt man Q = 0...7. Die Qualitätszahlen 1...7 entstehen durch Addition:

Q = Q + 1: Nach voriger Beobachtung ist der Messkeller leergepumpt.

Q = Q + 2: Aus kumulierter Mengemessung von mehreren Tagen wurden jeweilige Tagessummen gebildet.

Q = Q + 4: Stauung außerhalb der Keller. Dies geschieht bei einem Schwimmerstand über 14.000 Liter.

Beobachtungen in den Pegelrohren:

Q = 4: Das Rohr steht trocken. Der tatsächliche Pegel der Phreatischen Fläche ist niedriger als der angegebene Wert.

Kodetafel: Aktuelles Wetter (w), vorhergegangene Witterung (W):

Der w bezieht sich auf die Zeit der Beobachtung. Die vorhergegangene Witterung W bezieht sich auf die Periode zwischen der letzten und vorletzten Beobachtung:

0:	Trocken	5:	Regen oder Nieselregen
1:	Tau	6:	Glatteis
2:	Reif	7:	Schnee
3:	Nebel	8:	Hagel
4:	Nebel mit Sicht < 1000 m	9:	Gewitter, Blitz

Kodetafel: Zustand des Bodens:

0:	Boden trocken
1:	Boden feucht
2:	Boden aufgeweicht (mit vielen Pfützen)
3:	Boden nackt und vereist
4:	Boden bedeckt mit Schnee oder Hagel

- 5: Boden bedeckt mit Eis oder Glatteis
- 6: Boden bedeckt mit tauendem Schnee
- 7: Boden nicht vereist, bedeckt mit < 15 cm Schnee
- 8: Boden vereist, bedeckt mit < 15 cm Schnee
- 9: Boden vereist, bedeckt mit > 15 cm Schnee

Kodetafel: Dicke Schneeschicht (s)

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 0: Schneefrei | 5: 15...24 cm Schnee |
| 1: < 2 cm Schnee | 6: 25...49 cm Schnee |
| 2: 2...4 cm Schnee | 7: 50...99 cm Schnee |
| 3: 5...9 cm Schnee | 8: 100...199 cm Schnee |
| 4: 10...14 cm Schnee | 9: keine Beobachtung |

4. Jahressummen 1941 – 1997

In dieser kurzen Datenreihe werden Jahressummen aufgeführt, die den Niederschlag, die Abflussmenge der vier Lysimeter und die Baumhöhen auf Lysimeter-3 und -4 wiedergeben. Die ersten fünf Reihen enthalten geschätzte und korrigierte Daten. Allen Daten wurden darum Qualitätszahlen zugefügt.

1. Die Messung der Abflussmenge fängt erst am 9. Juli 1941 an. Vom Niederschlag ist neben der Summe 9. Juli - 31. Dezember (R'), auch die Jahressumme (R_j) bekannt. Aus den vorhandenen Teilsummen der Abflussmenge (A') werden vollständige Jahressummen (A_j) berechnet mit $A_j = A' \times (R_j/R')$ mit Qualität $Q = 8$. Damit passen sie in die Reihe der übrigen Jahre.
2. Ende Januar 1942 wurden die Beobachter von schwerem Schneefall überrascht. Die dadurch entstandenen Messfehler sind so groß, dass die Jahressumme total unzuverlässig wurde. Nach einer späteren Wasserbilanzberechnung konnte die Jahressumme korrigiert werden. Diese Summe erhielt $Q = 7$.
3. April – Mai 1947 wurden in den Sammelkeller der vier Lysimeter Überlaufmüerchen angebracht, mit denen der Abfluss im Rinnensystem ungefähr 15 cm gestaut wurde. Bei jedem Lysimeter wurden dadurch zirka 3500 Liter Wasser zurückgehalten. Diese Mengen wurden wieder eingeführt als Korrektur, mit $Q = 7$.
4. Nach 1971 wurden die Abflussmessungen automatisiert und wurde der Regenmesser 100 m nordwestlich neben dem neuen Pumpwerk PWNs aufgestellt. Die Beobachtungen zeigen hier keine Inhomogenität. Im Dezember 1986 wurde der Regenmesser auf eine sehr dem Wind ausgesetzte Stelle versetzt. Hier offenbarte sich eine gewisse Inhomogenität und sind Korrekturen vorgenommen. Sie sind markiert mit $Q = 7$.

Das Projekt war eine Initiative der PWN. Darum wurde dort der Abfluss der Lysimeter als "brauchbarer Niederschlag" bezeichnet. Das Interesse des KNMI lag mehr bei der Verdunstung (Niederschlag minus Abfluss). Im Laufe der Zeit zeigte sich, dass die Verdunstung bei jedem Lysimeter jährlich dieselbe Charakteristische Schwankung verzeichnete. Die variable Wasserspeicherung in den Lysimetern ist eine bedeutende Ursache dieser Schwankungen.

Datenreihe CJAARGEG.TXL

Jahresdaten Castricum 1941 – 1997

"JAARGEG	jjjj	Rcas	Q	Abfl1	Q	Abfl2	Q	Abfl3	Q	Abfl4	Q	Birk	Erle	Eich	Tann	<"
"	.	1	.	2	.	3	.	4	.	5	.	6	.	7	<	
JAARGEG	1941	628	0	451	8	405	8	423	8	430	8	<
JAARGEG	1942	919	7	695	0	600	0	680	0	669	0	<
JAARGEG	1943	679	0	506	0	360	0	442	0	468	0	.	.	0.1	0.2	<
JAARGEG	1944	921	0	743	0	602	0	659	0	671	0	.	.	0.1	0.3	<
JAARGEG	1945	804	0	557	0	418	0	462	0	466	0	.	.	0.2	0.4	<
JAARGEG	1946	843	0	658	0	517	0	572	0	543	0	.	.	0.2	0.5	<
JAARGEG	1947	655	0	461	7	304	7	324	7	281	0	.	.	0.2	0.8	<
JAARGEG	1948	621	0	437	0	246	0	283	0	210	0	.8	2.0	0.5	1.3	<

ERKLÄRUNG:

JAARGEG jjjj	Text "JAARGEG" (Kennzeichen der Datenblöcke) und jjjj vollständige Jahreszahl.
Rcas	Jahressumme der Niederschläge (Bodenregensmesser) in mm.
Abfl1...Abfl4	Jahressummen der Abflußmenge aus Lysimeter-1...4.
Birk, Erle, Eich, Tann	Durchschnittliche Höhe von Birken, Erlen und Eichen (auf Lysimeter-3), und Tannen (auf Lysimeter-4), angegeben in m mit einer Dezimale. Fehlende Daten sind durch einen Punkt ersetzt.
Q	Qualitätszahl: 0 = vorzüglich, 7 = korrigiert, 8= geschätzter Wert.
Zeichen "<"	Steht für den Zeilenumbruch-Befehl (#13) auf Position 73 im Datenblock.

Der größte Risikofaktor für die Qualität der Niederschlagsmessungen 1971 – 1997 bildete die Umstellung des Bodenregensmessers auf einen 100 m nach NW aufgestellten 2 dm² Regensmesser, neben dem Eingang der neuen Pumpstation. Die Pumpstation befindet sich nämlich in einer Senke der Landschaft, auf dem Boden eines kleinen Dünenkessels. Der Regensmesser steht damit auf einer so geschützten Stelle, dass von der an den Küsten üblichen 5 – 10 % Verluste durch den Wind hier nichts zu bemerken ist. Bei Jahressummen rund 850 mm würde dieser Windeinfluss 40 – 70 mm bedeuten. Dieser Wert ist so groß, dass die Jahressummen von Niederschlag und Verdunstung unzuverlässig wären.

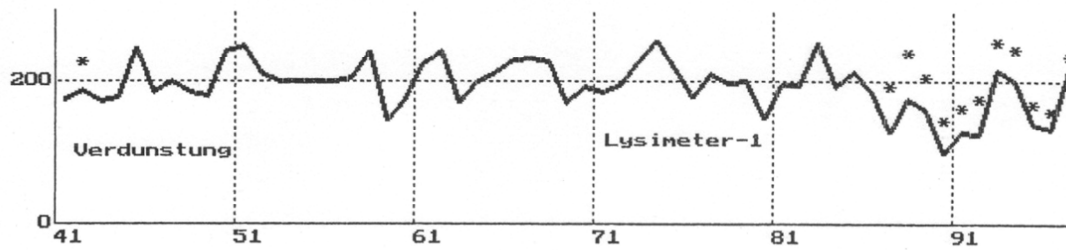


Abb. 5. Verdunstung Lysimeter-1 1941 – 1997

Die Jahressummen der Verdunstung pendelten in den Jahren 1941 – 1986 erstaunlich beständig um die 200 mm. Es war eine komplette Überraschung, dass weder die Umstellung im Januar 1972, noch die drei späteren Umstellungen innerhalb des Dünenkessels, auch nur eine Spur von Veränderung in dieser Regelmäßigkeit verursacht haben. Nach 1986 trat eine signifikante Störung auf. In den letzten Monaten des Jahres 1986 installierte man in dem Dünenkessel vier Behälter mit einem Notaggregat. Mit dem beim Egalisieren freikommenden Sand erhöhte man die Ecke in der der Regenschirm stand. Somit befand sich der Standort auf der gleichen Höhe wie die Straße um den Dünenkessel. Diese Änderung schenkte dem Herrn Stationsinspektor wahrscheinlich große Befriedigung: Der Regenschirm stand jetzt auf einem flachen Feld, frei von Hindernissen! Man vernachlässigte die Pflegemaßnahmen. Mitte der neunziger Jahre konnte man mit dem Fahrrad um das Gebiet herum fahren ohne den Regenschirm zu erkennen. Dafür musste man absteigen und zwischen Sanddorn und Heide auf die Suche gehen.

Die Korrektur scheint in 1987 und 1988 bei 60 mm zu liegen, danach allmählich abnehmend. Gewählt wurde ein Korrekturfaktor 1.07, alle zwei Jahre abnehmend mit 0.01.

In Abbildung 6 sind Niederschlag und Verdunstung der Castricum Lysimeter-1 und -2 eingezeichnet. Es handelt sich um Jahressummen im Zeitverlauf 1941 – 1997. Alle hiervor besprochenen Korrekturen sind angebracht und mit Sternen markiert.

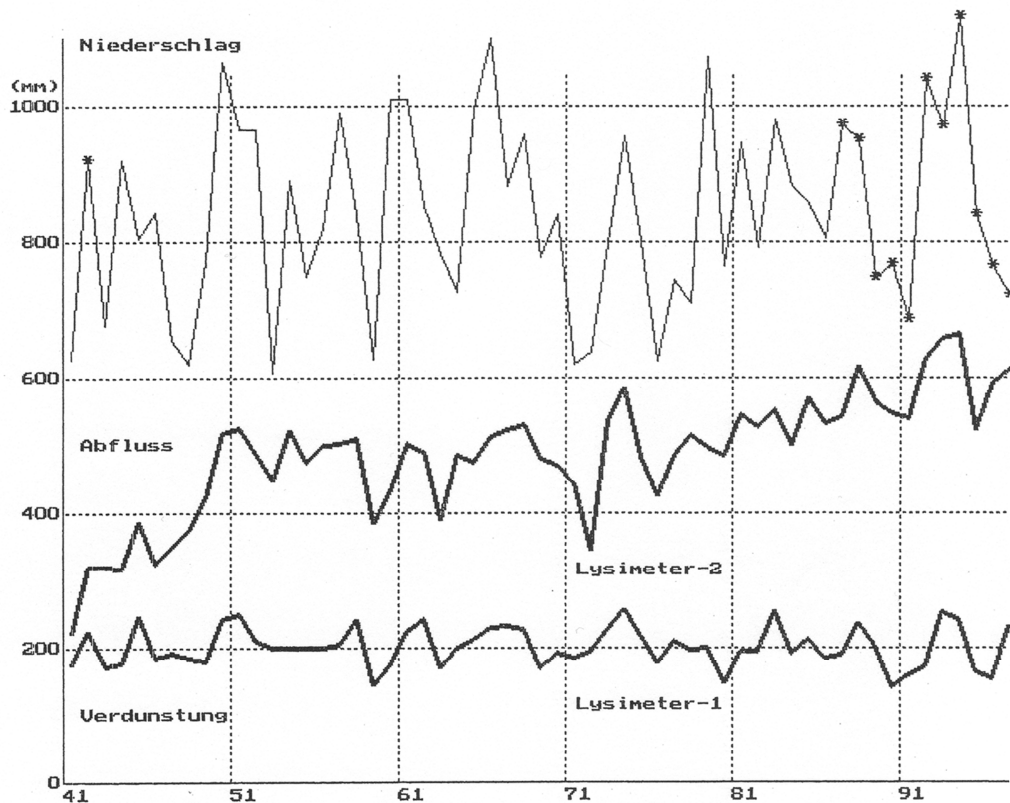


Abb. 6. Niederschlag und Verdunstung Lysimeter-1 und -2

Lysimeter-1

Nackter Sand. Auffallend ist, dass dieser Lysimeter die ganzen sechzig Jahre seiner "Dienstzeit" unverändert durchstand. Die Verdunstung schwankte bei diesem Lysimeter ständig um die 200 mm. Der "brauchbare Niederschlag" schwankte hier rund 75%.

Lysimeter-2

Dünenbewuchs. Vor 1972 schwankten die Jahressummen der Verdunstung um etwas weniger als 500 mm. Die stetige Zunahme der Verdunstung danach zeigte eine unkontrollierte Verwilderung der Vegetation nach 1971 an. Die Verdunstung erhöhte sich auf fast 600 mm. In den Jahren 1950 – 1971 schwankte der "brauchbare Niederschlag" um die 40% und fiel danach ungefähr 30% ab.

Lysimeter-3

Der Lysimeter und seine Umgebung wurde mit Laubbäumen bepflanzt, hauptsächlich Eichen. Die dicksten Exemplare zeigten im Jahre 1984 einen Stammdurchschnitt vom 15 cm.

Während der Anfangsjahre erlitt der Bewuchs der Lysimeter viel Schaden durch Nachtfrost. In den Jahren 1950 -1951 erreichten die Jungeichen eine Höhe von rund 1 m und ergaben einen

geschlossenen Bewuchs. Die Jahressummen der Verdunstung schwankten rund 520 mm. Bis zum Ende der Beobachtungen blieb die Verdunstung auf dieser Stufe.

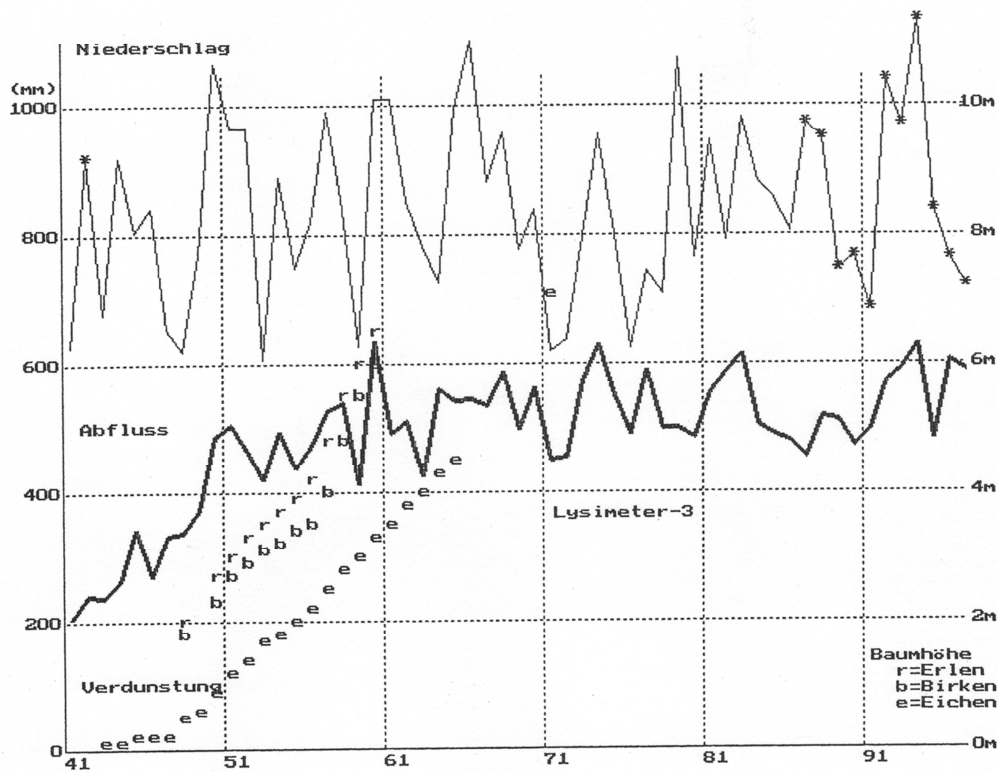


Abb. 7. Niederschlag und Verdunstung Lysimeter-3

Der "brauchbare Niederschlag" fluktuierte während der letzten vierzig Jahre ein wenig unter 40%.

Lysimeter-4

Die Behälter und die Umgebung wurden mit Österreichischen Tannen (*Pinus Nigra Austriaca*) bepflanzt. Diese Anpflanzung schlug viel besser an als der Eichenbestand. Die Jungpflanzen zeigten 1950 – 1951 eine Höhe von rund 2 m. Ebenso wie auf Lysimeter-2 und -3 zeigte die Verdunstung während der ersten zehn Jahre eine gleichmäßig Zunahme und erreichte um 1951 schon größtenteils das endgültige Niveau, das hier bei 700 mm liegt.

Manfred Schröder, der Projektleiter der Großlysimeteranlage in Sankt Arnold bei Münster, gab 1990 einen zusammenfassenden Bericht aus. Hier verglich er die Verdunstung von Gras, Laubwald, Nadelwald und einer Wasserfläche mit der Penmanverdunstung und dem Niederschlag. Dabei wies er auf den Einfluss der bei Tannen außergewöhnlich großen

Interzeption. Diese macht die Brutto-Verdunstung hoch, und führt zu einer hohen Korrelation von Verdunstung und Niederschlag.

Der Bruchteil "brauchbaren Niederschlag" ist kennzeichnend niedrig, zwischen 15% und 20%.

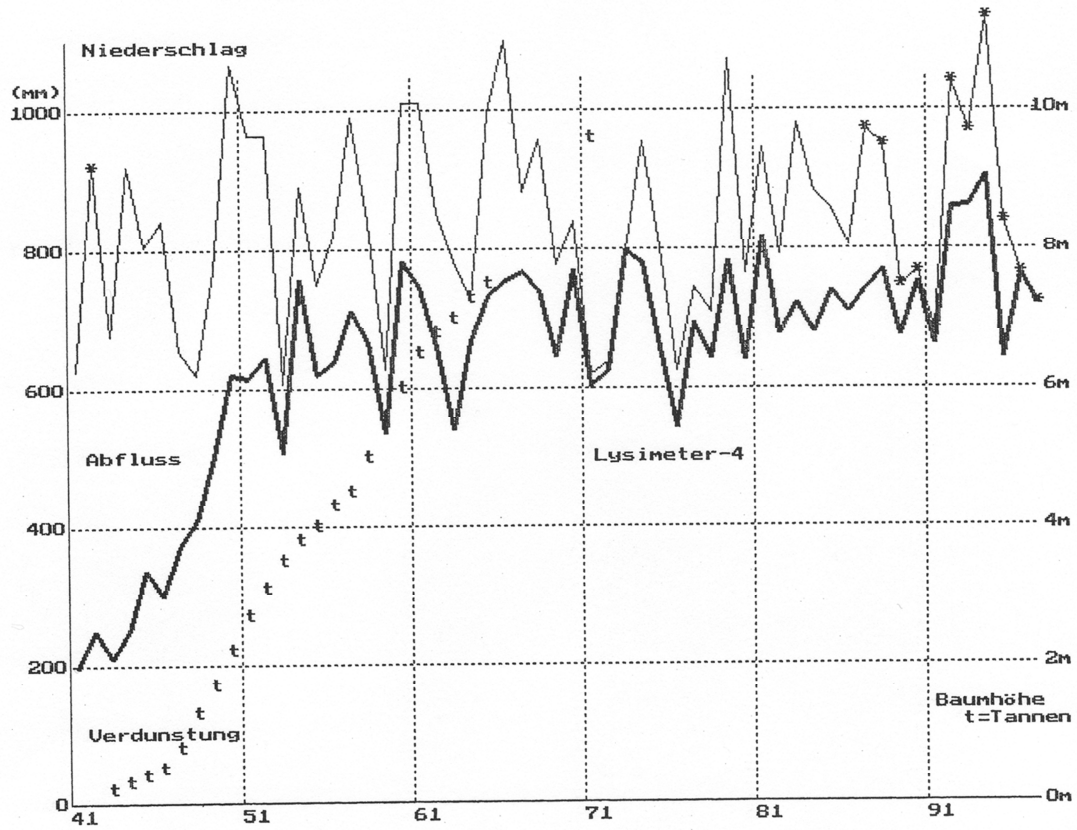


Abb. 8. Niederschlag und Verdunstung Lysimeter-4

5. Regenmesservergleich

Die Datenreihe CREGENMV.TXL enthält alle Beobachtungen die den Vergleich von Regenmessern und Standorten behandeln. Die Mehrzahl der Messungen fanden auf dem Versuchsfeld um Lysimeter-1 statt. Auf dem Titelblatt ein Foto aus dem Jahr 1956.

Von Beobachtungen mit dem Bodenregenmesser sind außer den Messungen $R_{cas}(08 - 08 \text{ Uhr örtliche Zeit})$, auch die Teilsummen $R_c(08 - 14 \text{ Uhr})$, $R_c(14 - 19 \text{ Uhr})$ und $R_c(19 - 08 \text{ Uhr})$ gegeben. Mit diesen Teilsummen ist auch die zugehörige Wetterbeobachtung "wWes" verbunden. Die "w" und "W" geben die Art der Niederschläge an und mit "E" und "s" wird der Zustand des Bodens angegeben. In der Kodegruppe "SRNT", die auf R_{cas} folgt, sind Zählungen aufgenommen die wiedergeben, wie oft in "w" und "W" jeweils Schnee, Regen, Nebel und Tau gemeldet sind.

Von den Stationsaufstellungen R235 und R232 sind die wichtigsten Merkmale, dass R235 auf 200 m Abstand vom Bodenregenmesser bei der früheren Pumpstation PWNs stand und oft umgestellt wurde, und dass R232 auf 1500 m Abstand des Bodenregenmessers in Englischer Aufstellung am Strand eines Dünensees stand.

Zur Regenmesservergleichung wurden Aufstellungen auf 40 cm und 150 cm Höhe verwendet, mit und ohne Nipherschen Trichter. Es gab auch noch eine 40 cm Aufstellung die dreimal täglich gemessen wurde. In dieser Beobachtungsreihe und der des Bodenregenmessers wurden die Schneemessungen korrekt verarbeitet.

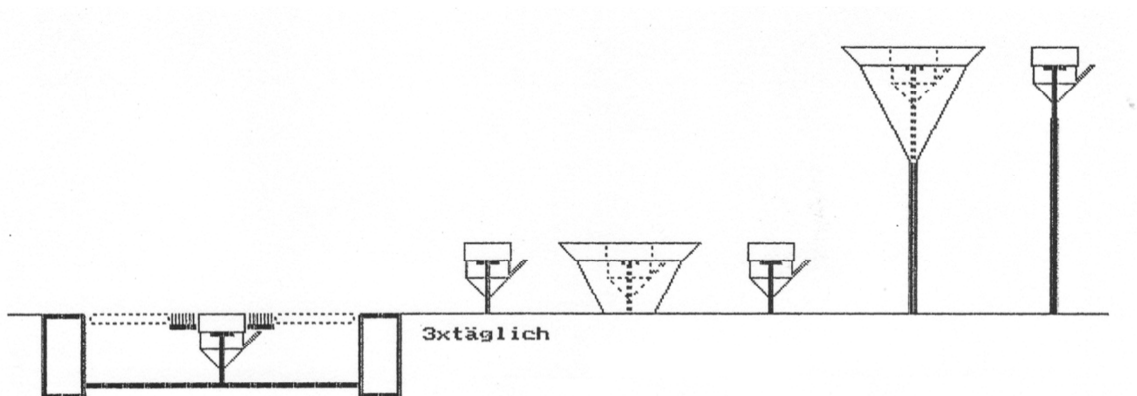


Abb. 9. Regenmesservergleich

Da der Wind wichtig ist, wurde auch die durchschnittliche Windgeschwindigkeit auf 9 m Höhe, $ff_9(0 - 24 \text{ Uhr})$, des vorigen Tages in den Datensatz aufgenommen. Dieser Wert hat 2/3 Überlappung mit dem Standardabschnitt 08 - 08 Uhr der Regenmessung.

Datenreihe CREGENMV.TXL

Regenmesservergleichung Castricum 1941 – 1971

```

"REGENMV jjjj mm dd Rc14 Q wWES Rc19 Q wWES Rc08 Q wWES Rcas Q SRNT"
" . 1 . 2 . 3 . 4 . 5 . 6 . 7"

" ff9 Q R4t Q R4s Q R4N Q R15 Q R15N Q R235 Q R232 Q<"
" . 8 . 9 . 10 . 11 . 12 . 13 ."
```

ERKLÄRUNG:

REGENMV JJJJ MM DD	Text "REGENMV" (Kennzeichen Datenblöcke), Jahr, Monat (01...12) und Tag (01...31).
Rc14, Rc19, Rc08,Rcas	Messungen 08 – 08 Uhr des Bodenregennessers (Rcas) und der drei Zeitabschnitte (Rs(08 – 14 Uhr), Rc(14 – 19 Uhr) und Rc(19 – 08 Uhr), alle in mm mit einer Dezimalstelle.
wWES (3 mal)	Gruppen von 4 Kodezahlen 0...9, zugehörig den vorigen Messungen: w = heutiges Wetter, W = Witterungsverlauf, E = Zustand Erdboden, s = Höhe Schneeschicht.
SRNT	Vier Zahlen (0...6), geben die Häufigkeit von Schnee oder Hagel (S), Nieselregen, Regen oder Gewitter (R), Nebel oder Dunst (N) und Tau oder Raureif (T) vorkamen in den drei w's bzw. W's an.
ff9	Tagesmittel Windgeschwindigkeit auf 9 m Höhe des vorigen Tages in m/s mit 1 Dezimal.
R4t...R15N	Messungen 08 – 08 Uhr der anderen Regenmesser, in mm mit einer Dezimalstelle, jeweils drei Messungen pro Tag, 40 cm-Standard, 40 cm mit Nipherschem Trichter, 150 cm-Standard, 150 cm mit Nipherschem Trichter.
R235, R232	Messungen 08 – 08 Uhr auf KNMI-Stationen: R235 bei der alten PWN Pumpstation und R232 am Strand eines Dünenteichs in Bakkum, beide in mm mit einer Dezimalstelle.
Q	Qualität: 0 = vorzüglich, 8 = geschätzt und 9 = Wert fehlt (andere Q-Werte: s. Kapitel 3, Aufbau der Datenreihen).
Zeichen "<"	Steht für Zeilenumbruch-Befehl (#13) auf Position 135 im Datensatz.

Für den Einlesevorgang ist dieser Teil der Lysimeteruntersuchung von großer Bedeutung gewesen. Es ist eine Tatsache, dass für die Beobachtung der Niederschläge, der Bodenregennmesser unter fast allen Umständen ein höchst wertvolles Hilfsmittel ist, nur nicht bei Pulverschnee. Er weht dann randvoll. Will man einen klaren Einblick in die Materie erhalten, erfordert dies eine Auswertung der Wetternotizen aus Beobachtungsheften, die einen Stapel von 1,30 m Höhe bilden. Erst dann bietet sich die Möglichkeit einer geordneten Eingabe der Wetterbeobachtungen, des Bodenzustandes und der Schneehöhe. Anschließend werden bei

Schneefall die Beobachtungen vom Bodenregnmesser Rcas und die drei täglichen Regenmessungen Rt4 korrigiert. Diese Terminbeobachtungen sind für die Teilung in drei Termine der Tagesmessung des Bodenregnmessers notwendig. Die konsequente Anwesenheit der Kodegruppen wWEs ist ein Echo dieser Kampagne. Das Ergebnis des Regnmesservergleichs zeigt Abbildung 10.

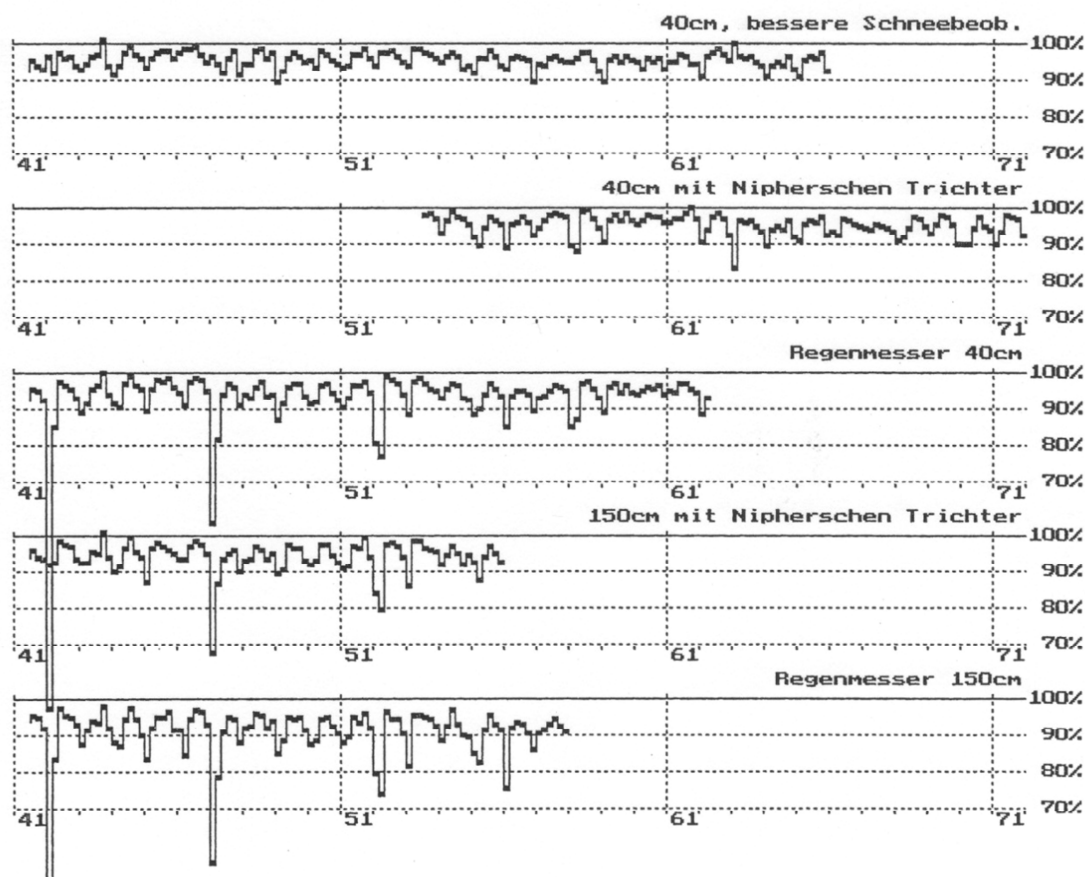


Abb. 10. Niederschlagsauffang in % des Bodenregnmessers

Weil der Niederschlagsauffang stark mit dem Niederschlag selbst korreliert, beseitigt man bei Wiedergabe in Prozenten einen großen Teil der Standardabweichung. Die großen Abweichungen in Abbildung 10 sind immer mit schwerem Schneefall verbunden. Bei R4t (3xtäglich) fehlen diese Abweichungen total. Lässt man alle großen Abweichungen weg, so bleibt ein erkennbarer Jahresverlauf übrig, der mit dem Jahresverlauf der Windgeschwindigkeit zusammenhängt. Bei höheren Windgeschwindigkeiten nimmt auch der prozentuale Verlust zu.

Untersuchen wir den tatsächlichen Prozentsatz des Niederschlagsauffangs der fünf unterschiedlichen Regnmesser. Hier betrachten wir alle Jahre als gleichwertig. Zählen wir

1941 – 1955 viermal, 1954 – 1961 zweimal und die letzten zwei Abschnitte einmal, so führt das zu den in Tabelle 2 genannten Ergebnissen.

Abschnitt	R4t	R4N	R4s	R15N	R15
1941 – 1955	96%	---	94%	94%	92%
1954 – 1961	95%	96%	94%	---	---
1962 – 1965	96%	95%	---	---	---
1966 – 1971	---	94%	---	---	---
Gewichteter Durchschnitt:					
Auffang:	96%	95%	94%	94%	92%
Verlust:	4%	5%	6%	6%	8%

Tabelle 2. Ergebnisse Regennesservergleich

Auch mit einbezogen in diese Untersuchung sind die KNMI-Regenstationen R235 auf wechselnden Standorten beim alten Pumpwerk und R232 am Strand eines Dünenteichs in Bakkum. Außer den erwähnten Einflüssen von Schnee und Wind, verursacht hier auch der Abstand zum Bodenregennmesser Abweichungen. Schauer ziehen sicher nicht auf dieselbe Art und Weise über beide Standorte. Außerdem besitzt jeder Standort seine Eigenarten.

Regennmesser R235, bis August 1946 installiert auf 1,50 m Höhe 200 m westlich des Bodenregennmessers, lieferte merkwürdigerweise viel bessere Resultate als die später aufgestellten Regennmesser auf 40 cm Höhe die vollständig gemäß den KNMI – Richtlinien errichtet wurden. Ein Standort in geschützter Lage ohne Interzeption erwies sich als außergewöhnlich wichtig.

Regennmesser R232, auf 1500 m Abstand, die ganze Zeit stehend in Englischer Aufstellung versunken innerhalb eines schützenden Ringwalls, funktionierte auffallend gut.

6. Kronendurchlassmessungen

Die Datenreihe CDOORVAL.TXL umfasst alle Regenmessungen auf 40 cm Höhe, die im Laub- und Nadelholz, zwischen und unter den Bäumen, mit Standard Regenmessern durchgeführt wurden. Es handelt sich dabei um die 3xtäglich durchgeführten Messungen RLt und RNt bis 31. Januar 1962 und die täglichen Regenmessungen RLs und RNs bis 31. Dezember 1955. Die Regenmesser befanden sich zwischen der sich entwickelnden Vegetation auf dem Lysimeter-3 und Lysimeter-4 Gelände. Der Standard ist Rcas.

Ferner wurden noch zwei Paar Regenmesser unter ausgewachsenen Bäumen aufgestellt. Die Regenmesser RLo und RNo auf einer Lichtung zwischen den Laub- und Nadelbäumen und RLg und RNg unter geschlossenen Kronenräumen. In den ersten zehn Jahren war noch keine Rede von einem ausgewachsenen Baumbestand innerhalb der Lysimeteranlage. Darum fand dieser Teil der Beobachtungen in der Baumschule des PWNs in Bakkum statt. Der Standard dieser Kronendurchlassmessungen ist die Regenstation R232 am Strand des benachbarten Bakkumer Dünenteiches. Am 29. März 1950 wurden diese vier Regenmesser auf geeignete Standorte unter ausgewachsenen Bäumen auf dem umzäunten Lysimetergelände aufgestellt. Hier dient als Standard der Bodenregenmesser Rcas. In Rstd ist dies folgendermaßen geregelt: Vor dem 29. März 1950 gilt Rstd = R232 und danach Rstd = Rcas.

Außer den beigeordneten Rstd stimmen alle Niederschlagbeobachtungen und Kodegruppen in der ersten Hälfte des Datenblocks völlig mit denen überein, gegeben in CREGENMV.TXL.

Merkwürdig ist, dass man nie die Neigung verspürte die Regenmesser umzustellen. Die Regenmesser RLt, RLs, RNt und RNs verblieben ihre vollen 15 – 20 Jahre unverändert auf ihrem ursprünglichen Standort. Die anderen vier Regenmesser unterlagen, soweit mir bekannt ist, nur einer Umstellung am 29. März 1950 von Bakkum auf die Lysimeteranlage. Ein kurioser Vorteil dieser Konstanz ist, dass wir deshalb von zwölf festen Standorten eine ununterbrochene Datenreihe besitzen.

Ein Ziel dieser Messungen der durchtropfenden Niederschläge war die Erwerbung von Kenntnissen in Bezug auf die Interzeption. Einen komplizierten Faktor bildete dabei der Vorgang, dass ein Teil des nicht in den Baumkronen zurückbleibenden Wassers nie in einen Regenmesser gelangt, da es an den Stämmen entlang abfließt. Keyman (1984) beschrieb eine Interzeptionsforschung aus den Jahren 1963 – 1964. Der Stammabfluss im Laubholz betrug hier 10% der Niederschläge. Im Nadelholz wurde ein wesentlich geringerer Abfluss gemessen, zwischen 1% und 2%.

So ergibt sich hier für die Berechnung der Interzeption:

Interzeption = Gebietsniederschlag - Kronendurchlass – Stammabfluss

Datenreihe CDOORVAL.TXL

Kronendurchlassmessungen Castricum 1941 – 1962

```

"DOORVAL jjjj mm dd Rc14 Q wWES Rc19 Q wWES Rc08 Q wWES Rcas Q SRNT "
" . 1 . 2 . 3 . 4 . 5 . 6 . 7 "

" Rstd Q ff9 Q RLt Q RLs Q RLo Q RLg Q Rnt Q RNs Q RNo Q "
. 8 . 9 . 10 . 11 . 12 . 13 . 14 "

" RNg Q<"
" . 15 "
    
```

ERKLÄRUNG:

DOORVAL jjjj mm dd	Text "DOORVAL" (Kennzeichen Datenblöcke), Jahr, Monat (01...12) und Tag (01...31).
Rc14, Rc19, Rc08, Rcas	Messungen 08 – 08 Uhr des Bodenregennessers (Rcas) und der drei Zeitabschnitte Rs(08 – 14 Uhr), Rc (14 – 19 Uhr) und Rc(19 – 08 Uhr), alle in mm mit einer Dezimalstelle.
wWES (3 mal)	Gruppen von 4 Kodezahlen 0...9, zugehörig den vorigen Messungen, w = heutiges Wetter, W = Witterungsverlauf, E = Zustand Erdoberfläche, s = Höhe Schneeschicht.
SRNT	Vier Zahlen (0...6), geben an wie oft in den drei w's und W's Schnee oder Hagel (S), Nieselregen, Regen oder Gewitter (R), Nebel oder Dunst (N) und Tau oder Raureif (T) vorkamen.
Rstd	Standardregennessung für RLo, RLg, RNo und RNg. Bis 29. März 1950 ist dies die Station R232 und danach der Bodenregennmesser Rcas. In mm mit einer Dezimalstelle.
ff9	Tagesmittel Windgeschwindigkeit des vorigen Tages auf 9 m Höhe. In m/s mit einer Dezimalstelle.
RLt, RLs, RLo, RLg	Kronendurchlassmessungen unter Laubholz, in mm mit einer Dezimalstelle.
RNt, RNs, RNo, RNg	Kronendurchlassmessungen unter Nadelholz, in mm mit einer Dezimalstelle.
Q	Qualität: 0 = vorzüglich, 8 = geschätzt und 9 = Wert fehlt (andere sieh Paragraph 3: Qualität und Kodetabellen).
Zeichen "<"	Steht für Zeilenumbruch-Befehl (#13) auf Position 151 im Datensatz.

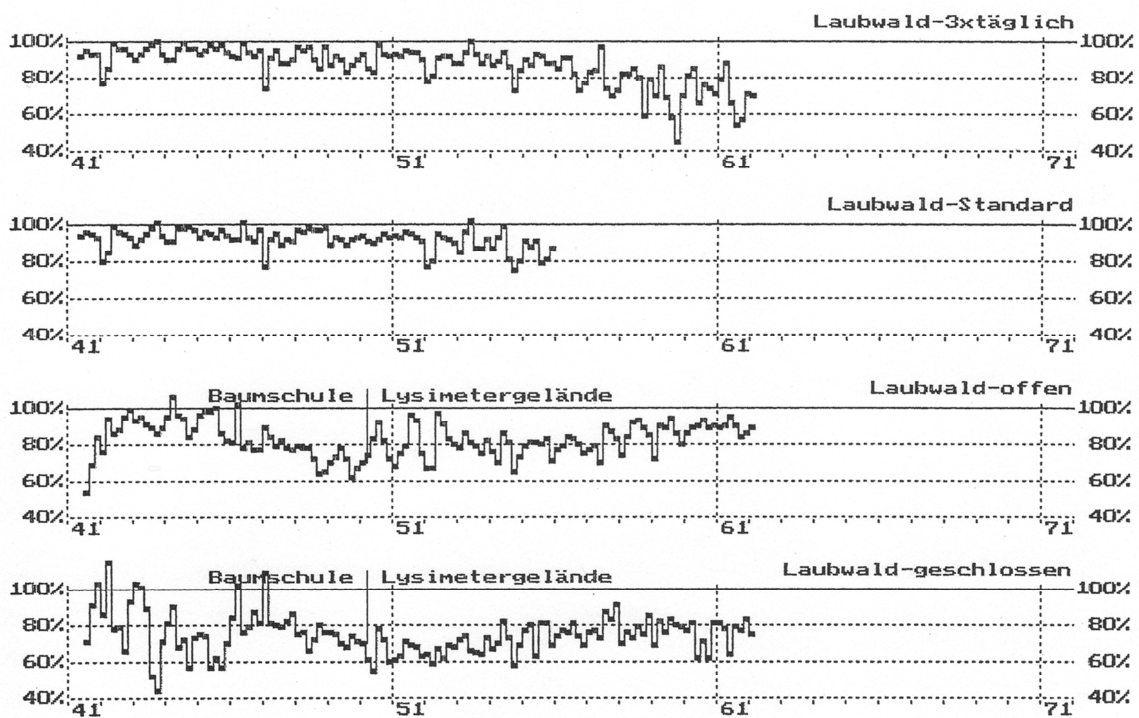


Abb. 11. Kronendurchlassmessungen Laubwald

Abbildung 11 zeigt die Messungen der vier Regenmesser im Laubwald in Prozenten des Gebietsniederschlags (R_{cas}). Die Regenmesser Laubwald-3xtäglich und Laubwald-Standard waren neben Lysimeter-3 zwischen den Sämlingen aufgestellt. Das Gelände lag bis zum Jahr 1941 vollkommen offen da und später stets mehr im Windschatten des Baumbestandes. Die für die freistehenden Regenmesser typischen vom Wind beeinflussten Regelmäßigkeiten im Jahresverlauf waren nach sechs Jahre fast verschwunden. Danach erhöhte sich die Interzeption.

Die Regenmesser Laubwald-offen und Laubwald-geschlossen standen immer unter ausgewachsenen Bäumen. Hier weist sich keine Regelmäßigkeit im Jahresverlauf auf. Einfache Berechnung des Mittelwertes ergibt hier 78%. Oder:

$$\text{Interzeption} = 100\% - 78\% - 10\% = 12\%.$$

Es enttäuschte mich, dass nur beim Regenmesser Laubwald-geschlossen in den Jahren 1941 – 1945 ein durch den jährlichen Laubfall verursachter Einfluss zu erkennen war. In den anderen Messungen ist davon nichts mehr zu entdecken.

Bei den Niederschlagsmessungen im Nadelwald (Abbildung 12) sieht man im Prinzip nicht viel anderes als im Laubwald. Bei den Messungen Nadelwald-3xtäglich und Nadelwald-Standard aber, veranlassten die heranwachsenden Nadelbäume einen so effektiven

Windschutz in den unteren Lagen, dass die Qualität dieser zwei Beobachtungsstellen im Zeitabschnitt 1944 – 1947 mit denen des Bodenregennessers übereinstimmte.

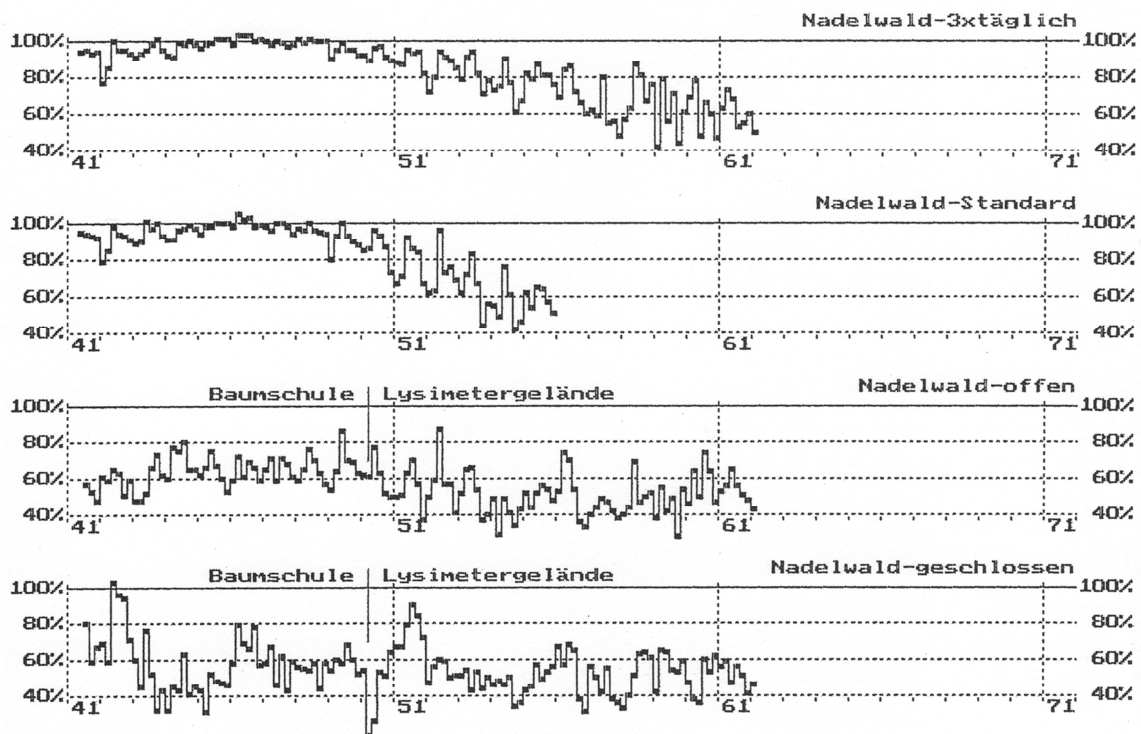


Abb. 12. Kronendurchlassmessungen Nadelwald

Auch die Regenmesser Nadelwald–offen und Nadelwald–geschlossen befanden sich während des gesamten Zeitraums unter ausgewachsenen Bäumen. Der Kronendurchlass zeigt auch hier keine systematisch Regelmäßigkeit im Jahresverlauf. Berechnet man den durchschnittlichen Kronendurchlass auf diesen Standorten, dann erhält man als Ergebnis: 56 %.

Deswegen: **Interzeption = 100% - 56% - 2% = 42%.**

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Interzeption im Nadelwald hier ungefähr 30% größer ausfällt, beziehungsweise 3.5 mal höher ist als im Laubwald.

7. Meteorologie und Dränage

In der Datenreihe CMETLYSIM.TXL sind alle METEO – Beobachtungen und die Abfluss- und Pegelbeobachtungen in den Lysimetern erfasst. Damit hat man hier alle Daten zur Verfügung, die zur Berechnung der täglichen Verdunstung und Wasserbilanz benötigt werden.

Grundsätzlich ist dies die Datenreihe, die das Ziel der gesamten Datenerfassung bildet. Es handelt sich hier um eine Datenreihe mit 11171 Datenblöcken, die alle eine gleiche Länge von 255 Zeichen haben. Eingelesen in EXCEL liefert dies eine Tabelle mit 11171 Reihen und 62 Spalten. Der kolossal erscheinende Umfang dieser Datensammlung verursacht heute überhaupt keine Probleme mehr.

Die meisten Daten waren immer vorhanden. Von dem am 1. Juni 1941 noch nicht verfügbaren Hygrograph, der Windmessung auf 2 m Höhe, dem Pluviograph und dem Sonnenscheinschreiber nach Campbell – Stokes, wurden die Daten der fehlenden Anfangsjahre geschätzt. Oft war dies möglich mit Beobachtungen von derselben Lysimeteranlage (die 3taglichen Beobachtungen in der Thermometerhütte, dem Windmesser auf 9 m Höhe und dem Bodenregmesser). Nur die fehlenden Sonnenscheinbeobachtungen vor dem 1. Juni 1945 wurden aus Den Helder und im letzten Kriegswinter aus De Bilt übernommen. Fehlten die Windmessungen ganz, so stand man in Castricum auch mit leeren Händen da und musste auf Den Helder zurückgegriffen werden, oder ab September 1953 auf die benachbarte Station IJmuiden.

Es gab jedoch Lücken die ich nicht ergänzen konnte. Mit den Abflussbeobachtungen wurde erst am 9. Juli 1941 begonnen. Deshalb fehlen hier in den ersten 38 Datenblöcken die Beobachtungen. Die fehlende Zahl wird durch einen Punkt dargestellt und die dazugehörige Qualität ist Q = 9. Des Weiteren wurden die Messungen in den Pegelrohren nur am Montag durchgeführt. An (nahezu) allen anderen Tagen fehlen die Beobachtungen.

Schließlich, am 31. Dezember 1965 entfernte man den Grasminimumthermometer (Minimumtemperatur auf 10 cm Höhe). Für die letzten sechs Jahre sind die fehlenden Daten nicht einzuschätzen, aber auch nicht unentbehrlich. Deshalb blieben die entsprechenden Stellen in der Datenreihe unbesetzt (Punkt mit Q = 9).

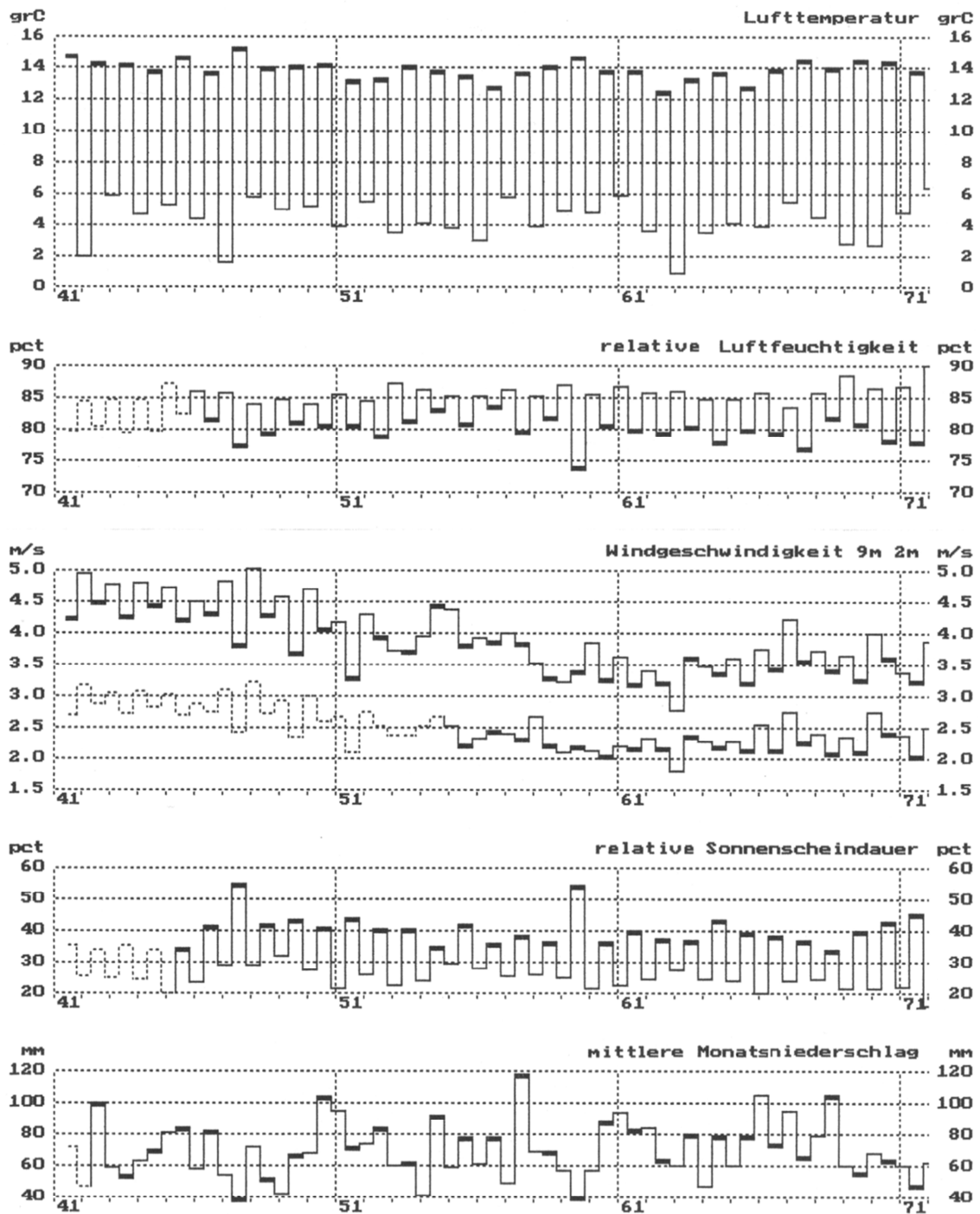


Abb. 13: METEO-Registrierungen 1941-1971

Halbjahresmittel für Sommer (Mai-Oktober —) und Winter (November-April - -) von allen registrierten Größen.

Datenreihe CMETLYSM.TXL

Meteo- und Lysimeterbeobachtungen Castricum 1941 – 1971

```

"METLYSM jjjj mm dd Rcas Q SRNT Rc08 Q wWes Rc14 Q wWes Rc19 Q wWes Tgn"
" . 1 . 2 . 3 . 4 . 5 . 6 . 7 . "
" Q Tn Q Tx Q tt Q dee Q ee Q uu Q dd Q ff2 Q ff9 Q "
" 8 . 9 . 10 . 11 . 12 . 13 . 14 . 15 "
"Hn24 Q RR24 Q rS Q sS Q sQ Q Drn1 Q P1 Q Drn2 Q P2 Q Drn3"
" . 16 . 17 . 18 . 19 . 20 . 21 . 22 . "
" Q P3 Q Drn4 Q P4 Q<"
"23 . 24 . 25 ."
    
```

ERKLÄRUNG:

METLYSM jjjj mm dd	Text "METLYSM" (Kennzeichen Datenblöcke), Jahr, Monat (01...12) und Tag (01...31).
Rcas, Rc08, Rc14, Rc19	Messungen 08 – 08 Uhr des Bodenregennessers (Rcas), anschließend die drei Standardabschnitte Rc(19 – 08 Uhr), Rc(08 – 14 Uhr) und Rc(14 – 19 Uhr), die miteinander den Zeitraum 0 -24 Uhr der Registrierung so gut wie möglich überlappen. Messungen in mm mit einer Dezimalstelle.
wWes (3 mal)	Gruppen von 4 Kodezahlen (0...9), zugehörig an die vorige Regenmessung: w = heutiges Wetter, W = Witterungsverlauf, E = Zustand Erdoberfläche, s = Höhe Schneedecke.
SRNT	Vier Zahlen (0...6), stellen dar wie oft in den drei w's und W's Schnee oder Hagel (S), Nieselregen, Regen oder Gewitter (R), Nebel oder Dunst (N) und Tau oder Raureif (T) vorkamen.
Tgn, Tn, Tx	Extremtemperaturen: Grasminimum 14 – 08 Uhr und die Minimum- und Maximumtemperaturen 19 – 19 Uhr in der Thermometerhütte. Alle in Grad C mit einer Dezimalstelle.
tt , dee, ee, uu	Tagesmittel 0 – 24 mittlere Ortszeit, abgeleitet von Registrierungen auf Schreibstreifen in der Hütte: tt Lufttemperatur in Grad C mit einer Dezimalstelle, dee und ee Wasserdampfdruckdefizit und Wasserdampfdruck in hPa mit einer Dezimalstelle, uu relative Feuchte gegeben als Bruchzahl mit zwei Dezimalstellen.
dd, ff2, ff9	dd mittlere Windrichtung zu den drei Standardbeobachtungszeiten in Bogengrad (dabei: 0 = Windstille, 999 variabler Wind), ff2 mittlere Windgeschwindigkeit auf 2 m Höhe und ff9 mittlere Windgeschwindigkeit auf 9 m Höhe, beide in m/s mit einer Dezimalstelle.
Hn24, RR24	Hn24 ist die Anzahl Stunden mit Niederschlag aus der Pluviographregistrierung im Zeitabschnitt 0 – 24 Uhr, gegeben als Zahl (0...24). RR24 ist der Niederschlag im Zeitabschnitt 0 – 24 Uhr in mm mit einer Dezimalstelle.

rS, sS, sQ	Relative Sonnenscheindauer rS ist die registrierte Sonnenscheindauer bezogen auf die maximal mögliche Sonnenscheindauer, gegeben als Bruchzahl mit zwei Dezimalstellen. Die registrierte Sonnenscheindauer sS ist gegeben in Stunden mit einer Dezimalstelle. Aus stündlichen Sonnenscheindauermessungen kann die Tagessumme der Globalstrahlung sQ berechnet werden, hier gegeben im J/cm^2 .
Drn1, Drn2, Drn3, Drn4	Vormittagsbeobachtung des Abflusses aus den Lysimetern-1...4, in mm mit 2 Dezimalen. Diese Beobachtungen waren kompliziert. Wenn man tägliche Beobachtungen verarbeitet, sollte man sehr sorgfältig auf die zugehörigen Qualitätszahlen achten. Die Erklärung der Qualitätszahlen 1...7 sind im Paragraphen 3 zu finden.
P1, P2, P3, P4	Die gemessene Höhe des Grundwasserspiegels in den Lysimetern 1...4, in m über NAP (Normal Amsterdam Pegel) mit zwei Dezimalstellen (die Sohlen der vier Lysimeter liegen auf 1,25 m + NAP, der obere Rand der Abflussrinnen liegt auf 1,50 m + NAP). Die Ablesungen fanden nur montags statt. An fast allen anderen Tagen wurden "fehlende Daten" aufgeführt.
Q	Qualität: 0 = vorzüglich, 8 = geschätzt und 9 = Wert fehlt (für andere Zahlen siehe Paragraph 3: Qualität und Kodetabellen).
Zeichen "<"	Steht für Zeilenumbruch-Befehl (#13) auf Position 255 im Datensatz.

Bei der Durchführung von Beobachtungen, ungeachtet ob es sich um ein einfaches Geschehen handelt oder ein großes Projekt, ist es von wesentlicher Bedeutung dass man die Beobachtungen korrekt dokumentiert. Das KNMI betätigt sich schon lange auf diesem Gebiet und zeigt hier, dass die Dokumentation aller METEO-Beobachtungen über volle 30 Jahre vorzüglich ausgeführt wurden. So könnte ich 20 – 50 Jahre nach dato dieses Material in Bearbeitung nehmen als ob es "gestern" angeliefert worden wäre. Alle Probleme (die sich auch hier stellten) könnten bis auf die Beobachtungen überprüft werden. Die Qualität der abgelieferten Daten bleibt also kontrollierbar und von hoher Qualität.

Die Lysimeterwerke wurden von PWN angelegt und sind auch deren Eigentum. Nun ist es nicht taktvoll, wenn sich dann andere inhaltlich mit der Beobachtungsweise bemühen. Ihre Beobachtungstradition als Wasserlieferungsbetrieb, und diese ist wahrhaftig nicht unbedeutend, hat aber faktisch nur das Messen und Verteilen von Wasser betroffen das sie selbst aufgepumpt haben. Auf einige Probleme und Störungen, verursacht durch allerhand von niemand erwarteten Eigenschaften der Lysimeter, war man im nahhinein nicht gut vorbereitet. Für spätere Projekte waren die inzwischen gewonnen Erfahrungen von großer Bedeutung.

Als erstes muss man sich ein Bild der Gesamtanlage machen können. Die Abbildungen 14 und 15 zeigen die Lysimeterbehälter:

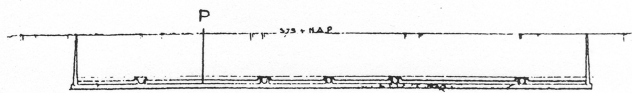
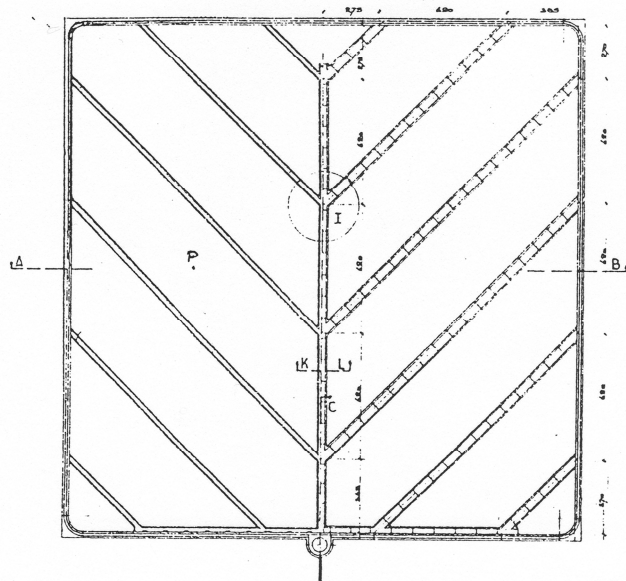


Abb. 14.

Durchschnitt (Fig. 14: A – B)



<---A – B--->

Abb. 15.

Obenansicht der Behälter.
Links ohne Deckplatten auf den
Rinnen,
rechts mit Deckplatten.

Das Innenmaß der Behälter ist 25 m x 25 m. Die Tiefe beträgt 2,5 m. Auf der Sohle der Behälter (1,25 m + NAO) ist ein Rinnensystem angelegt. Die Höhe der Rinnen beträgt 0,25 m (Oberseiten liegen auf 1,50 m + NAP), mit der Absicht auf der Sohle der Behälter 0,25 m Wasser stehen zu lassen. Entlang der Rinnen ist ein Kiesfilter angelegt und dieser Aufbau ist mit Betonplatten abgedeckt. Abbildung 16 zeigt einen Durchschnitt.

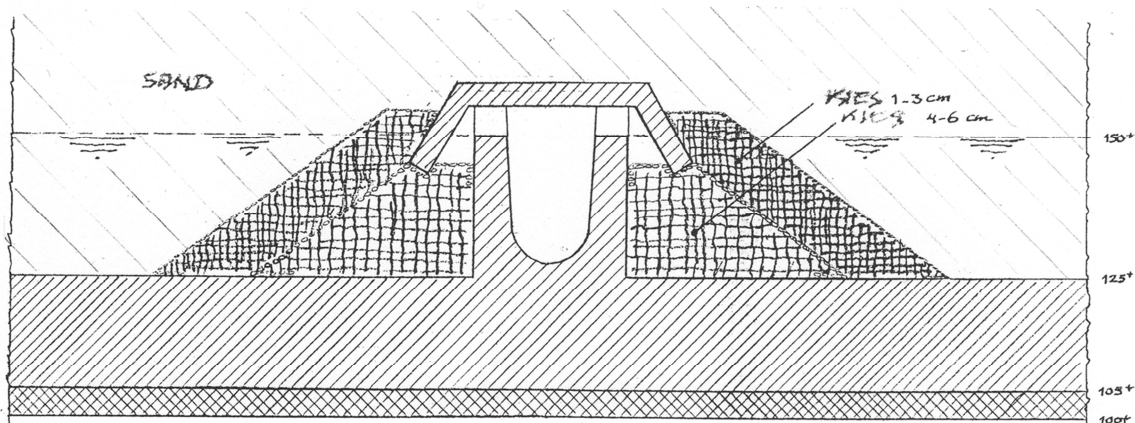


Abb. 16: Durchschnitt Rinnen (in Abbildung 14: K – L)

An der Südseite des Behälters münden die Rinnen über eine Öffnung in der Wand in einen Sammelkeller. Vom Sammelkeller führt ein Rohr (10 cm Durchmesser und 8 m Länge) zum Messkeller.

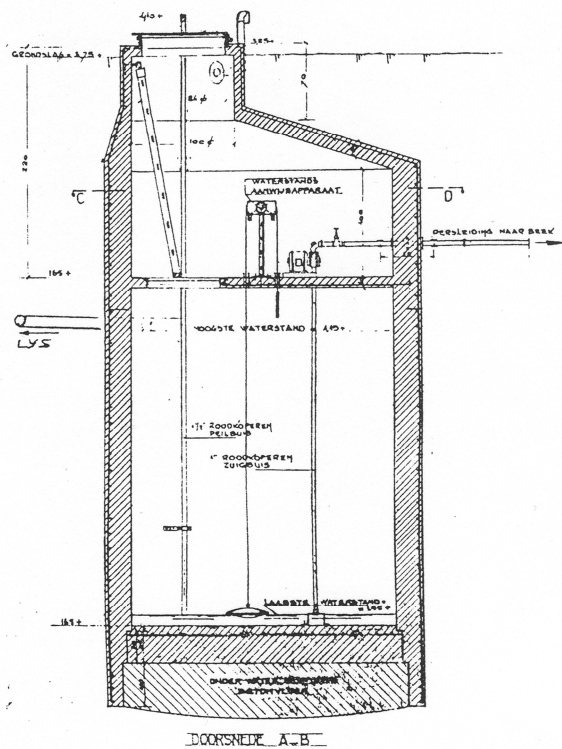


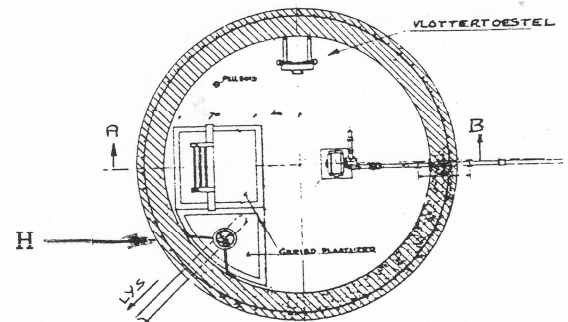
Abb. 17.

Durchschnitt Messkeller
(in Abb. 18. A – B).

---C ↔ D---

Abb. 18.

Durchschnitt Messkeller
(in Abb. 17. C – D)



Dienstausführung

Das Verbindungsrohr vom Sammelkeller in den Messkeller endete mit der Unterseite auf 115 m + NAP. Bis zu diesem Niveau enthielt der Behälter 13400 Liter. Über diesem Niveau entstand Stau außerhalb des Kellers. Gewöhnlich ließ man den Behälter vollströmen bis der Schwimmer ungefähr 12000 Liter angab. Dann drehte man den Haupthahn zu (Abbildung 18: Teilstück H) und schaltete die Pumpe ein. War der Keller entleert (Schwimmerstand 0), schaltete man die Pumpe wieder ab, öffnete den Hahn und sammelte wieder Wasser für den nächsten Pumpvorgang.

Abends wurde nie gepumpt und selten an Sonntagen. War ein Behälter zu einem derartig ungelegenen Moment vollgelaufen, so drehte man den Hahn zu und pumpte erst am nächsten Morgen. Danach öffnete man den Hahn wieder und das aufgestaute Wasser floss in den Keller hinein. Dieser letzte Zustrom war in Wirklichkeit noch Teil der Vormittagsmessung (die deswegen zu niedrig war), wurde jedoch erst bei der nächsten Vormittagsmessung mit einbezogen (die deswegen dieselbe Menge zu hoch ausfiel). In den üblichen Abflüssen verursacht dieser Vorgang eine sehr sichtbare Störung.

Der Haupthahn

Der Haupthahn ist so ungefähr der wichtigste Teil der ganzen Installation. Zum Abstellen muss man das Bedienungsrad des Hahns 23 volle Schläge zudrehen. Will man den Hahn wieder ganz öffnen, so dreht man wieder 23 volle Schläge zurück. Ich kann hier mitteilen, dass dies keine geringe Arbeit ist. Ein Fallstrick ist, dass das Rad beim öffnen oder schließen nicht versetzt wird. So sieht man nirgendwo ob der Hahn offen oder zu ist. Vergisst man in der Eile den Hahn zu schließen bevor man die Pumpe ansetzt, fließt beim Pumpen der einströmende Abfluss ohne Messung ab. Das Abpumpen von 12 Tonnen nimmt 3 Stunden in Anspruch. Produziert der Lysimeter viel Abfluss, so darf dieser nicht registrierte Verlust 2000 Liter betragen. In außerordentlichen Fällen (siehe Seite 34: Rieselwelle) darf dies auf 8000 Liter ansteigen.

Es ist ein ernsthaftes Manko, dass der Ablauf nicht mit einer soliden "Stellwerkschaltung" abgesichert ist, dass die Pumpe nur eingeschaltet werden kann wenn der Hahn geschlossen ist. Diese ungesicherten Hähne bedrohten die vollen dreißig Jahre die Integrität der Beobachtungen. Mit vielen Beispielen kann bewiesen werden, dass es PWN gelang, für dieses Projekt Beobachter zu ernennen, die eine außerordentlich hohe Berufsauffassung vertraten. Ich habe das Vorrecht genossen mit D.C. Molenkamp während der letzten acht Jahre seines Lebens regelmäßig Kontakt unterhalten zu haben. Er leitete den Beobachtungsdienst ab 1945 bis März 1969 in einem vorzüglichen Stil. Meine Überzeugung nach haben sich in der Praxis darum wahrscheinlich viel weniger Zwischenfälle ergeben als in erster Linie zu erwarten waren.

Mangelnde Dokumentation

Die Beobachter stellten jede Woche eine Liste auf, in der die Beobachtungen im Messkeller ordentlich zusammengefasst wurden. Diese Listen wiesen administrative Unzulänglichkeiten auf wodurch ich Fehler fand die den Beobachtern entgangen waren. Diese Fehler fielen mir durch unwahrscheinliche Sprünge in der Sequenz der Abflüsse auf. Und Dinge die Ihnen und mir auffallen, fallen den Menschen die selbst Erfahrungen als Beobachter gemacht haben, noch viel eher auf. Da in den Listen nur Schwimmerablesungen standen, kam die Sequenz der Abflüsse dem Beobachter nie unter die Augen. Und aus dem Schwimmerstand allein kann niemand Schlüsse ziehen. Der wertvolle Blick guter Beobachter ist hier völlig ungenutzt geblieben.

Eine zweite Unzulänglichkeit der Wochenliste war, dass man wohl eine durchgehende Addition führte, die jedoch keine Rechenfehler sichtbar machte. Alles was den Beobachtern übrig blieb, war die konsequente und sorgfältige Überprüfung ihrer eigenen Arbeit. Hier hat mein Computer diese Arbeit übernommen. Zwischen 1941 und März 1969 fand ich nur einen Rechenfehler!

Die Pegelrohre im Lysimeterbehälter

Der obere Rand der Rinnen liegt auf 1,50 m +NAP. Die phreatische Fläche hofft man hier auch zu finden. Zur Kontrolle wurde in jeden Lysimeterbehälter ein Pegelrohr eingebracht. In den Abbildungen 14 und 15 sind sie eingezeichnet und markiert mit P. Das auf der Sohle stehende Wasser wird durch die Rinnenwände in 13 einzelne Kompartimente verteilt. Jedes Kompartiment führt sein überflüssiges Wasser, unabhängig von allen anderen Kompartimenten, über seine anliegenden Rinnenwände ab. Geschieht es, dass einige der Kompartimente weniger Bewuchs tragen als der auf dem sich das Pegelrohr befindet, so kann man beobachten dass der phreatische Wasserspiegel unter 1,50 m +NAP absinkt, und der Lysimeter noch immer ruhig seine Liter oder Eimerchen Wasser pro Tag liefert.

Steigt der phreatische Wasserspiegel über 1,50 m +NAP, so entsteht über die Rinnen ein zusammenhängendes System kommunizierender Wasserkörper. Jetzt entspricht der gemessene Pegelstand dem Pegelstand des ganzen Behälters.

Austrocknen der Lysimeter

Beim Bau der Lysimeterbehälter wurde vorausgesetzt, daß in den Behältern auf der Sohle 25 cm

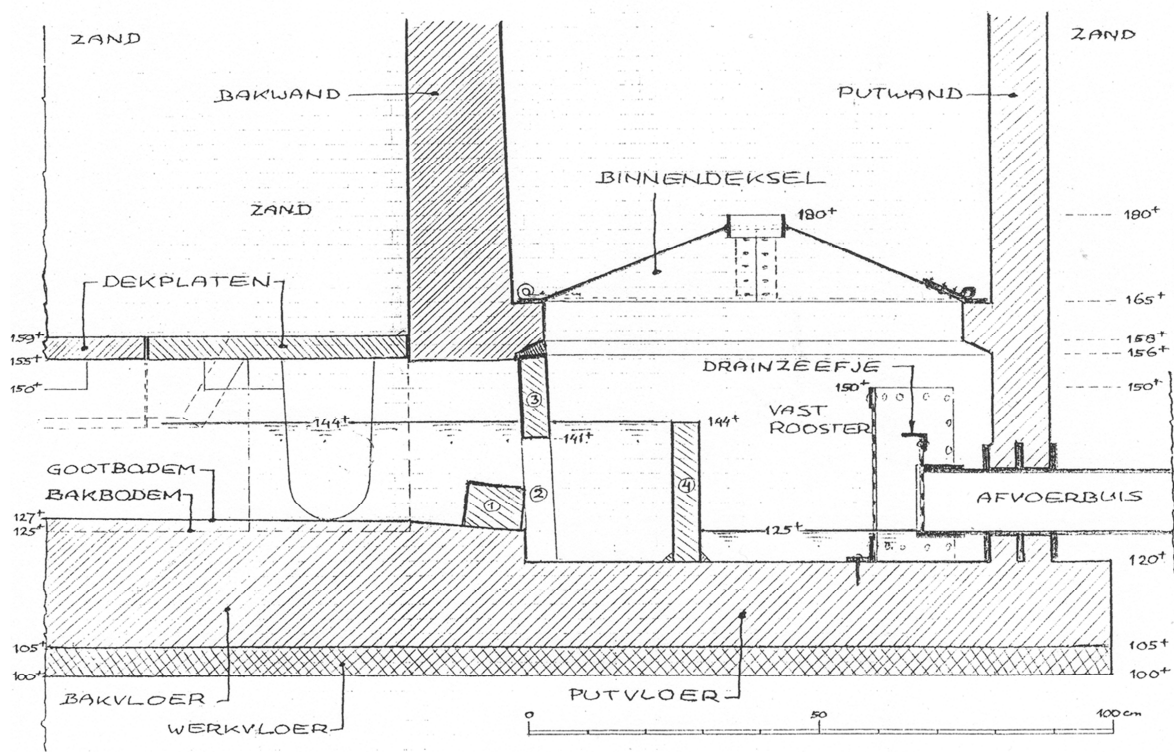


Abb. 19. Sammelkeller mit Staustufe (Teil 4)

Wasser bleibend stehen sollte. Um die Jahreswende 1946 – 1947 entstand jedoch eine alarmierende Abnahme des Abflusses. Die Jungeichen erreichten kaum eine Höhe von 0,2 m und die Tannen nur

0,5 m. Offenbar fing man an sich große Sorgen zu machen, und man besann sich auf Maßnahmen. Das resultierte Ende April 1947 in der Erstellung kleiner Stauschwellen in den vier Sammelkeller (Abbildung 19: Teil 4). Dadurch wurde der Abfluss im Rinnensystem gestaut auf 1,44 m +NAP. Dieses Stauwasser hatte also keinen Einfluss auf den Wasserstand in den Lysimeterbehälter.

Es kam bald noch schlimmer. Im Juli 1948 beobachtete man im Lysimeter-4 zum ersten Mal einen Abfluss = 0. Im Oktober – Dezember erschienen lange Reihen. Im September 1949 beobachtete man zum ersten Mal dass der Wasserspiegel unter 1,50 m +NAP absank. Die Lysimeter -2 und -3 folgten in einigem Abstand.

Danach, wann weiß ich nicht, fanden die Wurzeln ihren Weg durch den Kiesfilter zum Wasserspeicher im Rinnensystem. Und damit erhielt dieser bisher passive Wasserspeicher Anteil am Lysimetersystem. Man konnte dies durch den gesunkenen Pegelstand des gespeicherten Wassers feststellen. Diese Beobachtungen wurden aufgeschrieben, jedoch nicht archiviert. Das ist bestimmt bedauerlich, aber kein wesentliche Unterlassung. Die vier Lysimeter bleiben nämlich sublim geschlossene Systeme. Die Niederschlagsmenge ist bekannt. Das gesamte Wasser, das nicht verdunstet, wird schließlich als Abfluss gemessen. In Trockenzeiten lässt der Abfluss nach. Die Vegetation ist so lange auf die Wasservorräte im Sand und in den Rinnen angewiesen. Nach starken Niederschlägen wird "geliehenes Wasser" erst dann vollständig ergänzt. Danach erscheint wieder der Abfluss.

Die Entstehung einer Rieselwelle

Molenkamp vertraute mir einmal an: "Die Lysimeter können einen bisweilen überfallen!" Bei der Eingabe der Abflussdaten war mir schon sichtbar, dass diese Aussage keine Phantasie ist.

Die Versickerung des Wassers im Sand geht auf zwei ganz unterschiedliche Weisen vor sich. Überschreitet der Wassergehalt im Sand die Feldkapazität, so nimmt die Wasserspeicherung um die Berührungspunkte der Sandpartikel zu und sie kommen miteinander in Verbindung. Es entsteht dann eine laminare Strömung von oben nach unten. Der Abfluss verläuft sehr langsam.

Steigt der Wassergehalt weiter an, dann füllt sich der Raum zwischen den Sandkörnern. Jetzt entsteht eine turbulente Strömung und die Strömungsgeschwindigkeit steigt um eine Größenordnung. Nach jedem starken Regenschauer vollzieht sich dieser Prozess. Das Oberflächenwasser dringt in den Boden, rieselt nach unten und irgendwo tiefer endet die Welle in ungesättigten Sandschichten.

Es kann auch extreme Formen annehmen. Folgen auf eine ruhige, nasse Periode einige Tage mit einigen Zehnten Millimeter Niederschlag, so wächst die Rieselwelle unbemerkt an über die ganze

Vertikale. Wird diese Periode noch mit einem 30 mm Regenschauer oder mehr abgeschlossen, fließen die Lysimeter auf einmal so kolossal ab, dass die Beobachter total überrascht werden können, obwohl alles bis dahin noch ruhig erschien. Das Senkwasser zieht durch die Kapillarwirkung auch den obenliegenden Überschuß mit sich, wodurch der Lysimeter in zirka zwei Wochen, mit regelmäßig auf null zurückfallenden Abflüssen fast bis zur Feldkapazität entleert. Spektakuläre Fälle ergaben sich unter anderem im Oktober 1941, September 1946, September 1951 und August, September und November 1957.

Millimeter und Liter/Lysimeter

Molenkamp zeigte mir, daß bei der Umrechnung der Niederschlagsmessung in Millimeter nach Liter/Lysimeter nicht durch die Fläche des Lysimeterbehälters (625 m^2) dividiert werden muss. Die Wände des Behälters reichen bis zur Erdoberfläche. Sie sind oben flach und haben dort eine Breite von 10 cm. Bei der Umrechnung muss die Hälfte der flachen Oberseite dieser Wände, also $(4 \times 25 \text{ m}) \times 0,05 \text{ m} = 5 \text{ m}^2$, zu der Oberfläche des Lysimeters addiert werden. Der Faktor für die Umrechnung wird damit $625 + 5 = 630$. Bei der Umrechnung von Liter Abfluss nach Millimeter muss dieser Faktor selbstverständlich auch verwendet werden.

Die Jahre 1969 – 1971

Im Januar 1966 wurden alle Beobachtungstätigkeiten auf Wunsch des PWNs auf ein Minimum reduziert. Die Beobachter erhielten eine Anstellung im PWN-Büro "Fochtelloo". Damit befanden sie sich nicht mehr unmittelbar an ihrem Arbeitsort, sondern mussten die Kontrolle von der Ferne durchführen. Auch administrativ änderte man das Verfahren. Die Wochenlisten wurden von zweiseitig - A4 auf einseitig - A4 gekürzt. Dies gelang durch Löschen einiger überflüssiger Spalten, u.a. Wasserinhalt des Messkellers nach dem Pumpen (ist doch immer null). Die abgepumpte Menge behielt ihre Spalte, da diese Werte für die Berechnung von Jahressummen dienen. Solange Molenkamp der Vorgesetzte war, verursachten diese Änderungen keine Probleme. Wenn die Messkeller abgepumpt wurden achtete er immer sehr darauf, dass alle auch völlig entleert waren.

Im März 1969 wurde Molenkamp auf eigenen Wunsch in den Technischen Dienst versetzt. Mit ihm verschwanden auch Sachkenntnis und Verständnis für die Beobachtungen.

Die Beobachtungen wurden von instruierten Dünenaufsehern übernommen. Sie führten die Beobachtungen allein und nach bestem Wissen aus. Nicht allen Nachfolgern war richtig bewusst was hier wesentlich war. Kam man beim Pumpen in Zeitnot und beurteilte man der Keller schon als leer genug, dann stellte man die Pumpe ab und ging seines Weges. Man meldete dass gepumpt

worden war und wie üblich notierte man in der Wochenliste den Kellerinhalt als abgepumpte Menge. Über den viel zu hohe Kellerinhalt bei der nächsten Beobachtung wunderte sich niemand.

Gaben die Lysimeter einen ziemlich regelmäßigen Abfluss, so findet man am Tag nach dem Pumpen einen Abfluss welcher zu hoch ist. Ab April 1969 bis Januar 1970 wurden bei Lysimeter-1, -2 und -3 in Reihenfolge 10.600, 4.400 und 1.500 Liter detektiert.

Die Jahre 1972 – 1999

Ende 1971 wurde Niederschlagsstation 235 an den Eingang der neuen Pumpenhalle versetzt, wobei der 4 dm² Regenschirm gegen einen 2 dm² Regenschirm ausgetauscht wurde. Das Auspumpen der vier Messkeller wurde automatisiert. Wenn der Wasserspiegel im Keller den "oberen Schwimmerstand" erreichte lief die Pumpe an. Erreichte der Wasserspiegel einen "niedrigsten Schwimmerstand" dann setzte die Pumpe aus. Das ausgepumpte Sickerwasser lief über eine reguläre PWN-Wasseruhr aus dem Messkeller. Die Wasseruhr konnte mühelos 20 Jahre Sickerwassermengen messen. Jeden Montag (später Dienstag) wurden die vier Wasseruhren abgelesen. Der Beobachter startete dann die Pumpe. Diese lief bis der "niedrigste Schwimmerstand" erreicht wurde. Dann las er die Uhr ab. Damit waren alle Probleme die mit dem "pumpen mit offenem Hahn" zusammenhängen gelöst (s. S. 31-32). Das Sickerwasser dieser Woche bildete den Unterschied zwischen zwei nächsten Zählerständen.

Seit 1985 sind die Messwerte gespeichert. Von 1995 bis zum Ende der Beobachtungen in Mai 1999 sind die originellen Beobachtungen erhalten. Daher sind die Daten von 1985 - 1999 kontrollierbar nachzuprüfen. Es stellte sich heraus dass die vier Messeinrichtungen seit 1985 außerordentlich zuverlässig funktioniert haben. Über die Periode 1972 – 1985 war keine Kontrolle möglich. Die Ergebnisse (s. S.15-17) erscheinen in jedem Fall sehr zuverlässig. Die einzige Störung die in den Beobachtungen angetroffen wurde, stammt von dem falschen Ratschlag eines Mitarbeiters der Universität. Er wies das PWN darauf hin, dass die positive Pegelstandänderungen in den Abflussröhren als Sickerwasser aufgezählt werden müssten. Zu Unrecht hat man diesen Rat befolgt. Wie zu erwarten war betragen die Fehler die man dabei introduzierte höchstens 5 mm pro Jahr. Die Kontrolle die in der Datenreihe 1985 – 1999 möglich ist, zeigt indessen dass sie rund 3 mm pro Jahr (= 0.3%) liegen, oder so niedrig bleiben, dass sie keine Folgen haben. In der Periode 1985 – 1999 habe ich das korrigiert. In der Datenreihe 1972 – 1985 blieb alles entsprechend der Dokumentation und auch mit dem Ergebnis können wir sehr zufrieden sein.

Das Ende

Die letzte Beobachtung datiert vom 5. Mai 1999. In der letzten Märzwoche 2001 wurden die Lysimeter endgültig außer Betrieb gesetzt. Bei den Einstiegsschächten wurden alle Luken weggenommen und die Kabel und alle technischen Einrichtungen entfernt. Anschließend wurde in allen vier Messanlagen unten in der Außenwand eine Öffnung gebohrt und wurden die oberen Teile mit Kies und Sand aufgefüllt.

So wurden die Lysimeter in tiefer Ruhe in den Dünen von Castricum hinterlassen. Durch Überwucherung von Brennesseln waren alle Anlagen innerhalb einiger Monate unsichtbar geworden. Vielleicht wartet die Anlage in aller Stille auf einen Prinz der sie wieder wach küsst.

Datenreihe CASDRAIN.TXT

Niederschlag und Abfluss Castricum 1941 – 1999

```
"CDRN jjjj mm dd dg Rcas Q PbA Q Drn1 Q Drn2 Q Drn3 Q Drn4 Q<"  
" . 1 . 2 . 3 . 4 . 5 . 6 . "
```

ERKLÄRUNG:

CDRN jjjj mm dd dg	Text "CDRN" (Kennzeichen Datenblöcke), Jahr, Monat(01,...12) und Tag(01...31). Die Position "dg" bezeichnet die Sonntage mit "ZO".
Rcas	Messung Bodenregenschirm 08-08 MOZ in mm mit einer Stelle.
PbA	Pegelrohr-A (in der Mitte zwischen Lysimeter-2 und -3). Pegelstand in cm+NAP (Normaal Amsterdams Peil – Amsterdamer Pegel). (Die Oberseite der Abflussrinnen liegt auf 125 cm+NAP)
Drn1, Drn2, Drn3, Drn4	Die vormittägliche Messung der vier Abflüsse von Lysimeter-1, -2, -3, -4, in Liter. In der Periode 1941-1971 war dies eine komplizierte Messung. Bei der Verarbeitung täglich ausgeführter Messungen ist es sehr wichtig, die Qualitätszahlen genau zu beachten. (Bedeutung der Qualitätszahlen siehe Paragraph 3) In der Periode 1972-1999 findet man nur die Qualität-0 und -8.
Q	Qualität: 0=fehlerfrei, 8=ergänzt und 9=fehlt (Q weicht hier ab von Paragraph 3: Qualität und Kodetafeln)
Zeichen "<<"	Steht für Zeilenumbruch-Befehl (#13), auf Position 68 im Datensatz.
NB:	Dieser Datensatz war für das PWN von größter Bedeutung. Die erhaltenen Daten verkörperten das Ziel, dass beim Bau der Lysimeter gesetzt wurde. Ab Mitte der fünfziger Jahre übten die gewonnenen Einsichten einen maßgebenden Einfluß auf die Pflege- und Verwaltungsmaßnahmen der Naturgebiete aus. Die Ergebnisse erweckten auch internationales Interesse.

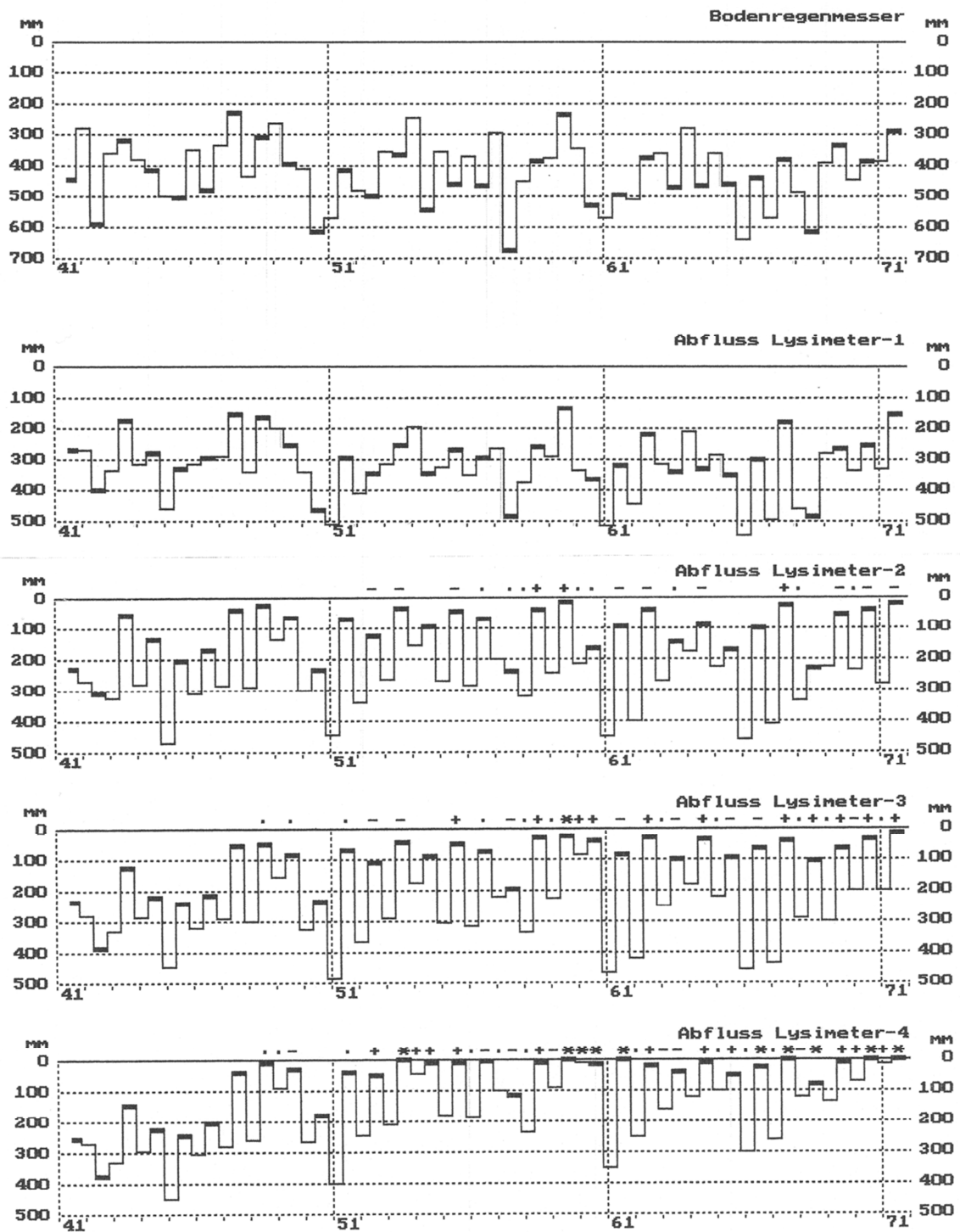


Abb. 20: Niederschlag und Abfluss 1941-1971

Halbjahressummen für Sommer (Mai-Oktober —) und Winter (November-April —) von täglichen Messungen von Niederschlag und den vier Abflüssen.

Entlang die 0 mm Linien kann man das Austrocknen der Lysimeter verfolgen:

- | | | | |
|--------|------------------------------|---|-------------------------------|
| blanko | Abfluss nicht vorgekommen | + | 92 – 136 Tage mit Abfluss = 0 |
| . | 1 – 45 Tage mit Abfluss = 0 | * | > 136 Tage mit Abfluss = 0 |
| - | 46 - 91 Tage mit Abfluss = 0 | | |

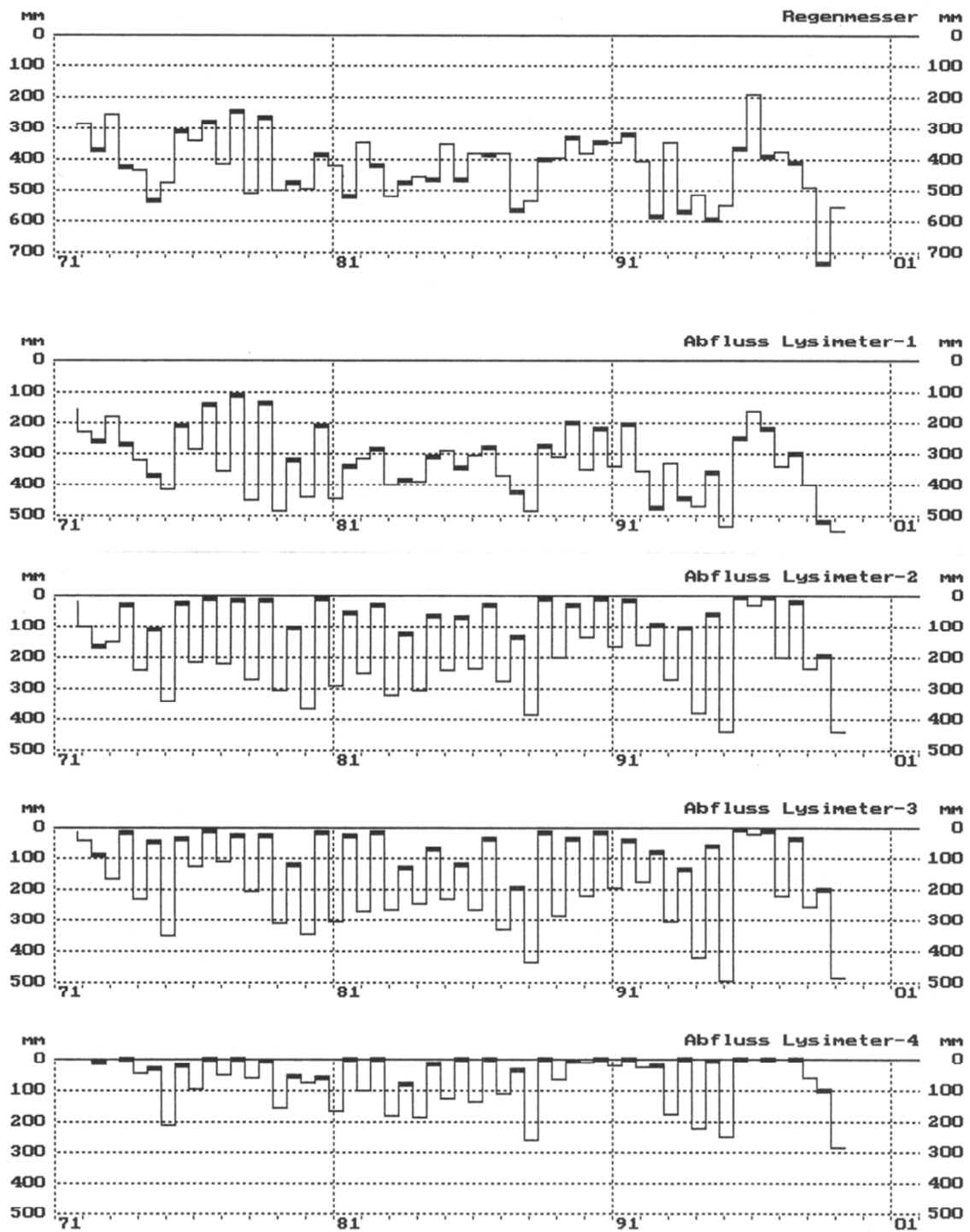


Abb. 21: Niederschlag und Abfluss 1972-1999

Halbjahressummen für Sommer (Mai-Oktober —) und Winter (November-April - -) von täglichen Messungen von Niederschlag und von den in Tagessummen aufgeteilten vier Abflussmessungen.

8. Datenreihe für Schüler

In der Datenreihe CEXERCIT.TXL wurde ein einfacher Satz hydrologischer Beobachtungen der Lysimeteranlage Castricum zusammengestellt. Es handelt sich um die Niederschläge, gemessen mit dem Bodenregenschirm Rcas, um die Tagessummen der Verdunstung, berechnet mit vier verschiedenen Formeln und um die Abflüsse der vier Lysimeter. Um die Anwendbarkeit einfach zu halten, sind in dieser Datenreihe die den Daten zugehörigen Qualitätszahlen nicht mitgegeben. Die Datenreihe fängt am 9. Juli 1941 an und endet am 31. Dezember 1971. Sie zählt 11.133 Datensätze, jeder mit 69 Zeichen. Eingelesen in EXCEL entsteht eine komplett gefüllte Rechentabelle mit 13 Spalten und 11.133 Reihen.

Im ersten Term der Penmanformel berechnet man die Globalstrahlung mit einer Formel die 20% zu niedrige Ergebnisse gibt. Darum werden zwei Varianten der Penmanformel verwendet. Die vier Formeln für die Berechnung der Tagessummen der Verdunstung werden damit:

- EQ Die Penmanformel, bei der Tagessummen der Globalstrahlung, Tagesmittel der Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit auf 2 m Höhe und relative Feuchte als Eingabe benützt werden.
- Eo Die klassische Penmanformel, bei der Tagesmittel der relativen Sonnenscheindauer, Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit auf 2 m Höhe und relative Feuchte als Eingabe benützt werden.
- Er Die Referenz Gewächsverdunstung nach Makkink, wobei nur die Tagessummen der Globalstrahlung und Tagesmittel der Lufttemperatur als Eingabe benützt werden.
- Exn Referenz Gewächsverdunstung nach Makkink, berechnet mit täglichen Extremtemperaturen: Maximum T_x und Minimum T_n . Die Tagessumme der Globalstrahlung lässt sich bestimmen aus: $10 * (T_x - T_n) / 2 * \text{Tageslänge}$ und Tagesmittel der Lufttemperatur aus $(T_x + T_n) / 2$. Der Zusammenhang der Globalstrahlung mit $(T_x - T_n)$ ist keine Überraschung denn $(T_x - T_n)$ wird eben durch die Globalstrahlung verursacht.

Datenreihe CEXERCIT.TXL

Datenreihe für Schüler, Castricum 1941 – 1971

```

"EXERCIT jjjj mm dd Rcas EQ Eo Er Exn Drn1 Drn2 Drn3 Drn4<"
" . 1 . 2 . 3 . 4 . 5 . 6 . "
```



```

EXERCIT 1941 07 09 0.0 7.8 6.0 6.0 5.3 0.52 0.44 0.57 0.55<
EXERCIT 1941 07 10 0.0 6.6 5.1 5.3 4.0 0.53 0.47 0.56 0.54<
EXERCIT 1941 07 11 0.0 8.1 6.3 6.1 4.2 0.59 0.49 0.62 0.60<
EXERCIT 1941 07 12 0.0 6.8 5.4 5.2 4.4 0.55 0.49 0.53 0.56<
EXERCIT 1941 07 13 0.0 6.0 4.8 4.6 3.7 0.46 0.37 0.48 0.42<
EXERCIT 1941 07 14 0.0 7.0 5.3 5.6 2.4 0.37 0.31 0.34 0.30<
EXERCIT 1941 07 15 0.5 3.4 3.1 2.6 2.0 0.56 0.40 0.59 0.52<
EXERCIT 1941 07 16 0.2 4.3 3.6 3.4 1.5 0.49 0.46 0.49 0.46<

```

usw.

ERKLÄRUNG:

EXERCIT jjjj mm dd	Text "EXERCIT" (Kennzeichen Datenblöcke), Jahr, Monat (01...12) und Tag (01...31).
Rcas	Messung Bodenregnmesser 08 – 08 Uhr, in mm mit einer Dezimalstelle.
EQ, Eo, Er, Exn	Potenzielle Verdunstung, berechnet mit vier verschiedenen Formeln. Alle vier in mm mit einer Dezimalstelle.
Drn1, Drn2, Drn3, Drn4	Vormittagsbeobachtung Abfluss in Lysimeter-1,...,-4, in mm mit zwei Dezimalstellen.
Zeichen "<"	Steht für Zeilenbruch-Befehl (#13) auf Position 69 im Datensatz.

9. Bodentemperaturen

Die Datenreihen der Bodentemperaturen machen es möglich, um auf eine exzellente Weise die Wasserhaushaltsmodelle zu überprüfen. Bei nicht bewachsenen Boden findet die Umsetzung von Energie an der Bodenoberfläche statt. Ab und zu verursacht dies extreme Zustände.

Deshalb war von Anfang an deutlich, dass die Messung von Bodentemperaturen notwendig war, um den tatsächlichen Vorgängen in den Lysimetern folgen zu können. Es war sehr aufwendig um während mehr als zwanzig Jahren an vier Standorten, dreimal täglich in fünf verschiedenen Tiefen (0, 10, 25, 50 und 100 cm) die Temperaturen zu messen.

Entschieden wurde um nicht alle 360.000 Daten in den Computer einzuführen, sondern gleich Datenreduktion zu verwenden. In das Programm EXCEL wurden die monatliche Mittel von 08, 14 und 19 Uhr eingeführt und die Tagesmittel für die Niveaus 0, 10, 25, 50, und 100 cm Tiefe berechnet. Dabei wurde auch gezählt wie oft die 14 Uhr Temperaturmessungen am Boden (0 cm Tiefe) $\geq 40^{\circ}\text{C}$, $\geq 30^{\circ}\text{C}$ und $\geq 20^{\circ}\text{C}$ war. Auch die Monatsmittelwerte der Minimumtemperatur (T_n), Maximumtemperatur (T_x) und Tagesmitteltemperatur (TT) gemessen in der Thermometerhütte und die Minimumtemperatur in 10-cm Höhe (T_{gn}) wurden zugefügt. Schließlich wurden für das Sommerhalbjahr (Mai-Oktober) die höchste Mittel und für das Winterhalbjahr (November-April) die niedrigste Mittel auserwählt. Die Anzahl von Temperaturüberschreitungen am Boden wurden hinzugefügt und der Unterschied zwischen T_n und T_{gn} wurde berechnet. Die Daten sind in einer Tabelle und in Grafiken auf den nächsten Seiten festgelegt.

Erstens, und zu meinem Erstaunen, stellte es sich heraus dass die niedrigsten Wintermonatsmittelwerte (November – April) der Temperaturen nur vom Wetter (kalte oder milde Winter) und nicht von der Bodenbedeckung abhängig sind. Die Temperaturen in 0, 50 und 100 cm Tiefe zeigten während der ganzen zwanzig Jahre von 1941 bis 1961 in den vier Grafiken innerhalb einer sehr kleinen Streuung einen ganz ähnlichen Verlauf. In den Grafiken wurden die Daten für 10 und 25 cm Tiefe nicht abgebildet da sie kaum von den Oberflächenwerten (0 cm) abwichen.

An der Messstelle neben Lysimeter-2 sind die Umgebungsfaktoren dreißig Jahre gleich geblieben. Über die Winterbeobachtungen kann nichts Neues gemeldet werden. Die Sommerwerte sind fast völlig konstant. Es sieht so aus dass die tieferen Messungen in den letzten zehn Jahren allmählich niedrigere Werte ergaben. Vielleicht verhält der Boden sich im Laufe der Jahre mehr wie unberührter Boden.

Die Bodentemperaturmessungen unter dem nackten Sandboden verliefen gewiss nicht ungestört, da bis Mitte April 1948 die Messungen in unberührtem Gebiet auf einem kahlen Stück irgendwo außerhalb der Behälter stattfanden und danach in der Mitte von Lysimeter-1.

Es erstaunt mich, dass die Winterbeobachtungen nach dieser östlichen Verschiebung keine Abweichungen verzeichneten. Die Sommerbeobachtungen der Oberfläche zeigten, wie erwartet, wesentlich höhere Werte an als die unter der Grasoberfläche in der Umgebung von Lysimeter-2 gemessenen. Dies ist sowohl vor als nach der Verlegung der Fall. Auf der kahlen Sandoberfläche sind die Überschreitungen von 20 °C, 30 °C und 40 °C selbstverständlich höher als die unter Gras. In dem unberührten Gebiet sind die Temperaturen in einem Meter Tiefe jedoch niedriger als unter Gras. Eine Ursache kann ich nicht andeuten.

Die Sommerbeobachtungen zwischen aufgehenden Eichensämlingen unterscheiden sich während der ersten zehn Jahre kaum von den Messungen auf kahlem Sandboden. Nach 1950 ändert sich dies drastisch. Sogar von den Temperaturüberschreitungen ≥ 20 °C auf 0 cm bleibt schließlich fast nichts übrig.

Die Sommerbeobachtungen zwischen aufgehenden Schwarzen Kiefern zeigen dasselbe Bild, aber die Entwicklungen verlaufen schneller. Die erste Bodentemperaturabnahme wird Mitte der vierziger Jahre gemessen.

Die Minimumtemperaturen auf 10 cm Höhe (Grasminimum) neben den Lysimetern-2, -3 und -4 kann ich nicht gut erklären. Während der ersten Jahre sinken sie im Durchschnitt um 1 bis 2 Grad unter T_n . Nach 1944 steigt diese Differenz auf 2 bis 4 Grad (zunehmender Schutz in der Landschaft?). Bei Lysimeter-2 nimmt diese Differenz noch um ein Grad Celsius ab. Bei Lysimeter-3 nimmt dieser Unterschied nach 1950 ab und ist am Ende der Messreihe 1957 fast null. Auch bei Lysimeter-4 sinkt die Differenz und wird sogar negativ ($T_{gn} > T_n$).

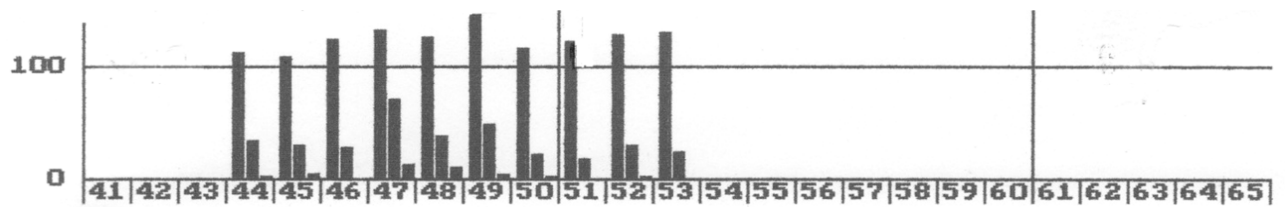


Abb. 22. Temperatur um 14 Uhr auf 0 cm: ≥ 20 , ≥ 30 , ≥ 40 °C

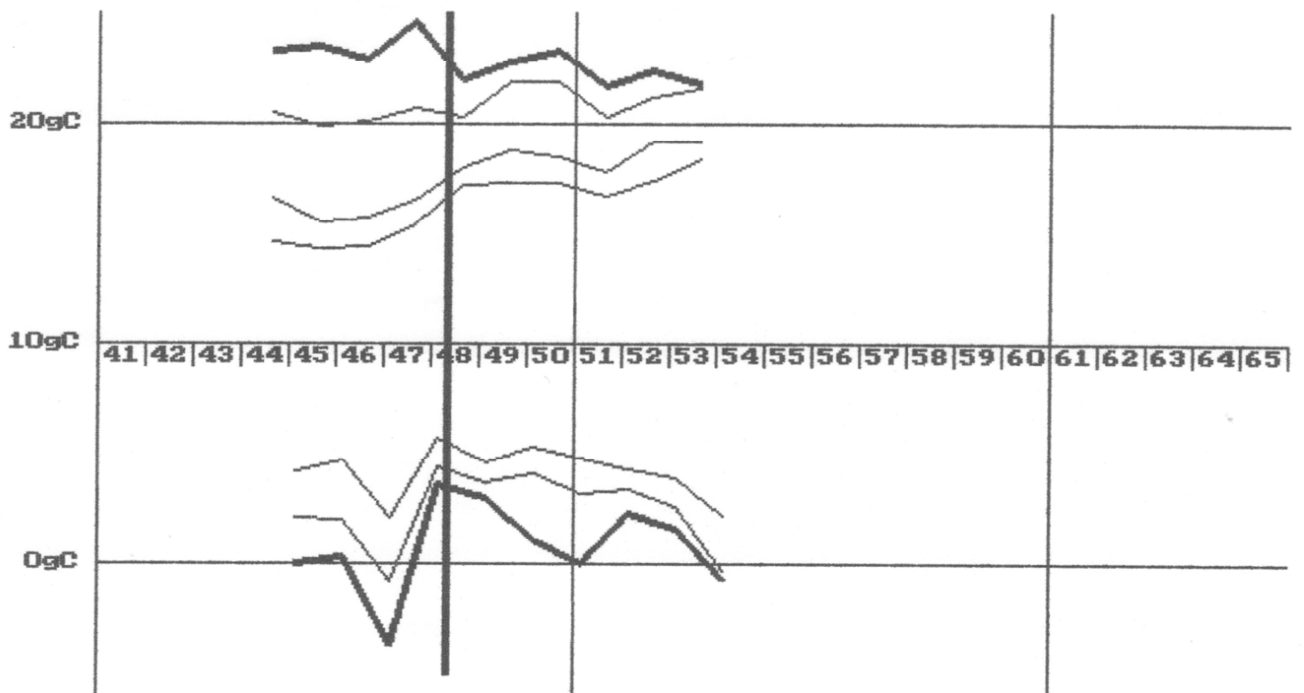


Abb. 23. Höchste Monatsmittelwerte der Bodentemperatur im Sommer (0 cm, 10 cm, 50 cm, 100 cm) und niedrigste Monatsmittelwerte der Bodentemperatur im Winter (100 cm, 50 cm, 0 cm) in ungestörtem Sand in Lysimeter-1

Im Herbst 1944 fingen die Bodentemperaturbeobachtungen auf nacktem Boden an, auf einem kahlen Grundstück außerhalb der Lysimeteranlagen. Mitte April 1948 wurde die Apparatur auf eine Stelle in der Mitte von Lysimeter-1 versetzt. Die Messungen wurden nach dem Winter 1954 beendet, wahrscheinlich weil man zu viel Behinderung empfand von Sandverwehungen, weshalb die Messtiefe nicht konstant blieb.

Verdächtige Daten: 1944 Sommer, 50 cm: 15,0 °C wird 16,0 °C
 1945 Winter, 50 cm: 1,1 °C wird 2,1 °C
 1945 Sommer, 50 cm: 14,5 °C wird 15,5 °C

Hütte - 1

Temperaturbeobachtungen unter nicht bewachsenem Sand

Jahr	Jz	Tn	Tx	TT	≥40	≥30	≥20	0cm	10cm	25cm	50cm	100cm
1941	Z	13,6	22,8	18,1								
1942	W	-7,5	-1,7	-4,4								
1942	Z	13,6	21,8	17,5								
1943	W	0,8	5,9	3,4								
1943	Z	13,6	20,6	16,6								
1944	W	-0,6	4,8	2,2								
1944	Z	13,2	23,5	18,2	1	34	112	23,3	20,5	18,5	16,0	14,8
1945	W	-4,3	2,8	-0,4	0	0	1				2,1	4,2
1945	Z	13,6	21,3	17,4	4	29	107	23,5	19,9	18,0	15,5	14,3
1946	W	-2,3	2,9	0,6	0	0	17	0,3	0,9	1,6	2,0	4,7
1946	Z	12,3	21,3	16,6	0	28	106	22,9	20,1	18,0	15,7	14,4
1947	W	-9,0	-3,9	-6,2	0	0	4	-3,7	-3,3	-2,2	-0,8	2,1
1947	Z	13,3	24,5	18,6	11	70	128	24,6	20,7	19,5	16,5	15,4
1948	W	0,1	6,1	3,0	0	3	10	3,6	3,7	4,1	4,4	5,7
1948	Z	12,5	20,2	16,2	9	34	115	22,0	20,3	18,9	18,6	17,2
1949	W	-1,1	6,9	3,3	0	2	16	3,0	3,0	3,2	3,7	4,6
1949	Z	12,3	21,6	16,7	3	45	129	23,8	21,9	20,1	18,8	17,3
1950	W	-1,7	4,2	1,6	0	0	5	1,1	1,5	2,4	4,1	5,3
1950	Z	12,6	21,4	16,8	1	22	110	23,3	21,9	19,7	18,5	17,3
1951	W	-2,9	2,9	0,2	0	2	6	0,0	0,5	1,7	3,2	4,8
1951	Z	11,6	19,9	15,7	0	15	115	21,7	20,3	18,2	17,8	16,7
1952	W	-0,4	5,4	2,7	0	2	15	2,3	2,5	2,8	3,4	4,3
1952	Z	12,5	20,7	16,6	1	27	113	22,4	21,2	19,5	19,2	17,4
1953	W	-1,2	4,2	1,9	0	0	10	1,6	1,6	1,9	2,6	3,9
1953	Z	13,8	20,5	16,7	0	24	119	21,8	21,6	20,3	19,2	18,4
1954	W	-3,7	1,9	-0,8	0	0	6	-0,7	-1,2	-0,6	-0,3	2,2
1954	Z	11,6	18,8	15,2								
1955	W	-3,0	3,0	0,2								
1955	Z	12,7	22,3	17,4								
1956	W	-11,6	-1,9	-6,3								
1956	Z	12,6	19,3	15,7								
1957	W	1,7	6,0	4,0								
1957	Z	13,2	20,9	17,0								
1958	W	-2,4	5,2	1,6								
1958	Z	13,1	20,3	16,6								
1959	W	-1,0	3,5	1,3								
1959	Z	12,5	22,8	17,4								
1960	W	-0,2	5,9	3,1								
1960	Z	12,1	20,2	15,6								
1961	W	-0,1	4,7	2,4								
1961	Z	12,3	20,1	15,7								

Tabelle 3. Bodentemperaturen in ungestörten Böden im Vergleich mit Lufttemperaturen

Zwischen Lysimeter-1 und -2 wurde für die Aufstellung verschiedener Messgeräte ein Rasen angelegt. Der Rasen wurde immer gut gepflegt. Das Gras schloß sehr gut an bei der benachbarten Bodenbedeckung von Lysimeter-2, bepflanzt mit Helmgras. Die Verhältnisse bei der Beobachtung sind in dreißig Jahren unverändert geblieben.

Verdächtige Daten: 1957 Winter, 0 cm: 4,3 °C wird 3,3 °C

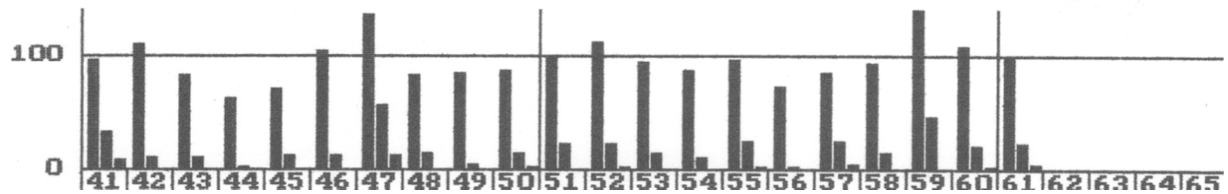


Abb. 24. 14 Uhr Temperatur auf 0 cm: ≥ 20 , ≥ 30 , ≥ 40 °C

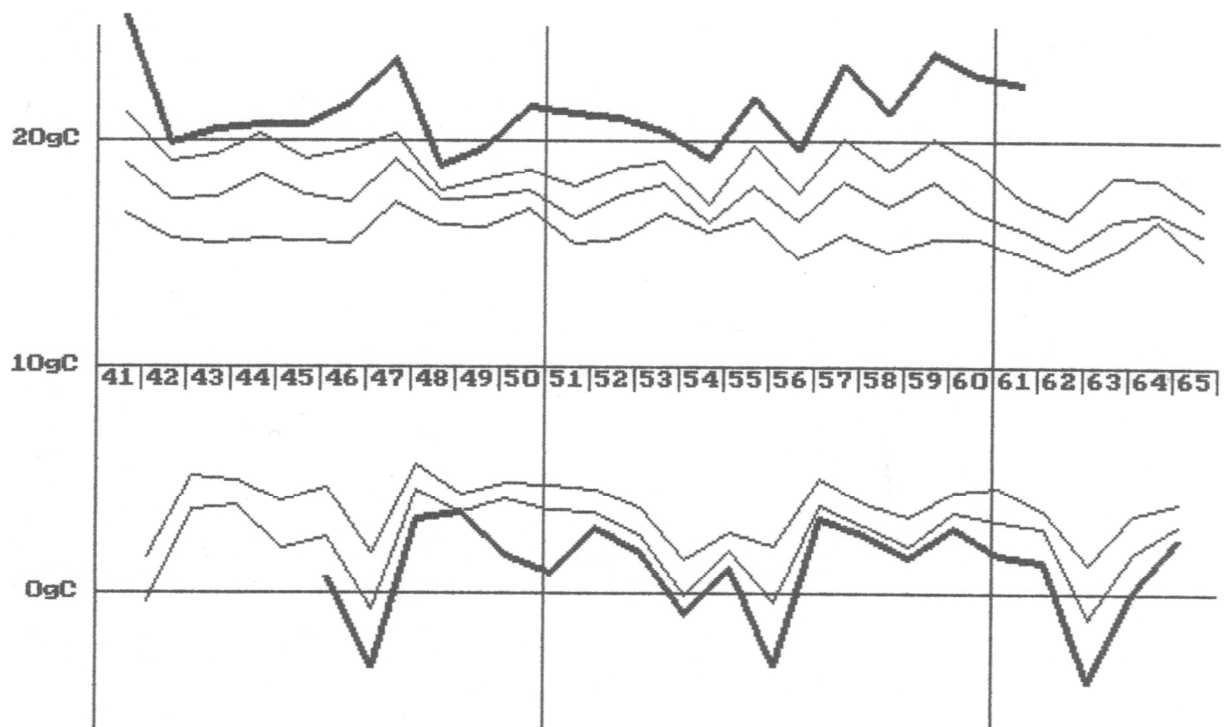


Abb. 25. Höchste Monatsmittelwerte der Bodentemperatur im Sommer (0 cm, 10 cm, 50 cm, 100 cm) und niedrigste Monatsmittelwerte der Bodentemperatur im Winter (100 cm, 50 cm, 0 cm) in ungestörtem Sand in Lysimeter-2

Hütte – 1				Beobachtungen neben Lysimeter-2									
Jahr	Jz	Tn	Tx	TT	Tn-Tgn	≥40	≥30	≥20	0cm	10cm	25cm	50cm	100cm
1941	Z	13,6	22,8	18,1	1,5	7	31	96	25,5	21,2	20,2	19,0	16,8
1942	W	-7,5	-1,7	-4,4	0,9	0	0	8				-0,4	1,6
1942	Z	13,6	21,8	17,5	2,0	0	10	101	19,9	19,1	18,4	17,4	15,7
1943	W	0,8	5,9	3,4	1,9	0	0	1				3,7	5,2
1943	Z	13,6	20,6	16,6	2,5	0	10	81	20,5	19,4	18,4	17,5	15,5
1944	W	-0,6	4,8	2,2	2,0	0	0	0				3,9	5,0
1944	Z	13,2	23,5	18,2	2,7	0	1	62	20,7	20,3	19,8	18,5	15,7
1945	W	-4,3	2,8	-0,4	2,3	0	0	0				2,0	4,1
1945	Z	13,6	21,3	17,4	2,8	0	12	70	20,7	19,2	18,8	17,6	15,6
1946	W	-2,3	2,9	0,6	2,3	0	0	10	0,7	0,8	1,4	2,5	4,7
1946	Z	12,3	21,3	16,6	2,8	0	11	93	21,7	19,6	18,5	17,3	15,5
1947	W	-9,0	-3,9	-6,2	2,3	0	0	6	-3,3	-3,3	-2,4	-0,7	1,8
1947	Z	13,3	24,5	18,6	3,7	12	56	130	23,6	20,3	19,9	19,2	17,3
1948	W	0,1	6,1	3,0	3,0	0	0	5	3,3	3,4	4,0	4,6	5,7
1948	Z	12,5	20,2	16,2	4,2	0	14	77	18,9	17,8	17,8	17,4	16,3
1949	W	-1,1	6,9	3,3	3,1	0	0	5	3,6	3,3	3,6	3,6	4,4
1949	Z	12,3	21,6	16,7	2,9	0	3	78	19,7	18,3	18,3	17,5	16,2
1950	W	-1,7	4,2	1,6	2,6	0	0	0	1,7	2,6	3,3	4,2	4,9
1950	Z	12,6	21,4	16,8	1,8	1	13	85	21,5	18,7	18,2	17,8	17,0
1951	W	-2,9	2,9	0,2	1,5	0	0	2	0,9	1,8	2,5	3,7	4,8
1951	Z	11,6	19,9	15,7	2,3	0	22	97	21,2	18,0	17,2	16,6	15,5
1952	W	-0,4	5,4	2,7	1,7	0	0	7	2,9	2,9	3,1	3,6	4,6
1952	Z	12,5	20,7	16,6	2,2	1	21	104	21,0	18,8	18,3	17,6	15,7
1953	W	-1,2	4,2	1,9	1,4	0	0	3	1,8	2,1	2,3	2,6	3,8
1953	Z	13,8	20,5	16,7	1,5	0	14	91	20,4	19,1	18,8	18,1	16,8
1954	W	-3,7	1,9	-0,8	1,3	0	0	5	-0,9	-1,0	-1,0	-0,1	1,5
1954	Z	11,6	18,8	15,2	1,3	0	10	80	19,2	17,2	16,8	16,4	16,0
1955	W	-3,0	3,0	0,2	1,0	0	0	1	1,1	1,4	1,7	1,9	2,7
1955	Z	12,7	22,3	17,4	1,7	1	23	95	21,9	19,8	18,6	18,0	16,6
1956	W	-11,6	-1,9	-6,3	1,3	0	0	0	-3,2	-2,9	-2,1	-0,4	2,1
1956	Z	12,6	19,3	15,7	1,5	0	1	72	19,6	17,7	17,2	16,5	14,8
1957	W	1,7	6,0	4,0	1,3	0	0	2	3,3	3,5	3,5	3,9	5,1
1957	Z	13,2	20,9	17,0	1,5	4	23	81	23,4	20,1	19,2	18,2	15,9
1958	W	-2,4	5,2	1,6	1,1	0	0	0	2,6	2,8	3,0	3,0	4,0
1958	Z	13,1	20,3	16,6	1,8	0	14	92	21,2	18,7	18,0	17,1	15,1
1959	W	-1,0	3,5	1,3	1,4	0	0	0	1,6	1,7	2,0	2,1	3,4
1959	Z	12,5	22,8	17,4	3,0	0	46	139	23,9	20,1	18,7	18,2	15,7
1960	W	-0,2	5,9	3,1	1,0	0	0	1	2,9	3,0	3,2	3,6	4,5
1960	Z	12,1	20,2	15,6	1,8	2	19	108	22,9	19,0	17,7	16,8	15,7
1961	W	-0,1	4,7	2,4	1,5	0	0	0	1,7	2,0	2,5	3,2	4,7
1961	Z	12,3	20,1	15,7	2,0	4	21	99	22,5	17,4	17,0	16,1	15,0
1962	W	-2,6	4,9	1,3	1,2	0	0	1	1,4	2,3	2,5	2,9	3,7
1962	Z	11,6	18,1	14,9	1,9				*	16,6	*	15,2	14,2
1963	W	-9,5	-2,6	-5,7	1,1				*	-3,9	*	-1,1	1,3
1963	Z	11,7	19,6	15,3	1,2				*	18,4	*	16,5	15,1
1964	W	-3,8	2,6	-0,6	1,0				*	0,1	*	1,8	3,5
1964	Z	11,4	20,2	15,9	1,4				*	18,3	*	16,8	16,5
1965	W	-2,0	5,1	2,4	1,0				*	2,4	*	3,0	4,0
1965	Z	11,7	19,0	15,1	1,2				*	17,0	*	15,9	14,8

Tabelle 4. Temperaturbeobachtungen neben Lysimeter-2

In der Nähe der Nordostecke von Lysimeter-3 wurde zwischen der Eichenverjüngung auch Bodentemperatur und Grasminimumtemperatur gemessen. Die Bodenbedeckung entwickelte sich von Saatgut zum jungen Eichenwald mit einer Waldstreuschicht. Für Einzelheiten s. S. 6, Abbildung 3. Die Umstände für die Beobachtungen und damit die Messungen blieben bestimmt nicht gleich.

Verdächtige Daten wurden nicht gefunden.

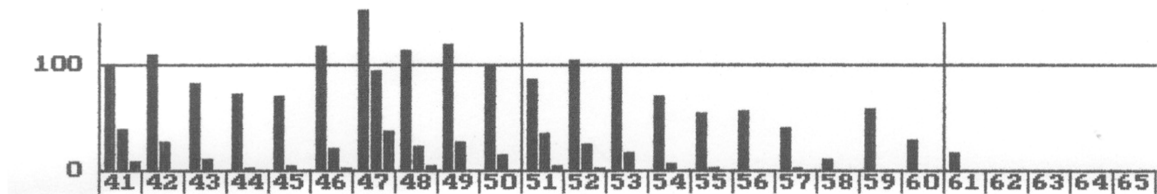


Abb. 28. 14 Uhr Temperatur auf 0 cm: ≥ 20 , ≥ 30 , ≥ 40 °C

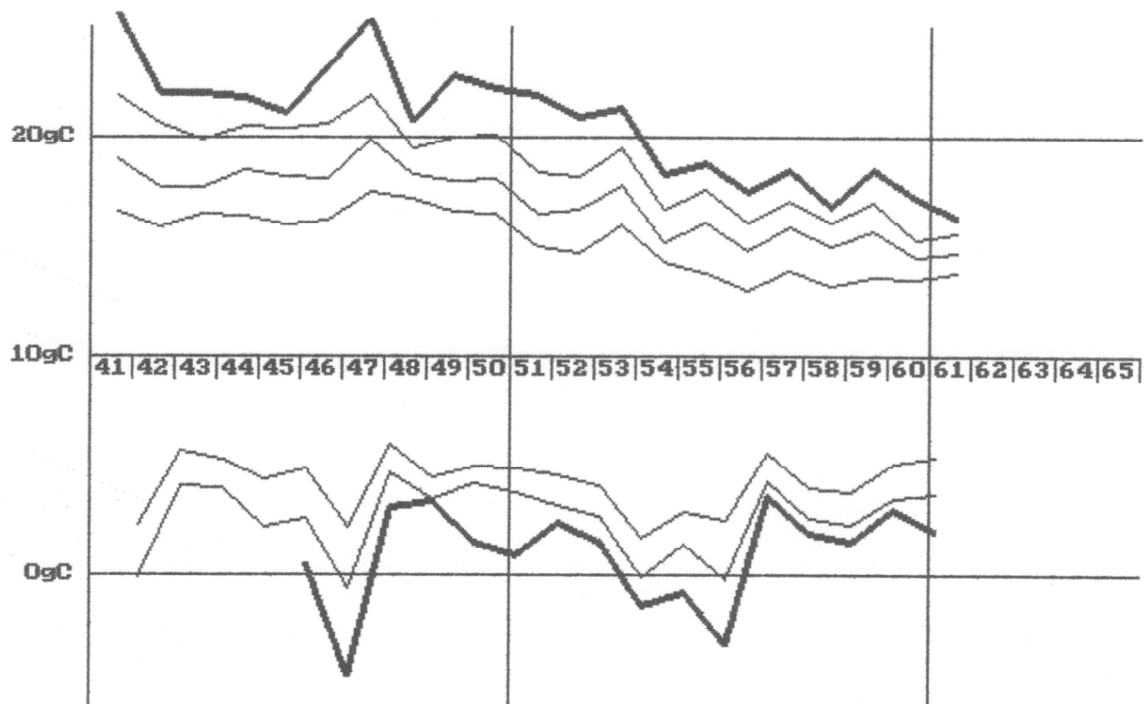


Abb. 27. Höchste Monatsmittelwerte der Bodentemperatur im Sommer (0 cm, 10 cm, 50 cm, 100 cm) und tiefste Monatsmittelwerte der Bodentemperatur im Winter (100 cm, 50 cm, 0 cm)

Hütte – 1					Beobachtungen neben Lysimeter-3									
Jahr	Jz	Tn	Tx	TT	Tn-Tgn	≥40	≥30	≥20	0cm	10cm	25cm	50cm	100cm	
1941	Z	13,6	22,8	18,1	1,4	7	37	100	25,6	21,9	20,7	19,0	16,6	
1942	W	-7,5	-1,7	-4,4	*	0	0	7				-0,1	2,3	
1942	Z	13,6	21,8	17,5	1,0	0	25	103	22,0	20,6	19,2	17,7	15,9	
1943	W	0,8	5,9	3,4	1,3	0	0	0				4,1	5,7	
1943	Z	13,6	20,6	16,6	1,5	0	10	81	22,0	19,9	18,9	17,7	16,5	
1944	W	-0,6	4,8	2,2	1,5	0	0	0				4,0	5,3	
1944	Z	13,2	23,5	18,2	2,3	0	1	72	21,8	20,5	20,1	18,5	16,4	
1945	W	-4,3	2,8	-0,4	2,2	0	0	0				2,2	4,4	
1945	Z	13,6	21,3	17,4	2,6	0	3	69	21,1	20,4	19,7	18,2	16,0	
1946	W	-2,3	2,9	0,6	1,8	0	0	9	0,5	1,0	1,6	2,6	4,9	
1946	Z	12,3	21,3	16,6	2,2	2	20	108	23,2	20,6	19,7	18,1	16,2	
1947	W	-9,0	-3,9	-6,2	2,1	0	0	4	-4,6	-3,9	-1,0	-0,6	2,2	
1947	Z	13,3	24,5	18,6	3,0	35	94	147	25,4	21,9	20,9	19,9	17,5	
1948	W	0,1	6,1	3,0	2,2	0	0	7	3,1	3,7	4,2	4,7	6,0	
1948	Z	12,5	20,2	16,2	3,2	3	22	106	20,7	19,5	18,9	18,3	17,2	
1949	W	-1,1	6,9	3,3	3,3	0	0	4	3,4	3,4	3,4	3,5	4,5	
1949	Z	12,3	21,6	16,7	2,1	0	25	116	22,6	20,0	18,7	18,0	16,6	
1950	W	-1,7	4,2	1,6	1,9	0	0	0	1,5	2,3	3,1	4,2	5,0	
1950	Z	12,6	21,4	16,8	*	0	13	97	22,2	20,1	19,2	18,1	16,5	
1951	W	-2,9	2,9	0,2	*	0	0	0	0,9	1,8	2,5	3,8	4,9	
1951	Z	11,6	19,9	15,7	*	3	33	86	21,9	18,4	17,6	16,5	15,0	
1952	W	-0,4	5,4	2,7	0,8	0	0	8	2,4	2,3	2,7	3,2	4,6	
1952	Z	12,5	20,7	16,6	1,1	1	23	95	20,9	18,2	17,8	16,7	14,7	
1953	W	-1,2	4,2	1,9	0,4	0	0	4	1,6	1,7	2,0	2,7	4,1	
1953	Z	13,8	20,5	16,7	1,0	0	16	95	21,3	19,5	19,0	17,8	16,0	
1954	W	-3,7	1,9	-0,8	0,7	0	0	6	-1,4	-1,5	-1,4	-0,1	1,7	
1954	Z	11,6	18,8	15,2	0,7	0	5	64	18,3	16,7	16,1	15,2	14,3	
1955	W	-3,0	3,0	0,2	0,4	0	0	1	0,8	0,8	1,0	1,4	2,9	
1955	Z	12,7	22,3	17,4	0,1	0	1	53	18,8	17,6	17,2	16,1	13,8	
1956	W	-11,6	-1,9	-6,3	0,1	0	0	4	-3,2	-3,1	-2,1	-0,2	2,8	
1956	Z	12,6	19,3	15,7	0,2	0	0	51	17,5	16,1	15,7	14,8	13,0	
1957	W	1,7	6,0	4,0	0,3	0	0	0	3,6	3,3	3,4	4,3	5,6	
1957	Z	13,2	20,9	17,0	0,1	0	2	39	18,5	17,1	17,0	15,9	13,9	
1958	W	-2,4	5,2	1,6		0	0	0	1,9	2,2	2,2	2,6	4,0	
1958	Z	13,1	20,3	16,6		0	0	10	16,8	16,1	15,9	15,0	13,2	
1959	W	-1,0	3,5	1,3		0	0	0	1,5	1,4	1,8	2,3	3,8	
1959	Z	12,5	22,8	17,4		0	0	57	18,5	17,0	16,6	15,7	13,6	
1960	W	-0,2	5,9	3,1		0	0	0	3,0	2,9	3,0	3,8	5,1	
1960	Z	12,1	20,2	15,6		0	0	28	17,2	15,3	15,0	14,5	13,5	
1961	W	-0,1	4,7	2,4		0	0	0	2,0	2,3	2,7	3,7	5,4	
1961	Z	12,3	20,1	15,7		0	0	16	16,3	15,6	15,3	14,7	13,8	

Tabelle 5. Temperaturbeobachtungen neben Lysimeter-3

In der Nähe von Lysimeter-4 zwischen der Kieferverjüngung der Schwarzkiefer wurde auch Bodentemperatur und Grasminimumtemperatur gemessen. Die Bodenbedeckung entwickelte sich von Saatgut zum jungen Kieferwald mit einer Waldstreuschicht. Für Einzelheiten s. S.6 Abbildung 4. Auch hier ist eine große Abnahme der höchsten Monatsmittelwerte im Sommer zu verzeichnen.

Verdächtige Daten: 1959 Sommer, 100 cm: 12,8 °C wird 14,3 °C
 1960 Winter, 100 cm: 3,1 °C wird 4,6 °C
 1960 Sommer, 100 cm: 12,2 °C wird 13,7 °C
 1961 Winter, 100 cm: 3,6 °C wird 5,1 °C
 1961 Sommer, 100 cm: 12,6 °C wird 14,1 °C

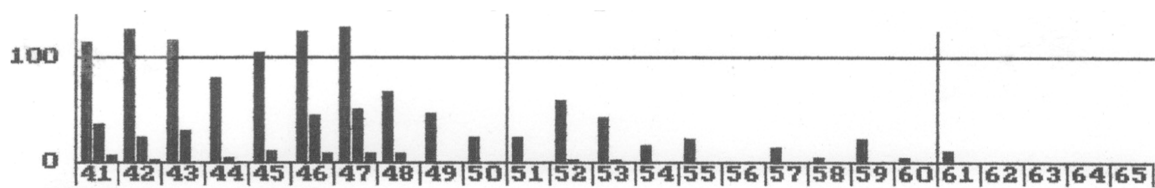


Abb. 28. 14 Uhr Temperatur auf 0 cm: ≥ 20 , ≥ 30 , ≥ 40 °C

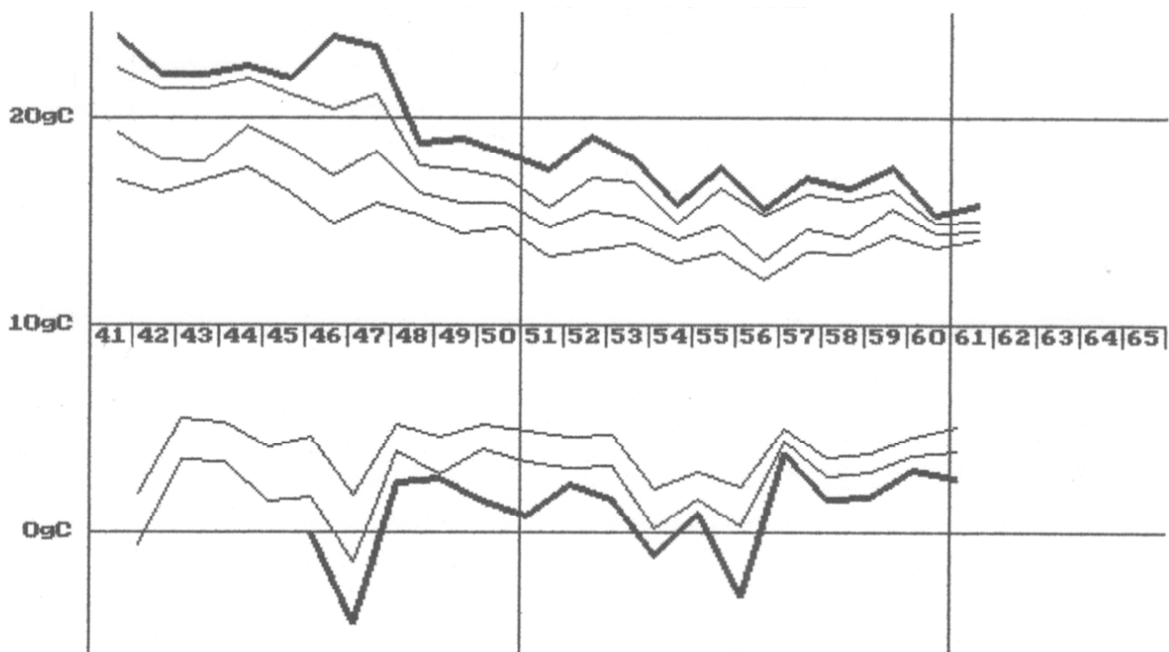


Abb. 29. Höchste Monatsmittelwerte der Bodentemperatur im Sommer (0 cm, 10 cm, 50 cm, 100 cm) und tiefste Monatsmittelwerte der Bodentemperatur im Winter (100 cm, 50 cm, 0 cm) in der Nähe der NW-Ecke von Lysimeter-4

Hütte – 1				Beobachtungen neben Lysimeter-4									
Jahr	Jz	Tn	Tx	TT	Tn-Tgn	≥40	≥30	≥20	0cm	10cm	25cm	50cm	100cm
1941	Z	13,6	22,8	18,1	1,2	5	35	113	23,9	22,4	20,8	19,3	17,0
1942	W	-7,5	-1,7	-4,4		0	0	9				-0,6	1,9
1942	Z	13,6	21,8	17,5	1,1	1	24	117	22,1	21,4	19,7	18,0	16,4
1943	W	0,8	5,9	3,4	1,3	0	0	4				3,5	5,5
1943	Z	13,6	20,6	16,6	1,5	0	29	112	22,1	21,4	19,6	17,9	17,0
1944	W	-0,6	4,8	2,2	1,6	0	0	0				3,4	5,3
1944	Z	13,2	23,5	18,2	2,0	0	4	79	22,5	21,9	21,0	19,6	17,6
1945	W	-4,3	2,8	-0,4	2,1	0	0	2				1,5	4,1
1945	Z	13,6	21,3	17,4	2,3	0	10	101	21,9	21,1	19,8	18,6	16,4
1946	W	-2,3	2,9	0,6	2,3	0	3	17	0,0	0,1	1,0	1,7	4,6
1946	Z	12,3	21,3	16,6	2,5	7	40	106	23,9	20,4	18,9	17,2	14,9
1947	W	-9,0	-3,9	-6,2	2,3	0	0	4	-4,4	-4,2	-3,2	-1,4	1,8
1947	Z	13,3	24,5	18,6	2,9	8	49	124	23,4	21,1	19,0	18,4	15,9
1948	W	0,1	6,1	3,0	2,2	0	0	3	2,4	2,7	3,5	3,9	5,2
1948	Z	12,5	20,2	16,2	2,5	0	8	62	18,8	17,7	16,9	16,4	15,3
1949	W	-1,1	6,9	3,3	2,1	0	0	0	2,6	2,4	2,8	2,8	4,6
1949	Z	12,3	21,6	16,7	1,1	0	0	45	19,0	17,5	16,7	15,9	14,4
1950	W	-1,7	4,2	1,6	0,8	0	0	0	1,5	2,0	2,8	4,0	5,2
1950	Z	12,6	21,4	16,8	0,5	0	0	24	18,3	17,1	16,4	15,9	14,7
1951	W	-2,9	2,9	0,2	-0,2	0	0	0	0,8	1,5	2,3	3,4	4,9
1951	Z	11,6	19,9	15,7	0,4	0	0	24	17,5	15,7	15,1	14,7	13,3
1952	W	-0,4	5,4	2,7	-0,3	0	0	2	2,3	2,4	2,6	3,1	4,6
1952	Z	12,5	20,7	16,6	0,2	0	1	56	19,1	17,1	16,3	15,5	13,6
1953	W	-1,2	4,2	1,9	-0,6	0	0	0	1,6	2,0	2,2	3,2	4,1
1953	Z	13,8	20,5	16,7	0,5	0	1	41	18,0	16,9	16,7	15,2	13,9
1954	W	-3,7	1,9	-0,8	0,3	0	0	0	-1,1	-1,2	-1,3	0,2	2,4
1954	Z	11,6	18,8	15,2	0,6	0	0	15	15,8	14,9	14,9	14,1	13,0
1955	W	-3,0	3,0	0,2	-0,3	0	0	0	0,9	0,8	0,7	1,6	2,9
1955	Z	12,7	22,3	17,4	-0,3	0	0	22	17,6	16,6	16,4	14,8	13,5
1956	W	-11,6	-1,9	-6,3	-0,8	0	0	0	-3,1	-1,0	-2,3	0,3	2,2
1956	Z	12,6	19,3	15,7	-0,3	0	0	0	15,9	15,3	14,9	13,1	12,2
1957	W	1,7	6,0	4,0	-0,5	0	0	0	3,8	3,8	4,0	4,4	5,0
1957	Z	13,2	20,9	17,0	-0,4	0	0	13	17,1	16,3	16,1	14,6	13,5
1958	W	-2,4	5,2	1,6		0	0	0	1,6	1,6	1,9	2,7	3,6
1958	Z	13,1	20,3	16,6		0	0	4	16,6	16,0	15,8	14,2	13,4
1959	W	-1,0	3,5	1,3		0	0	0	1,7	1,8	2,1	2,9	3,8
1959	Z	12,5	22,8	17,4		0	0	22	17,6	16,5	16,0	15,6	14,3
1960	W	-0,2	5,9	3,1		0	0	0	3,0	3,2	3,3	3,7	4,6
1960	Z	12,1	20,2	15,6		0	0	3	15,3	14,9	14,7	14,4	13,7
1961	W	-0,1	4,7	2,4		0	0	0	2,6	2,9	3,3	3,9	5,1
1961	Z	12,3	20,1	15,7		0	0	9	15,6	15,0	14,8	14,5	14,1

Tabelle 6. Temperaturbeobachtungen neben Lysimeter-4

10. Literaturverzeichnis

Beschreibung der Vorgeschichte und Zielsetzungen beim Bau und Einrichtung der Lysimeter (niederländisch):

- J. van Oldenborgh; Plannen tot het stichten van een lysimeterwaarnemingsstation; Water 1936, nr. 20, 93-94.
- Ir. B.F. Nieveld (hoofdingenieur PWN); Het lysimeter-waarnemingsstation in het provinciaal duinterrein onder Castricum; Water, 1941 nr. 25, 113-118.
- Dr. C. Braak; Meteorologische waarnemingen bij het Lysimeter-Station te Castricum; Water 1941 nr. 15, 1 S.
- Dr. L.J.L. Dey; De meteorologische waarnemingen op het Lysimeter-Station te Castricum; Water, 1946 nr. 19, 6 S.

Artikel in denen Bearbeitungen der Beobachtungen Castricums aus dem Zeitabschnitt 1941 – 1971 aufgenommen sind (niederländisch und englisch):

- R. Wind Hzn; Evaporatie, transpiratie en interceptie van een dennenbosje in de duinen; Water, 1954 nr. 22.
- R. Wind Hzn; The lysimeters in the Netherlands (I). Description of the lysimeters with a review of the records to 1954; Verslagen en Mededelingen Commissie Hydrologisch Onderzoek TNO nr. 3, 1958, 165-228.
- R. Wind Hzn; De lysimeters in Nederland (II). Uitkomsten van de bewerking der gezamenlijke gegevens; Verslagen en Mededelingen Commissie Hydrologisch Onderzoek TNO nr. 4, 1960, 207-270.
- P.E. Rijtema en A.H. Ryhiner; Lysimeters in Nederland (III). Aspecten van verdamping en resultaten van verdampingsonderzoek; Mededelingen ICW Wageningen nr. 108, 1968, 85-149.
- PWN; Het Lysimeter waarnemingsstation te Castricum. Eindverslag (beschrijving installatie, bouwtekeningen, en klimaattabellen), 1972 11 S. + 32 bijlagen.
- J.Q. Keyman en W. Schipper; Waterhuishouding lysimeters Castricum 1967. Een vergelijking van de verdamping berekend uit de waterbalans met de verdamping volgens Penman; KNMI Wetenschappelijk Rapport 78-5, 1978, 12 S. + 24 bijlagen.
- J.Q. Keyman; Interceptiemetingen te Castricum; KNMI memorandum FM-84-26, 1984, 6 S.

Mitte der achtziger Jahre entstand eine Situation in der die archivierten Beobachtungen Castricums in akute Gefahr gerieten. Es begann damit, dass Teile und Einzelteile ungeordnet in allen Richtungen außer Sichtweite gerieten. Diese höchst ernsthafte Bedrohung wurde im Keim erstickt durch eine resolute Reaktion. Von der Universität Groningen wurde Herr Hiege für längere Zeit abgeordnet, um alles vorhandene Beobachtungsmaterial ausfindig zu machen und zu dokumentieren. Mir scheint, dass seine Veröffentlichung den Status eines Kulturmonumentes verdient (niederländisch):

- W. Hiege, met nazorg aan het verslag door G.J. Koopman; Inventarisatie van de gegevens van het lysimeterstation Castricum 1941 – 1985; Rijksuniversiteit Groningen, Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen, Vakgroep Fysische Geografie en Bodemkunde, Rapport nr. 23, 1987, 111 S.

Auswahl von Zusammenfassungen über die Lysimeterwerke in Sankt Arnold bei Münster. Im November 1964 wurden sie in Betrieb genommen und in den siebziger Jahren lieferten sie ihre ersten Ergebnisse. Zu der Zeit erschienen die ersten elektronischen Rechner und man wusste die zu verwenden:

- M. Schröder; Die Entwicklung der Lysimetertechnik im Lande Nordrhein-Westfalen; DGM 31-6, 1987, 165-172.
- J. Prenk, A. Flender; Die Großlysimeteranlage St. Arnold bei Rheine; DGM 9-6, 1965, 132-136.
- M. Schröder, G. Braun; Simulation vertikaler Wasserflüsse in einem Lysimeter; WuB 1976-1, 10-11.
- M. Schröder, B.P. Hamels; Vergleich zweier Methoden zur Simulation der Prozesse des Bodenwasserhaushalts, vornehmlich der Grundwasserneubildung; DGM 31-2/3, 1987, 73-76.
- M. Schröder; Interzeptionsmessungen an der Großlysimeteranlage St. Arnold in den Jahren 1984 bis 1987 und die Extrapolation der Messwerte mit Hilfe eines Rechenmodells; DGM 33-2, 1989, 56-64.
- M. Schröder; Verdunstung von Land- und Wasserflächen in St. Arnold bei Rheine in den Jahren 1980 bis 1987; DGM 34-4, 1990, 110-116.

Eine sehr komplette Beschreibung der Eigenschaften der 4 dm² und 2 dm² Regenmesser, findet man in der Zeitschrift H2O, in dem ein Regenmesservergleich in Assink in Ost-Gelderland beschrieben worden ist:

- P.M.M. Warmerdam; De invloed van de wind op regenwaarnemingen; een vergelijkend regenmeteronderzoek; H2O 14-1, 1981, 5 S.

Die Essenz der Eingabe der Beobachtungsdaten von den Lysimetern Castricums findet man in zwei Berichten (niederländisch) und in einer englischen und einer deutschen Zusammenfassung:

- P.C.T. van der Hoeven; Lysimeters Castricum: Eigenschappen van de invoer: regenmetervergelijking, doorvalmetingen, METEO-registraties, lysimeterwaarnemingen; 2006, 208 S.
- P.C.T. van der Hoeven; Lysimeters Castricum: Meetproject en Datafiles; 2006, 103 S.
- P.C.T. van der Hoeven; Lysimeters Castricum: Summary and Datafiles; 2007, 55 S.
- P.C.T. van der Hoeven; Lysimeter Castricums: Zusammenfassung und Datenreihen; 2007, 55 S.

Spätere anschließende Forschung finden Sie in (niederländisch mit englischer Zusammenfassung):

- P.C.T. van der Hoeven; Beweging der wateren boven, op, in en onder de aarde. Berekening van de Makkink – verdamping vanuit dagelijkse temperatuurextremen (mit englischer Zusammenfassung); 2006, 23 S.
- P.C.T. van der Hoeven; Lysimeters Castricum: Waarnemingen Neutronensonde (mit englischer Zusammenfassung): 2006, 39 S.

Veröffentlichungen, in denen die Daten Castricums ihren Nutzen erwiesen:

- Ana García Peña; Castricum 30 years of lysimeterdata: Sensitivity analysis and calibration with the SWAP model; Wageningen, 20 September 2003, 90 S.
- P.C.T. van der Hoeven, P.M.M. Warmerdam, J.W. Kole; Description of the Castricum lysimeters 1941-2000, Comparison of Raingauges and Throughfall; Yundola, Bulgaria, 2005, 146-153.
- P.C.T. van der Hoeven, P.M.M. Warmerdam; Elaboration of the Water Balance of the Castricum Lysimeters 1941-1997; Yundola, Bulgaria, 2005, 154-159.
- H.Th.L. Massop et al; Op zoek naar de "ware" neerslag en verdamping; Alterra-rapport 1158, Wageningen 2005, 108 S.
- P.M.M. Warmerdam, P.C.T. van der Hoeven, J.W. Kole; Effect of afforestation on groundwater recharge. A Lysimeter study from 1941 to 1998 in the Netherlands; Konferencja Naukowa, Warszawa 28 June – 1 July 2006, 37-38.
- P.M.M. Warmerdam, P.C.T. van der Hoeven, J.W. Kole; Effect of inaccuracy of precipitation measurements on the water balance of the Castricum Lysimeters; ERB 2006, Luxembourg 22-26 September 2006, 18-21.
- P.M.M. Warmerdam, P.C.T. van der Hoeven, J.N.M. Stricker, M. Brandenburg, J.W. Kole; Comparison of evapotranspiration of two forest vegetations. Elaboration of long term lysimeter data at Castricum, Netherlands, and St. Arnold, Germany. 13th ERB conference, Seggau Castle, Austria. 5-8 September 2010, 123-125.