

Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde
Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn
ISSN 0373-7187

Heft 22

Das Laacher-See-Gebiet
Eine Studie zur Hydrologie und Klimatologie

von

Ingrid Henning

1965

Bonn

Ingrid Henning,

Das Laacher-See-Gebiet. Eine Studie zur Hydrologie und Klimatologie

Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde

Herausgegeben vom Geographischen Institut
der Universität Bonn

durch Carl Troll und Karlheinz Paffen
Schriftleitung: Hans Voigt

Heft 22

Ingrid Henning

Das Laacher-See-Gebiet

Eine Studie zur Hydrologie und Klimatologie



1965

In Kommission bei
Ferd. Dummlers Verlag, Bonn

Das Laacher-See-Gebiet

Eine Studie zur Hydrologie und Klimatologie

von

Ingrid Henning

Mit 22 Tabellen im Anhang, einer Karte und 24 Abbildungen als Beilage



In Kommission bei
Ferd. Dummlers Verlag, Bonn

 **Stümmelerbuch 7482**

**Die Veröffentlichung des Textbandes wurde durch Druckkostenbeihilfen
des Landschaftsverbandes Rheinland in Köln ermöglicht.**

Alle Rechte vorbehalten

Druck: Richard Mayr, Würzburg

Vorwort

Die jungvulkanischen Bildungen der Maare in der Vulkaneifel und im Laacher-See-Gebiet haben schon frühzeitig die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt und eine detaillierte geologische Erforschung erfahren. Auch heute noch enthält ihr Lebensraum eine Fülle von Problemen, speziell in ökologischer, klimatologischer und hydrologischer Hinsicht, da bisher jedwede größeren Detailuntersuchungen anhand langjähriger wissenschaftlicher Beobachtungen fehlten.

Die ersten Studien unter hydrologischen Gesichtspunkten sind 1896 von Halbfaß durchgeführt worden, der sich hier besonders durch die Erarbeitung von Isobathenkarten aller wassererfüllten Maare verdient gemacht hat. Zur Erforschung der limnologischen Verhältnisse haben vor allem Thiene- mann 1910/11 und in jüngster Zeit mit umfangreichen Messungen Schmidt-Ries beigetragen, wobei allerdings der Laacher See selbst nur randlich behandelt wurde. Es soll auch hier nicht auf die biologischen und chemischen Verhältnisse des Sees eingegangen werden. Über die Lebewelt gibt es eine Reihe von Einzelstudien und zum Chemismus werden zur Zeit laufend von der Landesanstalt für Gewässerkunde in Mainz Messungen durchgeführt. Die hier vorgelegte Arbeit soll in erster Linie einen Beitrag zum Wasserhaushalt der Eifelmaare liefern, für den bisher jedwede Messungen fehlten, weshalb noch in jüngster Zeit in der Literatur nicht haltbare Ansichten vertreten werden, besonders im Hinblick auf die Wassereinnahmequellen der Maarseen.

Der Laacher See bot insofern einen günstigen Ausgangspunkt für derartige Studien, da seine Wassermassen verschiedentlich für eine wirtschaftliche Ausnutzung – zur Erzeugung von Elektrizität in den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts und später zur Trinkwassergewinnung – in Betracht gezogen wurden. Dadurch war er in den Blickpunkt auch der Wasserwirtschaftler gerückt. Im Jahr 1953 wurden vom Wasserwirtschaftsamt Koblenz eine Schreibpegelanlage im Laacher Graben eingebaut, um den Abfluß aus dem See zu erfassen, und ein Lattenpegel am Laacher See aufgestellt. Wenig später erfolgte die Aufstellung einer Reihe von Monatstotalisatoren zur Niederschlagsmessung im Einzugsgebiet. Diese Meßergebnisse wurden uns freundlicherweise zur Verfügung gestellt, wofür ich besonders Herrn Oberbaurat Hohegger danken möchte, der auch bei der Aufstellung der eigenen Instrumente beratend mitwirkte.

Ein weiterer günstiger Umstand für die Auswahl dieses Gebiets war, daß direkt im Einzugsgebiet, nämlich durch das Kloster Maria Laach, langjährige Beobachtungen der Lufttemperatur und des Niederschlags aus-

geführt worden waren. Für die zur eigenen Auswertung zur Verfügung gestellten Meßergebnisse bin ich Herrn Ökonomierat Pater Beda Krümmel zu großem Dank verpflichtet. Er erlaubte auch die Durchführung der eigenen Messungen – der See ist Eigentum des Klosters – und unterstützte sie dadurch, daß er die jederzeitige Bereitstellung eines Kahnbesatzes befürwortete.

Weiterhin befindet sich in Wassenach, also in unmittelbarer Nähe des Laacher Sees, eine Niederschlagsmeßstelle des Deutschen Wetterdienstes, die seit 1892 beobachtet und in den meteorologischen Jahrbüchern aufgeführt wird. Für die Auskunft auf Einzelanfragen und für die zeitweise Überlassung erbetener Aufzeichnungen von Tageswerten danke ich dem Wetteramt in Trier und dem Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach.

Im Laacher-See-Gebiet bestanden also günstige Voraussetzungen für kleinräumige hydrologische und klimatologische Untersuchungen. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei an dieser Stelle ganz besonders für die großzügige Unterstützung dieses Forschungsvorhabens gedankt. Durch die Anschaffung der zahlreichen Meßinstrumente machte sie es überhaupt erst möglich, daß sich auch ein Hochschulinstitut an derartigen Spezialuntersuchungen beteiligen konnte. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanzierte weiterhin die laufenden Ausgaben für die notwendigen Diagrammstreifen, Ersatzteile und anfallenden Reparaturen und machte durch die Bewilligung von Geldmitteln für die Honorierung von Beobachtern im Arbeitsgebiet selbst die Durchführung der Messungen und die laufende Betreuung der Instrumente möglich. Auch den Beobachtern gilt mein Dank, denn ohne ihre Bereitschaft und ihr Interesse sind derartige Untersuchungen letzten Endes gar nicht durchführbar.

Unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. rer. nat. R. Keller, dem Leiter der Abteilung Klimatologie und Hydrologie am Geographischen Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität in Bonn, wurden im Jahr 1958 im Laacher-See-Gebiet die Meßstellen eingerichtet, ihre Lage geht aus der beigelegten Übersichtsskizze hervor. Zu vergleichenden Studien wählte Herr Prof. Keller den dem Laacher See benachbarten Wehrer Kessel aus, der gleicher geologischer Entstehung und auch in geomorphologischer Hinsicht dem Einzugsgebiet des Laacher Sees recht vergleichbar ist. Zum Unterschied zu dem Landschaftsschutzgebiet des Laacher Sees, in dem nur das Kloster Maria Laach mit den ihm angeschlossenen Gebäuden und die Försterei als Siedlungsgebiet bestehen, liegt im Wehrer Kessel das Dorf Wehr, und der Maarboden selbst wird landwirtschaftlich genutzt. Im März 1962 wurde ich mit der wissenschaftlichen Auswertung der Meßergebnisse, der zuerst eine rein technische vorangestellt werden mußte, betraut. Ich bin Herrn Prof. Keller aufrichtig dankbar, daß er mir diese Aufgabe übertragen und mir dadurch die Möglichkeit gegeben hat, mich mit diesem interessanten Themenkomplex zu befassen. Ich möchte ihm auch an dieser Stelle meinen Dank dafür ausdrücken, daß er sich immer Zeit für

meine Fragen nahm und mir wertvolle Anregungen bei unseren Unterhaltungen gegeben hat.

Es sei noch erwähnt, daß die hier vorgelegte Arbeit als erster zusammenfassender Bericht angesehen werden muß. Die Untersuchungen sind damit noch nicht abgeschlossen, so sind die Vorbereitungen zur notwendigen Neuauslotung des Laacher Sees bereits getroffen worden, und die Aussagekraft der Wasserhaushaltsgrößen soll durch die laufende Auswertung besonders auch der zurückliegenden Pegelbeobachtungen noch erhöht werden.

In einem einleitenden Kapitel erschien es mir unerlässlich, auf die geologische Entwicklung des Arbeitsgebiets einzugehen, da die geologischen Verhältnisse von ausschlaggebender Bedeutung für die möglichen Wasservorräte besonders im Grund- und Bodenwasserbereich sind. Für das Laacher-See-Gebiet liegen außerordentlich zahlreiche geologische Spezialuntersuchungen vor. Ich habe daher nur aus der Literatur entnommenes Material verarbeitet, dabei aber im einzelnen auf die Quellenangaben im Text selbst verzichtet, sie finden sich natürlich im Literaturverzeichnis.

Weiterhin möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Dr. h. c. Troll und Herrn Prof. Dr. Paffen für die Aufnahme der Arbeit in die vorliegende Schriftenreihe danken.

Inhaltsverzeichnis

A. Einführung	11
I. Überblick über die geologische Entwicklung	11
II. Abgrenzung der Einzugsgebiete und Überblick über die Oberflächenformen	14
B. Lufttemperatur	17
I. Temperaturmessung	17
II. Auswertung der langjährigen Beobachtungen des Klosters Maria Laach	19
III. Auswertung der eigenen Beobachtungen	21
1. Mitteltemperaturen an den Stationen Wehr und Laacher See	21
a.) Wehr	22
b.) Laacher See	23
c.) Vergleich der Meßergebnisse von Wehr und Laacher See	24
d.) Jahresschwankungen	25
2. Extremtemperaturen an den Stationen Wehr, Steinbergerhof und Laacher See	25
a.) Maximumtemperaturen	25
b.) Minimumtemperaturen	29
3. Sommer-, Frost- und Eistage	32
4. Zusammenfassung	35
5. Wetterablauf im Winter 1963	37
C. Niederschlag	41
I. Niederschlagsmessung	41
II. Auswertung der langjährigen Beobachtungen von Maria Laach und Wassenach	44
III. Auswertung der eigenen Beobachtungen	46
1. Jahresniederschlagssummen	46
2. Niederschlagssummen der Sommer- und Winterhalbjahre	49
3. Niederschlagssummen der Monate	50
4. Häufigkeitsbetrachtung	52
5. Extreme Tagesniederschläge	54
6. Zusammenfassung	56
D. Wasserhaushalt	57
I. Der Wasserhaushalt des Einzugsgebiets des Laacher Sees	57
1. Allgemeines	57
2. Gebietsniederschlag	58
3. Periodische und unperiodische Wasserstandsschwankungen des Laacher Sees	60
4. Rücklage und Aufbrauch	66
5. Abfluß	68
6. Verdunstung	73
7. Wasserbilanz	81
8. Zusammenfassung	84
II. Bemerkungen zum Wasserhaushalt des Wehrer Kessels	85
E. Thermische Verhältnisse des Laacher Sees	88
I. Wassertemperaturen	88
1. Temperaturmessungen	88
2. Wassertemperaturen im Jahr 1963	90
3. Überblick über den Jahresgang und Vergleich mit den Meßergebnissen von Halbfaß und Thienemann	95
II. Wärmehaushalt	98
III. Zusammenfassung	99
Summary	101
Literaturverzeichnis	103
Tabellenanhang	111

Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
Karte 1	Übersichtskarte des Laacher-See-Gebietes 3
Abb. 1	Lufttemperaturkurve vom 23.—27. 9. 1963 in Wehr 4
Abb. 2	Häufigkeitsverteilung der Monatsmitteltemperaturen 1929—1953 an der Station Maria Laach 5
Abb. 3	Ganglinien der Pentadenmittel der Tagesmitteltemperaturen an den Stationen Wehr und Laacher See von April 1962 bis Oktober 1963 6
Abb. 4	Ganglinien der Pentadenmittel der Extremtemperaturen an den Stationen Wehr, Laacher See und Steinbergerhof 7
Abb. 5	Ganglinien der Tagesmitteltemperaturen an den Stationen Wehr und Laacher See vom 18. 12. 1962 bis 8. 3. 1963 8
Abb. 6	Ganglinien der Niederschlagssummen an den Stationen Maria Laach-Kloster (1922—1959) und Wassenach (1930—1959) 9
Abb. 7	Häufigkeitsverteilung der Monatsniederschlagssummen an den Sta- tionen Maria Laach-Kloster und Wassenach 1930—1959 10
Abb. 8	Monatliche Niederschlagssummen in Prozent der langjährigen Mo- natsmittel an den Stationen Maria Laach und Wassenach, November 1953 bis Oktober 1963 11
Abb. 9	Ganglinie des Pegels Laacher See vom 6.—9. 8. 1963 12
Abb. 10	Ganglinie des Pegels Laacher See vom 3.—5. 8. 1963 12
Abb. 11	Monatssummen der Abflußhöhen und Gebietsniederschläge im Ein- zugsgebiet des Pegels Laacher Mühle und Wasserstandsganglinien des Laacher-Seespiegels 13
Abb. 12	Wasserstandsganglinie des Laacher-Seespiegels und Monatssummen der Niederschläge an den Stationen Wassenach (Oktober 1917 bis Oktober 1921) und Maria Laach-Kloster (Nov. 1921 bis Juni 1926) 14
Abb. 13	Vorratsänderungen im Laacher See der Jahre und Halbjahre 1954 bis 1963 15
Abb. 14	Ganglinien der Monatsmittel des Wasserstandes am Pegel Laacher See und der mittleren monatlichen Abflußpenden des Einzugs- gebiets des Pegels Laacher Mühle, November 1953 bis Juli 1960 16
Abb. 15	Ganglinien wöchentlicher Wasserstandsablesungen am Pegel La- acher See und an Wirtschaftsbrunnen in Wassenach und wöchent- liche Niederschlagssummen an der Station Wassenach, November 1958 bis Januar 1961 17
Abb. 16 I	Wasserhaushaltsgrößen vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle der Monate, 1954—1963 18
Abb. 16 II	Wasserhaushaltsgrößen vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle der Jahre und Halbjahre, 1954—1963 19
Abb. 17	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 23. 2. 1963 20
Abb. 18 I	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 6. 5. 1963 20
Abb. 18 II	Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 6. 5. 1963 21
Abb. 19 II	Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 4. 6. 1963 21
Abb. 19 I	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 4. 6. 1963 22
Abb. 20 I	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 1. 7. 1963 22
Abb. 20 II	Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 1. 7. 1963 23
Abb. 21 II	Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 29. 7. 1963 23
Abb. 21 I	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 29. 7. 1963 24
Abb. 22	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 7. 9. 1963 24
Abb. 23	Tautochronen im Laacher See im Jahr 1963 25
Abb. 24	Jahresgang der Isothermen im Laacher See im Jahr 1963 25

Verzeichnis der Tabellen im Anhang

- Tab. 1: Monats-, Jahres- und Halbjahreswerte der Lufttemperaturen an den Stationen Laacher See und Wehr.
a.) Mitteltemperaturen an den Stationen Wehr und Laacher See.
b.) Temperaturabweichungen vom langjährigen Mittel an der Station Laacher See.
- Tab. 2: Häufigkeitsverteilung der Tagesmitteltemperaturen in den Jahren und Halbjahren.
a.) an der Station Wehr.
b.) an der Station Laacher See.
- Tab. 3: Monats-, Jahres- und Halbjahresmittel der Maximumtemperaturen an den Stationen Steinbergerhof, Wehr und Laacher See.
- Tab. 4: Häufigkeitsverteilung der Tagesmaximumtemperaturen der Jahre und Halbjahre an den Stationen Steinbergerhof, Wehr und Laacher See.
- Tab. 5: Monatliche Extremtemperaturen an den Stationen Laacher See, Wehr und Steinbergerhof.
a.) Maxima; b.) Minima.
- Tab. 6: Monats-, Jahres- und Halbjahresmittel der Minimumtemperaturen an den Stationen Steinbergerhof, Wehr und Laacher See.
- Tab. 7: Häufigkeitsverteilung der Tagesminimumtemperaturen der Jahre und Halbjahre an den Stationen Wehr, Laacher See und Steinbergerhof.
- Tab. 8: Zahl der Frost-, Eis- und Sommertage an den Stationen Wehr, Steinbergerhof, Laacher See und langjährige Mittelwerte an der Station Maria Laach-Kloster (1928/1953).
- Tab. 9: Eintrittszeiten des ersten und letzten Frostes der Jahre an den Stationen Wehr, Steinbergerhof und Laacher See.
- Tab. 10: Mittlere und extreme Niederschlagssummen der Monate, Halbjahre und Jahre an den Stationen Wassenach und Maria Laach-Kloster.
- Tab. 11: Niederschlagssummen der Monate, Halbjahre und Jahre an den Stationen Maria Laach, Steinbergerhof, Wassenach und Wehr.
- Tab. 12: Niederschlagssummen an den Meßstellen Gleeß, Brenk, Niederzissen, Galenberg, Welschwießenmühle, Wehr-Süd, Nickenich und Brohl.
- Tab. 13: Anzahl der Tage mit Niederschlag in den einzelnen Monaten des Jahres 1963 an den Meßstellen Wassenach, Maria Laach-Försterei, Wehr, Steinbergerhof, Gleeß, Brenk und Niederzissen.
- Tab. 14: Anzahl der Tage mit Niederschlag des Jahres 1963 und Einteilung der Niederschlagstage in Klassen von 0,1—1,0 mm, 1,1—10,0 mm und über 10 mm an den Meßstellen Maria Laach-Försterei, Gleeß, Brenk und Wassenach, dasselbe von Wassenach für die Jahre 1959—1962.
- Tab. 15: Extreme Tagesniederschläge an den Meßstellen Maria Laach-Försterei, Wassenach, Steinbergerhof, Wehr, Brenk, Niederzissen, Gleeß und Wehr-Süd.
- Tab. 16: Verdunstungsgrößen an den Stationen Laacher See und Wehr.
a.) Verdunstungshöhen der Monate, Halbjahre und Jahre an der Station Laacher See.
b.) Prozentuale Verteilung der Jahresverdunstungshöhen auf die Monate und Halbjahre an der Station Laacher See.
c.) Verdunstungshöhen der Monate, Halbjahre und Jahre an der Station Wehr.
- Tab. 17: Prozentuale Verteilung der Verdunstungshöhen der Sommerhalbjahre auf die Monate.
a.) an der Station Laacher See.
b.) an der Station Wehr.
c.) an der Station Steinbergerhof.
- Tab. 18: Relative Luftfeuchtigkeit und Sättigungsdefizit der Monate, Jahre und Halbjahre an den Stationen Laacher See und Wehr.
- Tab. 19: Wasserhaushaltsgrößen vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle der Monate, Halbjahre und Jahre in den Jahren 1954—1963.
- Tab. 20: N-A-U-Werte vom Einzugsgebiet des Pegels Welschwießenmühle (Wehrer Kessel).
- Tab. 21: Wassertemperaturen im Metalimnion des Laacher Sees im Jahre 1963.
- Tab. 22: Wärmehalt des Laacher Sees (Januar 1963—Februar 1964).
a.) Wärmehalt an den einzelnen Meßterminen.
b.) Änderungen des Wärmehalts zwischen den einzelnen Meßterminen.
c.) Mitteltemperaturen des Seewassers an den einzelnen Meßterminen.

A. Einführung

I. Überblick über die geologische Entwicklung

Als Teil des Rheinischen Schiefergebirges gehörte das Gebiet des Laacher Sees und Wehrer Kessels der variskischen Geosynklinale an. Die wechselnde Ausbreitung des Geosynklinalmeeres und seiner Tiefe, bedingt durch die ständige Wellung des sinkenden Bodens, führte zu verschiedener Faziesbildung und zu räumlich stark wechselnden Mächtigkeiten der Ablagerungen. Manche der variskischen Falten wurden schon während des Devons embryonal angelegt, werdende Sättel tauchten als Schwellen vorübergehend aus dem Meer auf, was für die Betrachtung der Ablagerungen im Arbeitsgebiet von Bedeutung ist. Vorherrschend haben sich hier Gesteine des Unterdevons abgelagert, und zwar sind ausschließlich Siegener Schichten nachgewiesen, die in einer etwa zonalen Anordnung in variskischer Richtung streichen. Das Gebiet um Wehr gehört den untersten Siegener Schichten an, die in der Ausbildung der Brohltalfazies mit charakteristischen grobkörnigen Grauwacken die größte Fläche der Osteifel einnehmen. Darüber lagern gebänderte Schiefer mit Pflanzenresten. An der Oberfläche anstehend, findet man diese Fazies in Teilen des südlichen und westlichen Wehrer Kessels, wo sie aus dem Deckgebirge herausragt, während sie im Nordwesten und Norden desselben durch das Fehlen einer Überlagerung jüngerer Schichten ein oberflächlich größeres zusammenhängendes Gebiet einnimmt. Südöstlich dieser Zone schließt sich die Rauhfaserfazies der mittleren Siegener Schichten an, die hier 600–1000 m mächtige Ablagerungen bilden konnten, da die Trogachse, die sich unter Beibehaltung der variskischen Hauptrichtung von Norden nach Süden verlagerte, zu dieser Zeit zwischen Remagen und Bonn lag. Im Schichtenprofil dieser Ablagerungen wiederholt sich eine Folge von Crinoiden-Quarziten, quarzitischen Grauwacken, Flaserplatten, rauhfaserigen Schiefen und feingebänderten Schiefen. Die Rauhfaserfazies bildet den Untergrund des westlichen, nördlichen und nordöstlichen Einzugsgebietes des Laacher Sees. Oberflächlich ist sie an zwei kleineren Vorkommen am Nordost-Ufer bekannt, die steil zum See hin abbrechen. Auch an der Westseite waren die Schichten aufgeschlossen, als die Straße dort 1929 erweitert wurde. Der Untergrund des südlichen und südöstlichen Einzugsgebietes wird dagegen von den oberen Siegener Schichten gebildet, die hier in der Ausbildung der Herdorfer Fazies auftreten. Milde bröcklige Tonschiefer mit geringer Bänderung und plattigen Grauwacken von zentimeter- bis meterdicken Lagen setzen das Schichtenprofil in wechselnder Folge zusammen. Im Südwesten des Einzugsgebietes des Laacher Sees findet man diese Schichten oberflächlich anstehend.

Diese Ablagerungen wurden hauptsächlich im Karbon gefaltet und herausgehoben. Als wichtiges tektonisches Element hatte sich der Siegener Hauptsattel herausgebildet; die Siegener Hauptüberschiebung verläuft südöstlich des Einzugsgebiets des Laacher Sees. Der Wehrer Kessel gehört dagegen dem südlichsten Teil des Eifeler Hauptsattels an. Zahlreiche, meist Längs-, aber auch Querstörungen durchsetzen die Siegener Schichten, wovon manche sicher variskisch angelegt wurden, während andere erst mit der saxonischen Gebirgsbildung zusammenhängen oder in dieser neu belebt wurden.

Im Mesozoikum gehörte das Gebiet wohl einem mehr oder weniger stabilen Sockel mit Hochlagetendenz an. Die saxonische Tektonik hat den variskisch gefalteten Gebieten erst ihr heutiges tektonisches und großenteils auch morphologisches Gepräge gegeben. Die tektonischen Vorgänge setzten sich bis in die pleistozäne Zeit hin fort. Im weiteren Gebiet des Laacher Sees stehen sie in enger Verbindung mit denen des Neuwieder Beckens, das seine Entstehung dem jungtertiären bis diluvialen Einbruch des Mittelrheingrabens verdankt. AHREND'S hat eine Rekonstruktion der tertiären Landoberfläche versucht, um so die seit dieser Zeit entstandenen morphologischen Veränderungen nachzuweisen. Wenn man im weiteren Gebiet die einzelnen Höhenlagen gleichaltriger Tertiärablagerungen, aber auch die der darunterliegenden Devonschichten die ja eine alte Landoberfläche darstellen, miteinander vergleicht, kann man erkennen, daß der Laacher See mit seiner Umrandung in einem ausgesprochen tektonischen Hochgebiet liegt. Dieses setzt sich mit einer kleinen Einsenkung bei Kell bis an den Rhein fort und dürfte somit wohl als östliche Fortsetzung der Südeifeler Schwelle angesehen werden. Nach Süden bzw. Südosten bricht dieses Hochgebiet bruchstaffelförmig zum Neuwieder Becken hin ab, die Störungen haben etwa ENE-Richtung. Die Absenkung beträgt bis zu ihrem annähernd tiefsten Punkt bei Niedermendig etwa 160–170 m. Weniger steil, aber ebenfalls staffelförmig erfolgt der Abbruch im Norden zu einer kleinen tektonischen Senke im mittleren Brohltal, hier beträgt der Absenkungsbetrag etwa 90 m. Die Hauptbewegung dieser Störungen fanden während des jüngeren Tertiärs und älteren Diluviums statt. Daß dieses Gebiet bis in die jüngste Zeit noch nicht ganz zur Ruhe gekommen ist, zeigen Erdstöße an, die z. B. im Mittelalter beträchtlichen Schaden am Kloster Maria Laach verursacht haben sollen.

Der etwa 310–320 m hohe Grundgebirgssockel des Laacher-See-Gebietes war vor der Entstehung des Laacher Sees von Tälern durchschnitten. Das Haupttal verlief, vom Gleeser Sattel ausgehend, dem jetzigen westlichen Seeufer parallel und nahm innerhalb des heutigen Seekessels das an der Nordumwallung zwischen Jagen 22 und 23/31 verlaufende Tälchen, dann das aus dem Gebiet zwischen Alteburg und Lorenzfelsen, das sogenannte kleine Roßtal, das große Roßtal und noch das südlich davon gelegene Tälchen auf. Rechtsseitig mündete ein etwas längeres Seitental, das Beller

Wiesentälchen, aus west-südwestlicher Richtung im Gebiet östlich des Klosters. Die Entwässerung erfolgte zur Pellenzsenke.

Eine derartige Reliefgestaltung hat bestanden, als es, bedingt durch die tektonischen Vorgänge im großen Spalten- und Grabenzug am Mittelrhein, zur Ausbildung von Ausbruchstellen vulkanischer Massen im weiteren Gebiet des Laacher Sees kam, wobei sich ein besonders vielseitiger Vulkanismus im Quartär entwickelte. Die älteren Gesteine dieser Eruptionsperiode sind Noseanphonolithe, die aber im Arbeitsgebiet nicht auftreten. Dagegen findet man die nächstjüngeren Leucitphonolithtuffe westlich und südlich des Wehrer Kessels, wo auch gleichaltrige Basalttuffablagerungen anzutreffen sind. Die Förderung alkalibasaltischer Massen – Tuffe, Schlacken und Lava – erfolgte zum Teil gleichzeitig, z. T. ist sie aber sicher jünger und erstreckte sich über einen längeren Zeitraum. Wechsellagerungen mit jüngerem Löß zeigen an, daß einige Ausbrüche nur wenig älter oder sogar gleichaltrig mit der Niederterrasse des Rheins sind. Die die Wasserscheide des Laacher Sees bildenden Höhen Veitskopf, Krufter Ofen, Thelenberg, Rothenberg und Laacher Kopf sitzen als Alkalibasaltschlackenvulkane der alten tertiären Landoberfläche auf. Ihre Lavaströme flossen in das vorhandene Talsystem. Ebenso aus Alkalibasaltmaterial sind der Mairother Kopf, Diefelderstein und Dachsbusch im Einzugsgebiet des Wehrer Kessels aufgebaut.

Durch die jüngsten und gasreichsten Eruptionen wurden im Vulkangebiet des weiteren Laacher-See-Gebiets Trachyttuffe gefördert, die zeitlich und räumlich verschiedenen Ausbrüchen angehören und sich daher durch ihre Fremdgesteinseinschlüsse und ihre im Magma gebildeten Kristalle voneinander unterscheiden. Diese Tuffe bilden fast ausschließlich die Oberfläche und verhüllen so die ältere Landoberfläche, und nur an wenigen, kleinen Stellen tritt der alte Untergrund zutage. Im engen Zusammenhang mit diesen Eruptionen steht die Entstehung des Laacher Sees und Wehrer Kessels. In beiden Gebieten haben sich infolge bestehender tektonischer Störungslinien im Untergrund Ausbruchstellen dieser Trachyttuffe gebildet. Durch nachträgliche Einstürze erhielten sie ihre heutige morphologische Kesselform. Sie sind also vulkanotektonischer Entstehung. Das absolute Alter der Bimsausbrüche des Laacher-See-Gebiets wurde durch die C¹⁴-Methode und durch pollenanalytische Untersuchungen bestimmt und ins Alleröd – also in die Zeit um etwas über 11 000 vor heute – nach der schwedischen Bändertonchronologie von de Geer gesetzt. Der Wehrer Kessel ist älter als der Laacher See. Seine Bimsausbrüche fallen bereits in die Würm-Eiszeit und haben vor etwa 50 000–60 000 Jahren begonnen. Sie wiederholten sich in großen Zeitabständen (wenigstens viermal) bis in die Zeit vor 25 000 Jahren. Ein wesentlich jüngerer Tuff des Wehrer Kessels wurde wahrscheinlich gleichzeitig mit dem Laacher Bimstuff oder nur unwesentlich früher als dieser gefördert.

II. Abgrenzung der Einzugsgebiete und Überblick über die Oberflächenformen

Der Laacher See gehört zu den noch mit Wasser gefüllten Maaren der Eifel. Der Wasserspiegel liegt in 274,7 m über NN. Der Seeboden ist über eine relativ große Fläche fast eben und liegt hier durchschnittlich 51 m unter dem Wasserspiegel, die tiefste Stelle beträgt rund 52 m. Steil steigt er nach Westen, Norden und Osten an, während sein südlicher Teil nur eine flache Böschung aufweist. Ebenso verhält sich das ihn umgebende Gelände. Das Ost- und Nordufer weist deutlich auf die Bruchtektonik hin, die Wasserscheide verläuft in einer Entfernung von nur 430 m im Durchschnitt über einzelne Kuppen von 447,5 m, 439,6 m, 400,0 m, 390,4 m, 386,6 m, 390,5 m, 407,3 m, 372,8 m, 365,8 m, 368,9 m, 379,5 m, d.h., es liegt hier eine Reliefenergie bis zu 172,8 m vor. Ein deutlicher Bruchrand befindet sich im Jagen 15 und 18, wo das Gelände von 320 auf 290 m, also 30 m, steil zur oberen Seeterrasse hin abbricht. Anders sieht es am Westufer aus, wo im wesentlichen die geomorphologischen Formen des ehemaligen Tals zu erkennen sind. Die Wasserscheide verläuft auch hier noch in großer Seenähe – nämlich durchschnittlich in einer Entfernung von 650 m vom Seeufer – über Kuppen von 400,1 m, 405,7 m, 404,9 m und 442,4 m (Laacher Kopf). Südlich vom Laacher Kopf verläuft das einzige nennenswerte Tälchen mit oberirdischem Abfluß. Der Bach dieses Beller Wiesentälchens kommt aus westsüdwestlicher Richtung, wird zur Speisung der Fischteiche gestaut und ist oberflächlich bis in das Gebiet der Klostergebäude zu verfolgen, die auf seinem Schwemmkegel erbaut sind. Den See erreicht der Bach nur unterirdisch. Diesem Tälchen kommt eine besondere Bedeutung wegen des verhältnismäßig reichlichen Grundwassers zu, das sich hier im Tuff sammelt und dem See zufließt. In diesem Gebiet entfernt sich die Wasserscheide vom See, um über den Rothenberg (485,7 m) und die östlichen Ausläufer des Gänsehalses zu verlaufen und das Tälchen in das Einzugsgebiet einzubeziehen. Im Süden erreicht die Wasserscheide ihren niedrigsten Punkt bei 310 m, d. h., die hier aus dem heutigen Seegebiet ausgeworfenen Trachyttuffe, die das ehemalige Tal abdämmten, überragen den derzeitigen Seespiegel nur um 35 m. Die äußerste Seegrenze läßt sich etwa entlang der 285-m-Isohypse verfolgen, die Abdämmung verhinderte hier also durch den nur 25 m höher hinaufreichenden Tuffmantel einen natürlichen oberirdischen Abfluß. Im Südosten erreicht die Wasserscheide auf dem Krufter Ofen ihre Maximalhöhe von 462 m. Das Einzugsgebiet des Laacher Sees umfaßt eine Fläche von 11,6 qkm. Der Laacher See hat also nur im Beller Wiesentälchen einen zum Teil oberirdisch verlaufenden Zufluß. Die Oberläufe der anderen oben erwähnten Tälchen des tertiären Tal-systems sind morphologisch gut ausgebildet, doch können sich heute in ihnen – außer wohl bei sehr starken Niederschlägen – keine oberirdisch abfließenden Bäche entwickeln. Das Niederschlagswasser sickert vielmehr

rasch in den sehr durchlässigen Tuff ein – gegebenenfalls bis zu der durch die Verwitterung vertonte bzw. verlehnte tertiäre Landoberfläche – und speist allgemein als Grundwasser den See. Der Laacher See hat keinen natürlichen Abfluß und wies beträchtliche Schwankungen auf. Um das Kloster vor Hochwasser zu schützen – die Gebäude liegen bereits 4 m oberhalb der eben erwähnten äußersten Seegrenze – wurde ein erster Abzugstollen zwischen 1152–1177 im Süden gebaut, der das Seewasser in das Einzugsgebiet der Nette abführte. In den Jahren 1256–1295 wurde der zerfallene Stollen erneuert. Der heutige Stollenbau, dessen Mundloch bei 279 m Höhe liegt, führt 1050 m durch den Tuff. Der Austritt liegt wenig oberhalb der Laacher Mühle. Als Laacher Graben fließt er in Richtung des Kellbachs, den er jedoch nicht erreicht. Sein Wasser wird zur Bewässerung anliegender Felder genutzt, schließlich versickert er gänzlich. Dieser Stollenbau erfolgte 1842–1844 und legte den Seespiegel um etwa 6,50 m niedriger. Eine geringe Vertiefung erfolgte durch eine Pegelreinigung im Jahr 1916. Die Absenkungsbeträge des Sees sind an den Seeterrassen erkennbar, die besonders deutlich in scharfen Einschnitten am Ostufer zu unterscheiden sind. Das Laacher-See-Gebiet ist zum größten Teil bewaldet, nur das flache Gelände im Süden und ein schmaler Streifen am Westufer werden landwirtschaftlich durch die Gutswirtschaft des Klosters Maria Laach genutzt. Es handelt sich hier zu einem größeren Teil um das Gelände, das durch die Absenkungen des Seespiegels trockengelegt wurde. Dementsprechend wird der Boden vorwiegend von Seeablagerungen gebildet. Es sind humose Ablagerungen im Südwesten mit dünnen Lagen Kieselgur und Mergel, der vollkommen von Schneckenschalen erfüllt ist. In der Weide, die auf der Höhe der Krypta liegt, wurden unterhalb von 1,15 m Schwarztorf und darunter Bruchwaldtorf auf Tonmudde angetroffen.

Der Wehrer Kessel liegt in seiner Hauptausdehnung SO–NW und damit quer zur Streichrichtung des Rheinischen Schiefergebirges. Seine Oberkante hat eine Länge von 2000 m und die Breite beträgt 1750 m. Im Gegensatz zum Laacher See hat der Wehrer Kessel einen natürlichen Abfluß im Wirrbach, der nach Norden zum Brohltal hin entwässert. Der tiefste Punkt des Maares liegt ziemlich im NO bei den hier zahlreich austretenden Sauerquellen. Diese Kohlensäurequellen können auch im ufernahen Seebereich um den ganzen Laacher See beobachtet werden und sind die letzten Anzeichen der vulkanischen Vorgänge. Neben diesen gibt es auch eine Anzahl von Mofetten in beiden Maaren. Zu erwähnen wäre noch, daß im Wehrer Kessel auch Eisenocker abgesetzt wurde, das nachweislich zwischen 1576 und 1746 abgebaut und verhüttet wurde. Die Höhe der tiefsten Stelle liegt in 279,2 m NN und damit nur 4,5 m über dem durchschnittlichen Spiegel des Laacher Sees. Der tiefste Kesselboden dehnt sich in SW-Richtung von den Sauerquellen aus, er ist im Norden durch einen breiteren etwas höher gelegenen Geländevorsprung abgeschlossen, den der Wirrbach am südwestlichen Abhang des Hüttenbergs in nordwestlicher Richtung um-

fließt, bevor er in sein Kerbtal eintritt. Das Gebiet des tiefsten Teiles des Kessels ist auch deutlich auf dem Meßtischblatt von 1893 durch die eingetragene Wiesensignatur zu erkennen. Es war Almendland, das seit der Flurbereinigung entwässert und ackerbaulich genutzt wird. Nur das Gebiet direkt um die Sauerquellen liegt weiterhin ungenutzt. Der Waldanteil dieses vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Kessels tritt stark zurück und hat nur an der Abdachung zwischen Nord- und Südwesten größere Ausdehnung. Der größte Teil des Kessels wird von einem grauen Ton bedeckt, der nach den Rändern zu in Lehm übergeht, bzw. von diesem überlagert wird. Dieser Lehm kann recht steinig werden und geht besonders im Westen in Gehängelehm über. Der Ton neigt zur Versumpfung und stauender Nässe, weshalb er auch lange Zeit als Wiese genutzt wurde. Die Wasserscheide des Wehrer Kessels, die ich auf den Pegel Wirrbach bezogen habe, der 100 m nördlich der Welschwiesenmühle eingebaut wurde, verläuft von hier aus südlich des Galenbergs vorbei in südwestlicher Richtung zur Höhe 480,4 m, westlich des Steinbergerhofs in südlicher Richtung zur Höhe 480,0 m und zur Hohen Ley (556,7 m), auf dem Schlad entlang, um an der Ostseite des Kessels über die Höhe 352,1 m den Dachsbusch in 375,0 m zu überqueren und über den Hüttenberg (337,1 m) wieder zum Pegel zurückzuführen. Diese Niederschlagsgebietsgrenze umschließt das Einzugsgebiet des Wehrer Kessels von 8,65 qkm. Die vier Tälchen, die im Südwesten und Westen einmünden, führen dem Kessel allgemein nur unterirdisch Wasser zu. Einzig das Tälchen, das sich zwischen dem Meirother Kopf und dem Tiefenstein entlangzieht, hat einen Quellenaustritt bei etwa 340 m NN.

B. Lufttemperatur

I. Temperaturmessung

Die Temperaturbeobachtungen begannen im Arbeitsgebiet mit der Aufstellung eines Meteorographen in Wehr (Höhe des Geländes bei der Hütte 300 m NN) im April 1959. Dazu wurden täglich die Extremwerte in Steinbergerhof (465 m NN) an einem Maximum- und einem Minimumthermometer abgelesen, die auch in einer Wetterhütte untergebracht sind. Für die Extremthermometer, die an den Niederschlagsmeßstellen Maria Laach-Försterei, Wassenach und Brenk zeitweilig abgelesen wurden, standen keine Wetterhütten zur Verfügung. Die Werte sind daher nicht für einen einwandfreien Vergleich geeignet. Im März 1962 konnte dann weiterhin ein Meteorograph in der Wetterhütte am Laacher See (275 m NN) aufgestellt werden. Dadurch wurde es möglich, einen Vergleich der täglichen Mittel- und Extremtemperaturen im Gebiet des Laacher Sees und des Wehrer Kessels durchzuführen. Alle Temperaturangaben erfolgen in °C. Zur Ergänzung einiger Tageswerte, deren Registrierungen ausgefallen waren, weil entweder die Beobachter vergessen hatten, die Schreibfedern anzulegen, die Uhren aufzuziehen oder – im Falle Steinbergerhof – die Ablesungen nicht vorgenommen worden waren, sind Korrelationsrechnungen durchgeführt worden. Dabei wurde die Regressionsgerade nach der Gleichung

$$\operatorname{tg}(2\alpha) = \frac{2 \sum x_i y_i}{\sum x_i^2 - \sum y_i^2}$$

bestimmt, wobei x_i , y_i die Abweichungen der einzelnen Meßwerte von ihrem Mittelwert und α der Winkel zwischen der jeweiligen Ausgleichsgeraden und der positiven x-Achse ist. Dazu wurden für die Jahre 1959 und 1960 die täglichen Temperaturbeobachtungen der Station Nürnberg ($\varphi = 50^\circ 20'N$, $\pi = 6^\circ 57'E$, 626 m NN) herangezogen, die das Wetteramt Trier freundlicherweise zur Verfügung stellte. Diese Station liegt zwar bedeutend höher als die Station Wehr, aber sie zeigt infolge ihrer verhältnismäßig geringen Entfernung von nur 30 km in westsüdwestlicher Richtung recht vergleichbare Werte, die eben nur der Höhenlage entsprechend niedriger sind. So ergeben sich z. B. aus 284 Einzelwerten Mitteltemperaturen von $12,1^\circ$ für Wehr und $8,8^\circ$ für Nürnberg; aus 272 Einzelbeobachtungen betragen die mittleren Minima $6,8^\circ$ in Wehr und $3,5^\circ$ in Nürnberg, und die Mittelwerte der Maxima errechneten sich aus 273 Einzelwerten zu $17,2^\circ$ für Wehr und $13,5^\circ$ für Nürnberg. Die Temperaturwerte an der Station Wehr liegen also im Durchschnitt etwas über 3° höher als die von Nürn-

burg. Die engen Beziehungen zwischen diesen beiden Stationen können auch aus den Korrelationskoeffizienten abgelesen werden, die sich aus den Berechnungen der oben erwähnten Anzahl der Einzelpaare ergeben. Sie betragen 0,98 für die Temperaturmittel, 0,97 für die Minima und 0,99 für die Maxima. Es ergaben sich für die Temperaturwerte von Wehr (y) und Nürburg (x) folgende Gleichungen:

$$\text{Tagesmittel: } y = 0,9496 x + 3,75$$

$$\text{Tagesminima: } y = 0,9312 x + 3,53$$

$$\text{Tagesmaxima: } y = 0,9972 x + 3,77$$

Zur Ergänzung der in den Jahren 1962 und 1963 fehlenden Werte wurden die Temperaturen der Station Laacher See mit denen der Station Wehr korreliert. Dabei mußten die veränderten Verhältnisse berücksichtigt werden, die sich durch das Zufrieren des Sees ergaben. Die Beobachtungen während der Frostperiode waren aber lückenlos, so daß bei der Korrelation die Winterwerte ausgelassen werden konnten. Bei der Verwendung von 191 Wertepaaren ergaben sich die Tagesmitteltemperaturen der Stationen Laacher See und Wehr zu 9,3° bzw. 12,0°. Aussagekraft besitzt dabei wiederum nur die Differenz dieser beiden Angaben, nämlich daß Wehr eine um 2,7° höhere Tagesmitteltemperatur als Laach aufwies. Diese Angabe wird bei der Betrachtung des zeitlichen Temperaturverlaufs durch recht ähnliche Werte noch bestätigt werden. Die Tagesminima lagen bei 230 herausgegriffenen Wertepaaren in Wehr um 3,5° höher als am Laacher See, während der Unterschied der Tagesmaxima nur 1,9° betrug. Die Korrelationskoeffizienten errechneten sich bei den Mittel- und Maximumtemperaturen zu 0,98 und bei den Minimawerten zu 0,96. Die Gleichungen konnten wie folgt aufgestellt werden (y = Laacher See, x = Wehr):

$$\text{Tagesmittel: } y = 0,9861 x - 2,55$$

$$\text{Tagesmaxima: } y = 0,9810 x - 1,55$$

$$\text{Tagesminima: } y = 0,9937 x - 3,40$$

Schließlich wurden noch die Beziehungen der Tagesextremtemperaturen von Wehr und Steinbergerhof hergeleitet. Dabei mußte folgendes berücksichtigt werden: aus beobachtungstechnischen Gründen werden beide Extremtemperaturen nur einmal am Tage – und zwar morgens – abgelesen. Bei normalen Witterungsverhältnissen sind die Werte durchaus vergleichbar mit denen anderer Stationen, an denen das Maximum abends und das Minimum morgens registriert werden, wenn das Maximum der Meßstelle Steinbergerhof eben dem Vortage und das Minimum dem Beobachtungstage zugeschrieben werden. Gelegentlich treten jedoch Unregelmäßigkeiten im normalen Temperaturverlauf auf. Wenn ein gleichmäßiger Temperaturanstieg oder -fall über zwei Tage erfolgt, werden die Extremtemperaturen je nach der Beobachtungszeit unterschiedliche Werte aufweisen. Weiterhin ergeben sich Differenzen, wenn ein morgendliches Minimum am folgenden Tage nicht erreicht wird, dann bleibt nach der Neueinstellung

des Minimumthermometers der Wert zur Einstellzeit erhalten und wird am nächsten Tag als Minimumwert eingetragen, obwohl er ja am Vortage auftrat und bereits in die Beobachtungsliste eingegangen war. Ein Beispiel soll diese Aussage erläutern. Abb. 1 zeigt den Temperaturverlauf in Wehr vom 23. 9. bis 27. 9. 1963.

Bei einer Auswertung von 0° – 24° ergeben sich danach folgende Werte:

23. Max. $20,0^{\circ}$ – Min. $14,0^{\circ}$; 24. Max. $20,0^{\circ}$ – Min. $16,5^{\circ}$;

25. Max. $16,5^{\circ}$ – Min. $10,0^{\circ}$; 26. Max. $17,0^{\circ}$ – Min. $9,0^{\circ}$.

Das Minimum des 24. tritt um Mitternacht ein und geht infolge des anhaltenden Temperaturabfalls als Maximum des 25. ein. Wertet man die gleiche Kurve zum 7° -MEZ-Termin aus, ergeben sich folgende Werte:

23. Max. $20,0^{\circ}$ – Min. $14,0^{\circ}$; 24. Max. $20,0^{\circ}$ – Min. $14,0^{\circ}$;

25. Max. $14,0^{\circ}$ – Min. $9,0^{\circ}$; 26. Max. $17,0^{\circ}$ – Min. $9,0^{\circ}$.

Auch hierbei geht ein Wert zweimal in die Beobachtungen ein, nämlich als Minimum und Maximum des 24./25., der um 7.30 Uhr am 25. erreicht wurde und infolge des Temperaturabfalls nicht überschritten wurde. Daher habe ich die Registrierstreifen von Wehr auch noch zusätzlich zum Morgentermin hin ausgewertet, um so eine exakte Vergleichbarkeit beider Beobachtungsreihen zu gewährleisten. Bei der Bearbeitung von 260 Wertepaaren ergaben sich Werte, die in Steinbergerhof bei den Maxima um $2,1^{\circ}$ und den Minima um $4,6^{\circ}$ niedriger als in Wehr lagen. Die Korrelationskoeffizienten betragen 0,952 für die Minima und 0,985 für die Maxima. Die Bezugsgleichungen lassen sich wie folgt aufstellen:

$$\text{Tagesmaxima: } y_{\text{Steinbergerhof}} = 0,9965 x - 2,2$$

$$\text{Tagesminima: } y_{\text{Wehr}} = 0,9179 x + 4,7$$

Es sei noch auf folgendes besonders hingewiesen: Hauptteil dieser klimatologischen und hydrologischen Untersuchungen im Laacher-See-Gebiet ist die Erfassung des Wasserhaushaltes. Daher werden alle Werte in der hydrologischen Jahresaufteilung gebracht, also vom 1. November bis 31. Oktober die Jahreswerte, vom 1. November bis 30. April geht das Winterhalbjahr und vom 1. Mai bis 31. Oktober das Sommerhalbjahr.

II. Auswertung der langjährigen Beobachtungen des Klosters Maria Laach

Vor der Auswertung der eigenen Beobachtungen soll zunächst einmal die langjährige Temperaturbeobachtungsreihe von Maria Laach erläutert werden, die mir dankenswerterweise die Gutsverwaltung des Klosters Maria Laach zur Verfügung stellte. Seit dem 11. November 1927 wurden an den drei üblichen Tagesterminen die Temperaturwerte aufgeschrieben und aus ihnen die Tagesmitteltemperaturen errechnet, wobei der Abendwert doppelt einging. Fast lückenlos sind diese Werte bis Oktober 1953 vorhanden, einige fehlende Tageswerte konnten ergänzt werden. Leider sind die Beobachtungen danach nicht in gleichem Sinne weitergeführt worden.

Von 1954 bis 1958 fehlen 15 Monatsbeobachtungen und seit Juli 1958 stehen gar keine Werte mehr zur Verfügung. So ist es leider nicht möglich, die Meßreihe vom Laacher See an die vorhandene langjährige Reihe exakt anzuschließen. Auf Grund der räumlichen Nähe – der Beobachtungsort des Klosters liegt ja nur 500 m entfernt und 15 m höher als die Meßstelle am Laacher See – sollen jedoch die Monats-, Halbjahres- und Jahresmittelwerte der langjährigen Reihe zum Vergleich für die eigenen Beobachtungsergebnisse herangezogen werden. Ich habe zunächst also aus den vorhandenen Tagesmitteltemperaturen der Beobachtungsergebnisse der Gutsverwaltung des Klosters Maria Laach 356 Monatsmitteltemperaturen ab Dezember 1928 errechnet und 25jährige Monats-, Halbjahres- und Jahresmitteltemperaturen der Jahresreihe 1929/1953 gebildet. Dadurch ergaben sich folgende Temperaturwerte (in °C):

N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
4,2	0,2	-0,6	-0,1	3,8	7,9	12,1	15,2	16,9	16,4	13,5	8,7

Das Jahresmittel dieser Reihe beträgt 8,2°, im Winterhalbjahr liegt der Wert bei 2,6° und im Sommerhalbjahr bei 13,8°. Der kälteste und der wärmste Jahres- und Winterhalbjahreswert liegen in der Beobachtungszeit jeweils im gleichen Jahr und traten 1929 mit 7,1° und 0,1° und 1943 mit 9,2° und 4,6° auf. Allerdings erreicht auch der Winter 1947 das Minimum mit ebenfalls 0,1°. Dagegen findet sich die höchste Durchschnittstemperatur des Sommerhalbjahres im Jahre 1947 mit 15,9° und die niedrigste 1951 mit 12,7°. Die Temperaturamplituden ergeben sich daraus wie folgt: für das Jahr 2,1°, Winterhalbjahr 4,5° und Sommerhalbjahr 3,2°.

Häufigkeitsstatistik.

In der Häufigkeitsdarstellung der Monatsmitteltemperaturen aus den Jahren 1929-1953 sind in der Abb. 2 die langjährigen Monatsmittel polygonal miteinander verbunden. Aus dieser Darstellung kann man die Schwankungsbreite der einzelnen Monatswerte gut erkennen. Die Mitteltemperaturen sind in dieser Abbildung in Klassen von 0° bis 0,9°, 1,0° bis 1,9°, 2,0° bis 2,9° usw., und von -0,1° bis -0,9°, -1,0° bis -1,9°, -2,0° bis -2,9° usw. eingeteilt.

Im Monat November liegen die einzelnen Monatsmitteltemperaturen zwischen 1,2° und 7,4°, der Mittelwert beträgt 4,2°, wobei am häufigsten, nämlich neunmal, der Klassenwert von 3,0° bis 3,9° auftritt. Der niedrigste Wert des Dezembers liegt bei -4,2°, der höchste bei 5,5°. In der gleichen Klasse, der der Mittelwert 0,2° angehört, liegen die häufigsten Werte mit 8 Monaten. Der Januar ist im Durchschnitt dieser 25jährigen Reihe mit einer Mitteltemperatur von -0,6° der kälteste Monat des Jahres, wobei seine Einzelwerte von -8,7° bis 3,5° schwanken. Auch hier liegt der häufigste Wert in der Klasse 0,0° — 0,9° und tritt ebenso wie im Februar mit

sechs Einzelwerten auf. Der Februar, mit einem auch noch negativen Durchschnittswert von $-0,1^{\circ}$, zeigt die größte Amplitude überhaupt. Von $-9,2^{\circ}$ erstrecken sich die Werte über 15 Klassen bis zu $4,5^{\circ}$, wobei allerdings fünf Klassen im negativen Temperaturbereich nicht belegt sind. Ab März treten nun keine negativen Monatsmitteltemperaturen mehr auf. Der Mittelwert beträgt $3,8^{\circ}$ und liegt zwischen den Werten von $0,5^{\circ}$ und $7,4^{\circ}$. Die Klassenbreite ist damit auf acht wieder eingeschränkt, der häufigste Wert tritt mit sechs Monaten in der Klasse des Mittelwertes auf. Mit jeweils sechs Einzelwerten werden die Klassen $8,0^{\circ}$ bis $8,9^{\circ}$ und $9,0^{\circ}$ bis $9,9^{\circ}$ im April am häufigsten belegt. Der Mittelwert beträgt $7,9^{\circ}$, der niedrigste $4,4^{\circ}$ und der höchste $10,3^{\circ}$.

Mit dem Monat Mai treten wir in das hydrologische Sommerhalbjahr ein. Die Schwankungsbreite der Temperaturen nimmt ab und erreicht im Juni und Juli mit einer Belegung von nur fünf Klassen ihr Minimum. Zu $12,1^{\circ}$ errechnet sich die Mitteltemperatur des Mai, die Werte schwanken von $8,9^{\circ}$ bis $14,4^{\circ}$ und treten mit acht Monaten in der Klasse des Mittelwertes am häufigsten auf. Die Außenseiter verschwinden im Juni fast ganz; denn der niedrigste Wert von $13,9^{\circ}$ liegt bereits in der Klasse, die mit sieben Einzelwerten neben der Klasse von $16,0^{\circ}$ bis $16,9^{\circ}$ am häufigsten vertreten sind und der höchste Wert liegt schon bei $17,8^{\circ}$. Der Mittelwert beträgt $15,2^{\circ}$. Als wärmster Monat des Jahres zeigt sich der Juli mit seinem 25jährigen Monatsmittel von $16,9^{\circ}$, das zwischen Einzelwerten von $15,5^{\circ}$ und $19,5^{\circ}$ liegt, wobei zehn Monate der Klasse von $17,0^{\circ}$ bis $17,9^{\circ}$ angehören. Der höchste Einzelwert dagegen liegt im August mit $19,7^{\circ}$ noch um zwei zehntel Grad höher als der des Vormonats. Die Amplitude nimmt aber schon wieder um eine Klasse zu, und die niedrigste Temperatur beträgt $14,7^{\circ}$. Zehn Einzelwerte finden sich in der Klasse der Mitteltemperatur von $16,4^{\circ}$. Die größte Häufigkeitskonzentrierung weist der Monat September mit 14 Einzelwerten in der Klasse des Mittelwertes von $13,5^{\circ}$ auf. Die Einzelwerte streuen zwischen $9,7^{\circ}$ und $16,9^{\circ}$. Auf $8,5^{\circ}$ sinkt die Mitteltemperatur des Oktobers ab. Sechs Klassen sind vertreten. Von $6,4^{\circ}$ bis $11,6^{\circ}$ schwanken die Temperaturen und sind mit sieben Monaten in der Klasse des Mittelwertes am häufigsten vertreten.

III. Auswertung der eigenen Beobachtungen

1. Mitteltemperaturen an den Stationen Wehr und Laacher See

Aus den Aufzeichnungen der Meteorographen wurden Tagesmitteltemperaturen durch Ausplanimetrieren der täglichen Temperaturganglinien ermittelt. Zu Pentadenmitteln zusammengefaßt, wurden diese Werte in Abb. 3 dargestellt.

a) Wehr

Zur Erläuterung des Temperaturverlaufs 1959/60 in Wehr müssen die durchschnittlichen Temperaturabweichungen von langjährigen Mittelwerten von Rheinland-Pfalz und besonders die der Station Nürburg, wie sie in den Monatsschnellberichten des Wetteramtes Trier veröffentlicht wurden, zum Vergleich herangezogen werden, da die Temperaturregistrierungen am Laacher See erst im April 1962 begannen. Von dieser Zeit an wurde damit ein Vergleich mit einer im Arbeitsgebiet gelegenen Station, die eine langjährige Beobachtungsreihe aufweist, möglich. Nach den Monatsschnellberichten lagen die monatlichen Mitteltemperaturen der meisten Stationen in Rheinland-Pfalz nur im April und Juni 1959 unter den langjährigen Durchschnittswerten, sonst immer über diesen. Die Abweichungen vom langjährigen Mittel hatten an der Station Nürburg folgende Werte (in °C):

	1959	1960		1959	1960
N	-	-0,2	M	0,8	0,4
D	-	1,9	J	-0,7	1,3
J	-	0,5	J	0,2	3,5
F	-	3,0	A	1,0	1,4
M	-	3,4	S	1,7	2,5
A	-1,8	2,6	O	-1,0	2,3

Hier waren also noch zusätzlich in zwei Monaten die Mitteltemperaturen unter den Normalwerten. Tab. 1 gibt eine Übersicht über die Mitteltemperaturen der Monate, Halbjahre und Jahre von Wehr, dazu kann man auch die Abweichungen der Temperaturen vom Laacher See vom langjährigen Mittel für die Monate April 1962 bis Oktober 1963 entnehmen, die im großen und ganzen repräsentativ für die Verhältnisse im gesamten Gebiet von Rheinland-Pfalz sind. Die erste Beobachtungszeit von 1959/60 zeigt also zumeist überdurchschnittliche Temperaturverhältnisse und die zweite 1962/63 allgemein unterdurchschnittliche an. Im Sommerhalbjahr 1959 finden wir die höchste Mitteltemperatur in Wehr mit 16,6°, der die entsprechenden Werte von 1963 um 0,5° und von 1960 und 1962 sogar um 1,3° nachstehen. Wenn man die Monatsmitteltemperaturen miteinander vergleicht, so sieht man, daß nur der Juni im Sommer 1963 wärmer ist als 1959, alle anderen Sommermonate haben 1959 eine höhere Temperatur. Dabei zeigt sich, daß der Juli, August, September und Oktober dieses Jahres überhaupt die höchsten Monatsmittel in den vier Vergleichsjahren aufweisen, während die Temperaturen des Mai 1960 höher und die des Juni 1960 gleich hoch lagen. Die beiden Sommerhalbjahre 1960 und 1962 zeigen zwar die gleichen Mitteltemperaturen; aber 1960 hatte einen besonders warmen Mai, in dem hoher Luftdruck und anschließend mit Störungen aus Südwesten einfließende warme Mittelmeerluft zu einer Wärmeperiode vom 5.-19. führten, in der die Tagesmittel bis zu mehr als 5° über der Norm

lagen. Auch das Junimittel ist noch 1960 höher als 1962; aber ab Juli liegen dann die Monatsmitteltemperaturen 1962 über denen von 1960.

Ein Vergleich der Temperaturwerte der beiden beobachteten Winterhalbjahre zeigt bereits die Besonderheit des Winters 1963, in dem der Dezember $3,6^\circ$, der Januar $6,1^\circ$ und der Februar $5,5^\circ$ tiefere Monatsmittel hatten, als sie 1960 registriert wurden. Dadurch konnte die Jahresmitteltemperatur 1963 trotz des im Verhältnis der Beobachtungsjahre recht warmen Sommers nur $9,6^\circ$ im Gegensatz zu $10,4^\circ$ des Jahres 1960 erreichen.

Häufigkeitsverteilung

Zur Auflösung der Mitteltemperaturen soll die in Tab. 2 wiedergegebene Häufigkeitsverteilung der Tagesmitteltemperaturen dienen, in der die Tageswerte in Klassen zu jeweils 5° eingeordnet sind. Vergleicht man die Summen der Sommerhalbjahre untereinander, kann man zunächst sehen, daß die häufigsten Werte in der Klasse $15,1^\circ - 20,0^\circ$ auftreten, allerdings zeigt 1962 in der nächst tieferen Klasse noch einen Tageswert mehr. Nur in den Sommern 1959 und 1963 wird mit einer gleichen Anzahl von Werten die Klasse $25,1^\circ - 30,0^\circ$ besetzt; die Werte liegen in allen vier Halbjahren nicht unter $5,1^\circ$. Die Klasse von $20,1^\circ - 25,0^\circ$ hatte in den Sommermonaten 1959 insgesamt die größte Anzahl von Tageswerten dieser Klasse, ein Hinweis dafür, daß dieser Sommer durch besonders viele Tage mit einer hohen Tagesmitteltemperatur ausgezeichnet war.

Bei der Betrachtung der beiden Winterhalbjahre sieht man, daß im Winter 1960 zwar der tiefste Tageswert auftrat, daß sich aber das Halbjahr 1963 durch eine besonders große Anzahl von Einzelwerten in den beiden ersten Klassen unter dem Gefrierpunkt auszeichnete und dadurch seinen ungewöhnlichen Temperaturverlauf zum Ausdruck bringt. Die zum Vergleich zur Verfügung stehenden Beobachtungen der Gesamtjahre 1960 und 1963 weisen eine Amplitude jeweils über acht Klassen auf. Dabei reichen die Werte 1960 noch eine Klasse tiefer und 1963 noch eine höher als im Vergleichsjahr. Der häufigste Wert trat in beiden Jahren zwischen $15,1^\circ$ und $20,0^\circ$ auf.

b) Laacher See

Der Tab. 1 kann man auch die Mitteltemperaturen der Monate, Halbjahre und des Jahres 1963 der Station Laacher See entnehmen und dazu, wie erwähnt, die Abweichungen von den langjährigen Mittelwerten der Meßstelle Maria Laach - Kloster. Danach liegen die Werte vom Laacher See mit Ausnahme des Oktobers 1962 alle unter den langjährigen Durchschnittswerten. Diese Aussage wird auch bei einer großräumigen Betrachtung bestätigt: die Monatsmitteltemperaturen lagen im betrachteten Zeitraum in Rheinland-Pfalz alle unter den langjährigen Mittelwerten, und nur einzelne Stationen verzeichneten im August und Oktober 1962 und September 1963 auch positive Abweichungen.

Die Mitteltemperaturen am Laacher See ordnen sich allgemein in den oben erwähnten Schwankungsbereich der langjährigen Beobachtungsreihe ein. Nur das Sommerhalbjahresmittel von 1963 liegt $0,1^{\circ}$ unter dem Minimum der 25jährigen Reihe, das 1951 auftrat und sich auch 1962 findet. Auch das Jahresmittel 1963 unterbietet infolge der ganzjährigen negativen Temperaturabweichungen der Monatsmittelwerte das in der erwähnten Reihe 1929 aufgetretene Minimum von $7,1^{\circ}$ noch um $0,7^{\circ}$.

c) Vergleich der Meßergebnisse von Wehr und Laacher See

Abb. 3 zeigt die Ganglinien der Pentadenmittel der Tagesmitteltemperaturen. Die Werte von Wehr liegen immer über denen vom Laacher See, was auch bei einem Vergleich der Monatsmitteltemperaturen aus Tab. 1 hervorgeht.

Im Monatsmittel sind die Temperaturen im Durchschnitt der 19 Monate in Wehr $2,9^{\circ}$ höher, die Differenzen schwanken dabei zwischen $1,4^{\circ}$ und $3,9^{\circ}$. Selbst bei dem Vergleich der Pentadenmittel gibt es nicht einen einzigen Fall, in dem ein Wert vom Laacher See über dem entsprechenden von Wehr liegt. Interessant ist dabei, daß sich durch das Gefrieren des Sees im Januar und Februar 1963 die Werte nicht ändern, obwohl sich durch die schneebedeckte Fläche des Sees ähnliche Verhältnisse wie in Wehr ergeben. Man kann also auf Grund der bisher vorliegenden kurzen Beobachtungsreihe nicht sagen, daß die niedrigen Temperaturen der Station Laacher See durch das Vorhandensein des Sees bedingt werden. In diesem Falle müßten sich auch Unterschiede während des Frühjahrs und Herbstes einstellen, wenn einmal der See durch sein kaltes Wasser der Umgebung Temperaturerniedrigung und durch seine Wärmespeichereigenschaft nach dem Sommer eine entsprechende Erhöhung bringen könnte.

Häufigkeitsstatistik

Eine vergleichende Betrachtung der Häufigkeitsverteilungen der Tagesmitteltemperaturen der Meßstellen Wehr und Laacher See zeigt noch einmal die Unterschiedlichkeit beider Gebiete.

In Tab. 2 sind dazu noch die Tagesmitteltemperaturen vom Laacher See in Klassen zu je 5° eingeteilt, zusammengefaßt für die Halbjahre und das Gesamtjahr 1963.

Der angeführten Tabelle kann man entnehmen, daß in den Sommerhalbjahren am Laacher See sogar die erste Klasse über dem Gefrierpunkt besetzt ist, die über $25,1^{\circ}$ gar nicht und die von $20,1^{\circ}$ – $25,0^{\circ}$ nur noch mit 2 bzw. 5 Einzelwerten, in der die Tagesmitteltemperaturen von Wehr noch 26 Werte aufweisen. Am häufigsten ist 1962 an beiden Stationen die Klasse $10,1$ – $15,0$ vertreten, während 1963 Wehr die größte Anzahl von Werten in der nächst höheren Klasse hat, und zwar mit einer fast gleich großen Anzahl von Tagen, wie sie am Laacher See in der nächst tieferen Klasse auftreten. Im Winter 1963 reichen die Tagesmittel vom Laacher See noch zwei

Klassen tiefer als die Werte in Wehr und sind in der von 10,1 – 15,0 nur noch mit drei Werten vertreten, während es Wehr mit 29 ist. Die Klasse größter Häufigkeit ist an beiden Stationen die erste über dem Gefrierpunkt.

d) Jahresschwankungen

Die Jahresschwankungen der Monatsmitteltemperaturen betragen an der Station Wehr im Jahr 1960 15,0° und 23,4° im Jahr 1963. Die kältesten Monate waren jeweils der Januar, als wärmster zeigte sich 1960 der Juni, dem der August desselben Jahres allerdings um nur 0,1° nachstand. 1963 trat das höchste Temperaturmittel im Juli auf. Am Laacher See war ebenfalls Januar der kälteste und Juli der wärmste Monat des Jahres 1963, die Differenz beider Temperaturwerte beträgt 22,6°. Die Zuordnung dieser Monate entspricht dem langjährigen Mittel, aber die Jahresschwankung beträgt im Mittel 17,5° und wird somit also um 5,1° im Jahr 1963 übertroffen.

2. Die Extremtemperaturen an den Stationen Wehr, Steinbergerhof und Laacher See

In der Abb. 4 sind die zeitlich gleichlaufenden Ganglinien der Maximum- und Minimumtemperaturen aufgetragen, die sich aus den Meteorographenaufzeichnungen vom Laacher See und von Wehr und aus den Extremthermometerablesungen von Steinbergerhof ergaben; wiederum sind nur die Pentadenmittel dargestellt, da das Bild der einzelnen Tagesextremwerte die Übersichtlichkeit stark beeinflussen würde.

a) Die Maximumtemperaturen

Aus den Ganglinien I und II der Abb. 4 kann entnommen werden, daß die Maxima von Wehr im betrachteten Zeitraum immer über denen von Steinbergerhof liegen. Allerdings muß dazu gesagt werden, daß bei der Betrachtung einzelner Tageswerte auch gelegentlich Umkehrungen auftreten können, die aber im Pentadenmittel nicht mehr zu erkennen sind. Eine Ausnahme bildet der zweite Wert des Dezember 1962, der mit 5,2° in Steinbergerhof über den 4,6° von Wehr liegt. Aus den Pentadenwerten wurden zum übersichtlicheren Vergleich Monats-, Halbjahres- und Jahresmittelwerte gebildet und dem Zeitraum entsprechend der Zuordnung der Pentaden zugeschrieben. Diese Werte sind in der Tab. 3 zusammengestellt. Im Mittel von 37 Beobachtungsmoaten weist Wehr ein um 2,4° höheres Maximum auf als Steinbergerhof, wobei die Werte von 1,7° im Oktober 1963 bis 3,7° im Februar 1963 schwanken. Die größten Abweichungen werden in den strengen Wintermonaten Januar und Februar 1963 mit 3,5° und 3,7° erreicht.

Im Jahresmittel, das nur für 1960 und 1963 berechnet werden konnte,

betragen die Schwankungen $2,4^{\circ}$ und $2,5^{\circ}$. In den Winterhalbjahren liegen sie 1960 niedriger, nämlich bei $2,2^{\circ}$, dagegen 1963 wegen der außergewöhnlichen Frostperiode mit $2,9^{\circ}$ höher als beim Jahresmittel. Bei den vier vergleichbaren Sommerhalbjahren treten Differenzen von $2,2^{\circ}$ bis $2,5^{\circ}$ auf.

Die Abb. 4/II zeigt noch dazu den Verlauf der Maximumtemperaturen der Station Laacher See. Genau wie bei den Mitteltemperaturen kann festgestellt werden, daß die Maxima von Wehr immer über denen der Station Laacher See liegen. Im betrachteten Zeitraum sind auch nur drei einzelne Tageswerte am Laacher See größer als in Wehr. Die Abweichungen beider Stationen liegen nicht so hoch, wie sie bei den Mitteltemperaturen auftraten, wo sie eine Schwankungsbreite von $2,5^{\circ}$ hatten. Die aus den Pentadenmitteln gebildeten monatlichen Maximummitteltemperaturen liegen in Wehr um $1,6^{\circ}$ bis $3,3^{\circ}$ über denen von der Station Laacher See, die Schwankungsbreite beträgt also nur $1,7^{\circ}$. Die mittlere Differenz beträgt $2,2^{\circ}$ und ist damit $0,7^{\circ}$ kleiner als die der Mitteltemperaturen. Die größten Differenzen treten nicht in den kalten Wintermonaten, sondern im Mai und Juni 1963 auf. Das Jahresmittel der Maxima liegt in Wehr mit $12,2^{\circ}$ um $2,2^{\circ}$ höher als am Laacher See, das Winterhalbjahresmittel mit $5,3^{\circ}$ um $2,0^{\circ}$. Die mittleren Maxima der Sommerhalbjahre 1962 und 1963 betragen am Laacher See $16,8^{\circ}$ und $16,6^{\circ}$, haben also nur einen um $0,2^{\circ}$ unterschiedlichen Wert. Sie liegen aber 1962 $1,9^{\circ}$ und 1963 $2,5^{\circ}$ unter den entsprechenden Maxima von Wehr.

Die Differenzen der Monatsmittel der Maximumtemperaturen zwischen Laacher See und Steinbergerhof bewegen sich zwischen $-0,9^{\circ}$ und $+1,9^{\circ}$. Von den 19 vergleichbaren Monatswerten liegen 13 am Laacher See über denen von Steinbergerhof. Im April, Mai, August, September und Oktober 1963 sind die mittleren monatlichen Maximumtemperaturen an der Station Steinbergerhof höher als die am Laacher See, im Juni dieses Jahres sind die Werte an beiden Stationen gleich groß. Das Jahresmittel der Maxima 1963 liegt am Laacher See mit $10,0^{\circ}$ um $0,3^{\circ}$ und der entsprechende Mittelwert des Winterhalbjahres mit $3,3^{\circ}$ um $0,9^{\circ}$ höher als in Steinbergerhof. Die beiden Sommerhalbjahre weisen recht unterschiedliche Verhältnisse auf: im Sommer 1962 hatte Steinbergerhof mit $16,2^{\circ}$ ein um $0,6^{\circ}$ niedrigeres und 1963 mit $16,9^{\circ}$ ein um $0,3^{\circ}$ höheres mittleres Maximum als die Meßstelle am Laacher See.

Das mittlere Maximum des Jahres 1963 betrug am Laacher See $10,0^{\circ}$ und lag damit zwischen dem entsprechenden Wert von Wehr ($12,2^{\circ}$) und dem von Steinbergerhof ($9,7^{\circ}$). In gleicher Reihenfolge traten die mittleren Maxima des Winterhalbjahres 1963 und die des Sommerhalbjahres 1962 auf. In jenem betrug das Maximum $3,3^{\circ}$ am Laacher See, $5,3^{\circ}$ in Wehr und $2,4^{\circ}$ in Steinbergerhof; in diesem hatten Steinbergerhof $16,2^{\circ}$, Wehr $18,7^{\circ}$ und Laacher See $16,8^{\circ}$. Dagegen zeigt im Sommerhalbjahr 1963 Laach das tiefste mittlere Maximum der drei Vergleichsstationen mit $16,6^{\circ}$, Wehr hatte $19,1^{\circ}$ und Steinbergerhof $16,9^{\circ}$.

Der Höhenlage nach wäre eher eine größere Temperaturannäherung zwischen den Werten vom Laacher See und denen des Wehrer Kessels zu erwarten gewesen als die wirklich auftretende vom Laacher See und Steinbergerhof, dessen Meßstelle immerhin um 190 m höher gelegen ist und in westlicher Richtung einer vom Ackerbau genutzten freien Hochfläche angehört.

Häufigkeitsstatistik

Einen weiteren Einblick in die Temperaturverhältnisse im Arbeitsgebiet soll eine Häufigkeitsstatistik geben. Die Tagesmaximumtemperaturen wurden dazu in Klassen zu 5° eingeteilt, die Werte können der Tab. 4 entnommen werden.

Zunächst einiges zum Vergleich der beiden Meßstellen des Wehrer Kessels, einmal also Wehr am Grunde desselben und zum anderen Steinbergerhof auf seinem westlichen Rand. Die Auswertung der Temperaturkurven erfolgte – wie oben bereits erwähnt – zum morgendlichen Beobachtungstermin der Station Steinbergerhof. Jedoch sind diese Werte nicht in einer Tabelle beigefügt, da sie sich nur in verhältnismäßig geringem Maße von den aufgeführten unterscheiden, die auf Grund der Tagesauswertung von 0–24 Uhr zusammengestellt wurden. Die Schwankungsbreite der Werte von Wehr reicht im Sommer 1959 von der Klasse $5,1^\circ - 10,0^\circ$ bis zu der von $35,1^\circ - 40,0^\circ$, wobei die größte Zahl der Werte mit 67 Tagen in der Klasse $20,1^\circ - 25,0^\circ$ auftrat. Im Sommer 1960 fehlt die letzte Klasse, die Maxima liegen im ganzen unter denen des Vorjahres, und der häufigste Wert wird mit 70 Tagen auch in der nächst tieferen Klasse von $15,1^\circ - 20,0^\circ$ gezählt. Der geringste Schwankungsbereich findet sich 1962, wo auch der eine Extremwert der Klasse $30,1^\circ - 35,0^\circ$ fehlt und damit nur noch fünf Klassen besetzt sind. Die meisten Einzelwerte liegen zwischen $15,1^\circ$ und $20,0^\circ$. Das mittlere Maximum des Sommers 1963 liegt mit $19,1^\circ$ ebenso hoch wie das von 1960; aber die Häufigkeitsverteilung zeigt doch ein unterschiedliches Bild. So ist im Jahr 1963 noch die Klasse von $35,1^\circ - 40,0^\circ$ mit einem Wert vertreten, und die nächst tiefere Klasse hat auch zwei Werte mehr als im Jahr 1960. Der häufigste Wert liegt 1963 mit 72 Tagen in der Klasse $20,1^\circ - 25,0^\circ$, während er 1960 mit 70 Werten in der nächst tieferen Klasse auftritt.

Die Maximumtemperaturen von Steinbergerhof liegen allgemein niedriger als die von Wehr. In allen vier Sommerhalbjahren ist hier sogar die Klasse von $0,0^\circ - 5,0^\circ$ vertreten, die über 35° fehlt überhaupt, und nur in dem warmen Sommer 1959 gehören drei Tageswerte der Klasse $30,1^\circ - 35,0^\circ$ an. Die häufigsten Werte sind durchweg in der Klasse $15,1^\circ - 20,0^\circ$ zu finden. Die Temperaturverteilung des Sommerhalbjahres 1961, für welches keine Vergleichswerte von Wehr vorliegen, unterscheidet sich kaum von der der anderen Jahre, nur daß die unterste Klasse hier unbesetzt bleibt. Die höchsten Maximumtemperaturen hat also der Sommer

1959, in dem das mittlere Maximum $19,7^\circ$ beträgt, dann folgt 1961 mit $17,2^\circ$, 1963 mit $16,9^\circ$, 1960 mit $16,7^\circ$ und 1962 mit $16,2^\circ$. Für den Vergleich der Winterhalbjahreswerte stehen nur die Messungen von 1960 und 1963 zur Verfügung. Im Jahr 1960 nehmen die Maximumtemperaturen an beiden Stationen die sieben Klassen von -10° bis $+25^\circ$ ein, wobei die größte Anzahl von Werten in Wehr mit 80 Tagen und in Steinbergerhof mit 67 Tagen in der Klasse $5,1^\circ - 10,0^\circ$ auftritt. Die Klassen der tieferen Temperaturen sind in Steinbergerhof stärker besetzt. Im Winterhalbjahr 1963 fallen die höchsten Tagesmaxima an beiden Stationen in die Klasse $15,1^\circ - 20,0^\circ$. Ebenso liegen auch die häufigsten Tageswerte in einer Klasse tiefer als im Vergleichsjahr. Die niedrigsten Tagesmaxima gehören in Wehr der gleichen Klasse an wie 1960, aber die niedrigsten von Steinbergerhof nehmen noch zwei Klassen tiefer ein. Auffallend häufig sind die beiden ersten Klassen unter dem Gefrierpunkt besetzt, wo sich in Wehr 39 Tageswerte gegenüber 9 im Winter 1960 finden, und in Steinbergerhof sind es 54 gegenüber 18 Tagesmaxima.

Zum Vergleich der vier Winterhalbjahre von 1960 bis 1963 an der Meßstelle Steinbergerhof läßt sich folgendes anführen. Im Winter 1962 lag das mittlere Maximum um $2,3^\circ$ höher als in dem von 1963, der als unteres Extrem in der Reihe auftritt. Aber auch 1962 lagen noch 31 Werte in den beiden Klassen unter dem Gefrierpunkt, 1963 waren es jedoch 58, dagegen nur 16 und 18 in den Winterhalbjahren 1961 und 1960. Der häufigste Wert tritt 1962 genau wie 1963 in der ersten Klasse über dem Gefrierpunkt auf, 1961 und 1960 in der nächst höheren. Wenn man noch ergänzend hervorhebt, daß 1960 in der Klasse $10,1^\circ - 15,0^\circ$ zwanzig Werte weniger als im Winter 1961 auftreten, so kann man schon hieraus ersehen, daß 1961 in bezug auf die Maximumtemperaturen der mildeste Winter der Beobachtungszeit war. Sein Maximummittel liegt auch mit $7,1^\circ$ um $1,5^\circ$ höher als das des Vorjahres.

Vergleich der Stationen Wehr und Laacher See.

Der o. a. Tabelle kann man auch die Verteilung der täglichen Maximumtemperaturen der Meßstelle Laacher See entnehmen. Die Werte wurden durch die Auswertung der Aufzeichnungen der Meteorographen von 0° bis 24° ermittelt. Die häufigsten Werte treten durchweg in der Klasse $15,1^\circ - 20,0^\circ$ auf. Das mittlere Sommermaximum lag an der Station Laacher See 1963 niedriger als im Vorjahr, was sich durch eine geringere Besetzung der beiden oberen Klassen und einer zusätzlichen der Klasse $0,0^\circ - 5,0^\circ$ erkennen läßt. In Wehr liegen die Temperaturverhältnisse gerade umgekehrt, hier zeigt sich das besonders in einer stärkeren Besetzung der beiden unteren Klassen im Sommer 1962. Dazu ist 1963 noch eine weitere Klasse durch einen Tageswert von $31,5^\circ$ vertreten.

Die Wintertemperaturen unterscheiden sich nicht in ihrer Klassenbreite, auch der häufigste Wert nimmt mit 58 Tagen in der ersten Klasse über dem

Gefrierpunkt gleiche Größe an. Aber die Klassen unter Null sind mit 58 Einzelwerten am Laacher See um 18 Werte gegenüber Wehr stärker besetzt, was dementsprechend zu einem tieferen mittleren Wintermaximum führte.

Die Maximumtemperaturen der einzelnen Monate.

Tab. 5 gibt einen Überblick über die monatlichen Maxima der drei Vergleichsstationen. Im Mittel aller Werte liegen die Temperaturen in Wehr um $2,5^\circ$ höher als in Steinbergerhof und um $2,1^\circ$ höher als am Laacher See. Dabei streuen die Werte zwischen $0,5^\circ$ und $4,0^\circ$. Einmal hat Steinbergerhof allerdings sogar einen um $0,5^\circ$ höheren Extremwert. Als höchste Jahreswerte wurden registriert: (Werte in $^\circ\text{C}$)

	Wehr	Steinbergerhof	Laacher See
1959:	36,0 (9.7.)	32,0 (9.7.)	—
1960:	30,5 (23.6.)	27,0 (23.6.)	—
1961:	—	30,0 (2.7.)	—
1962:	31,5 (3.9.)	28,0 (3.9.)	29,5 (3.9.)
1963:	31,5 (2.8.)	28,5 (2.8.)	29,0 (2.8.)

b) Die Minimumtemperaturen

Vergleicht man die aus den täglichen Minimumtemperaturen gewonnenen Werte in gleicher Weise wie die der Maxima, so lassen sich auch gleiche Grundzüge der räumlichen Verteilung erkennen, nämlich daß die Werte der Station Laacher See denen von Steinbergerhof sehr viel ähnlicher sind als denen von Wehr. Die Abb. 4/III, IV zeigen den zeitlichen Verlauf der Minima, ausgedrückt in Pentadenwerten und Tab. 6 zum übersichtlicheren Vergleich aus diesen gebildeten Monats-, Halbjahres- und Jahressummen.

Im Durchschnitt der 37 Beobachtungsmomente liegt das Mittel der Monatsminima um $4,5^\circ$ in Wehr höher als in Steinbergerhof. Die Schwankungsbreite ist verständlicherweise gegenüber den Maxima größer und reicht von $1,8^\circ$ – $6,6^\circ$. Eine vergleichende Betrachtung der Sommerhalbjahresmittel zeigt, daß die positiven Differenzen zwischen Wehr und Steinbergerhof $2,8^\circ$ (1959), $5,7^\circ$ (1960), $5,1^\circ$ (1962) und $4,7^\circ$ (1963) betragen. Im Sommer 1960 traten an beiden Stationen die tiefsten Werte mit $6,0^\circ$ und $11,7^\circ$ auf. Darauf folgt in Steinbergerhof 1962 mit $7,1^\circ$, 1963 mit $8,4^\circ$, und am höchsten ist das mittlere Sommerminimum 1959 mit $9,1^\circ$. In Wehr sieht diese Reihenfolge anders aus. Hier hatte der Sommer 1963 das höchste mittlere Minimum, das mit $13,1^\circ$ um $0,9^\circ$ höher als das von 1962 und um $1,2^\circ$ höher als 1959 lag. Diese Angaben zeigen, daß die nach der Höhe der Temperatur gegliederten Extrem- und Mittelwerte nicht unbedingt eine gleiche Folge der Jahre haben. Die folgende Übersicht soll das noch etwas veranschaulichen, wo die erste Jahreskolonne das Sommerhalbjahr mit den nied-

rigsten Temperaturen und die letzte das mit den höchsten angibt. In dieser Aufstellung sind auch noch die entsprechenden Angaben für die Maxima und die Mitteltemperaturen aufgeführt.

1. Minimumtemperaturen

Steinbergerhof	1960	1962	1963	1959
Wehr	1960	1959	1962	1963

2. Maximumtemperaturen

Steinbergerhof	1962	1960	1963	1959
Wehr	1962	1962/1963		1959

3. Mitteltemperaturen

Wehr	1960/1962	1963	1959
------	-----------	------	------

Das Mittel der Minima im Winterhalbjahr 1963 liegt in Wehr $2,1^{\circ}$ niedriger als 1960, in Steinbergerhof liegt diese Differenz sogar bei $3,3^{\circ}$. Dabei weichen die Temperaturen in Wehr um $4,9^{\circ}$ (1963) und $3,7^{\circ}$ (1960) von denen in Steinbergerhof ab. Die Differenzen der Jahresmittel zwischen Wehr und Steinbergerhof betragen $4,7^{\circ}$ und $4,8^{\circ}$ in den Jahren 1960 und 1963. Die Mittelwerte der Minima liegen dabei in Steinbergerhof mit $2,3^{\circ}$ um nur $0,4^{\circ}$ und in Wehr mit $7,1^{\circ}$ um nur $0,3^{\circ}$ im Jahre 1963 niedriger als im Jahre 1960, was aus den höheren durchschnittlichen Sommertemperaturen des Jahres 1963 zu erklären ist.

Es sei noch erwähnt, daß gelegentlich Tagestemperaturinversionen durch Kaltluftansammlungen zwischen dem Wehrer Kessel und seiner um 165 m höher gelegenen Randstation auftreten. Aber schon im Pentadenwert wird der Ausgleich wieder hergestellt und nur drei dieser Werte geben für Steinbergerhof ein höheres Minimum als für Wehr an.

Betrachtet man die Differenzen der monatlichen Minima zwischen den Meßstellen Wehr und Laacher See, erkennt man, daß wiederum Wehr höhere Temperaturwerte aufweist, und zwar im Mittel der 19 Beobachtungsmonate um $4,1^{\circ}$, die Werte schwanken zwischen $2,9^{\circ}$ und $5,1^{\circ}$. Also auch hier, wie beim Vergleich Wehr/Steinbergerhof, ist der Unterschied größer als bei den Minima. Bei $3,4^{\circ}$ und $4,6^{\circ}$ liegen die Differenzen in den Sommerhalbjahren 1962 und 1963, dabei hat Wehr 1963 mit $13,1^{\circ}$ ein um $0,9^{\circ}$ höheres mittleres Minimum, während dieses an der Station Laacher See $0,3^{\circ}$ kälter als im Sommer 1962 war. Für einen Vergleich mehrerer Winterhalbjahre liegen noch keine Zahlenwerte vor. Hier kann nur gesagt werden, daß das mittlere Minimum des Winterhalbjahres 1963 in Wehr mit $1,0^{\circ}$ um $4,2^{\circ}$ höher lag als am Laacher See. Recht deutlich kommt auch die temperaturbegünstigte Lage des Wehrer Kessels durch das mittlere Jahresminimum heraus, das mit $7,1^{\circ}$ gegenüber der Station am Laacher See um $4,4^{\circ}$ höher lag.

Wiederum sehr viel ähnlicher als die eben verglichenen Stationen sind die Werte der Station Laacher See denen von Steinbergerhof. Im Mittel der 19 Beobachtungsmonate liegen die Monatsmittel der Minima nur um

1,1° am Laacher See höher, wobei die Werte von $-0,2^\circ$ bis $2,6^\circ$ streuen. In einem Monat, September 1963, erreicht das Minimum in Steinbergerhof einen um $0,2^\circ$ höheren Wert. Ein Vergleich der beiden Ganglinien in Abb. 4 zeigt, daß doch verhältnismäßig oft die Minima von Steinbergerhof selbst im Pentadenmittel über denen vom Laacher See liegen. Darauf soll am Schluß der Temperaturbeobachtungen noch zusammenfassend eingegangen werden.

Häufigkeitsstatistik

Zur Aufschlüsselung der bisher betrachteten Mittel soll noch ein Vergleich anhand der Häufigkeitsstatistik durchgeführt werden, die in gleicher Form wie bei den Maxima in Tab. 7 zusammengestellt wurde. Die Temperaturunterschiede kommen schon in der Verteilung der häufigsten Werte der Sommerhalbjahre heraus, die in Wehr durchweg in den Klassen $10,1^\circ$ bis $15,0^\circ$ auftreten, während sie in Steinbergerhof nur im Jahr 1959 dieser Klasse angehören und sonst der nächst tieferen. Weiterhin treten auch nur in Steinbergerhof Werte unter dem Gefrierpunkt auf, im Sommer 1960 ist sogar die Klasse $-5,1^\circ$ bis $-10,0^\circ$ vertreten mit einem Oktoberwert von $-5,5^\circ$. Wie bei der Erläuterung der mittleren Sommerhalbjahresminima erwähnt, liegt dieser Wert von 1959 in Wehr unerwartet niedrig, die Häufigkeitsverteilung zeigt aber auch 63 Einzelwerte in der Klasse $5,1^\circ - 10,0^\circ$, die 1963 nur mit 40 besetzt ist. Die häufigsten Werte lassen sich in den beiden Winterhalbjahren alle in die erste Klasse über dem Gefrierpunkt einordnen. In Wehr sind in beiden Jahren die drei von $-0,1^\circ$ bis $-15,0^\circ$ besetzt, und zwar mit 78 Tageswerten im Jahre 1963 gegenüber nur 27 im Jahre 1960. Die höchsten Werte liegen zwischen $10,1^\circ$ und $15,0^\circ$. Diese Klasse wird von den Minima in Steinbergerhof nicht mehr eingenommen, dafür gehen die Klassen 1960 um eine und 1963 sogar um zwei tiefer in den negativen Temperaturbereich herunter. Auch hier wurde ein bedeutender Unterschied in der Häufigkeit der Temperaturen unter dem Nullpunkt erreicht: 111 Einzelwerte 1963 gegenüber 77 im Winter 1960.

In der Häufigkeitsverteilung der täglichen Minima der Sommerhalbjahre 1962 und 1963 von den Stationen Laacher See und Wehr unterstreichen die mit der größten Zahl der Einzelwerte besetzten Klassen bereits die temperaturbegünstigte Lage von Wehr. Am Laacher See wird die Klasse von $5,1^\circ - 10,0^\circ$ in beiden Jahren am häufigsten besetzt, in Wehr ist es die nächst höhere. Weiterhin geht aus dem Diagramm hervor, daß nur am Laacher See negative Temperaturen auftreten. Die in Wehr noch recht gut besetzte Klasse $15,1^\circ - 20,0^\circ$ ist am Laacher See nur mit wenigen Werten vertreten, und die nächst höhere fehlt überhaupt. Im Winterhalbjahr 1963 reicht der Schwankungsbereich der Werte von der Meßstelle Laacher See genauso weit in den negativen Temperaturbereich wie die von Steinbergerhof, wenn auch die beiden unteren Klassen von $-15,1^\circ$ bis $-25,0^\circ$ an

der letzteren Meßstelle stärker besetzt sind. Die häufigsten Werte liegen am Laacher See auch in der ersten Klasse über dem Gefrierpunkt.

Die Minimumtemperaturen der einzelnen Monate

Der Tab. 5 kann man die wirklichen Minima der Beobachtungsmonate entnehmen. Auch hier läßt sich der große Schwankungsbereich erkennen. Im Mittel von 37 Monaten liegen die Minima in Wehr um $5,8^{\circ}$ höher als in Steinbergerhof und bei der Berechnung aus 19 Monatswerten um $5,3^{\circ}$ höher als am Laacher See. Die Differenzen zur Station Laacher See schwanken von $1,5^{\circ}$ bis $10,0^{\circ}$, wobei in der strengen Kälteperiode des Winters 1963 die größten Unterschiede auftraten: Januar $9,0^{\circ}$, Februar $9,5^{\circ}$ und März $10,0^{\circ}$. Zu Steinbergerhof liegen die Werte zwischen $3,0^{\circ}$ und $12,0^{\circ}$, auch dieser letzte Extremwert wurde im Winter 1963, im Januar, erreicht. Als niedrigste Jahreswerte wurden gemessen:

1960: Wehr $-13,0^{\circ}$ (14. und 15. 1.), Steinbergerhof $-16,0^{\circ}$ (15. 1.)

1963: Wehr $-12,0^{\circ}$ (12. 1), Steinbergerhof $-24,0^{\circ}$ (18. 1.), Laacher See $-21,0^{\circ}$ (18.1.).

3. Sommer-, Frost- und Eistage.

Die Tabelle 8 gibt eine zusammenfassende Aufstellung der Zahl der Frost-, Eis- und Sommertage in den einzelnen Beobachtungsmonaten und dazu die Jahressummen. Monate, in denen keine Beobachtungen durchgeführt wurden, sind freigelassen. Während der langjährigen Temperaturbeobachtungen vom Kloster Maria Laach wurden keine Extremthermometerablesungen vorgenommen. Ich habe daher auf Grund der Ablesungen zu den drei Tageterminen die Frosttage (Morgentermin unter 0°), die Eistage (alle drei Tagetermine unter 0°) und die Sommertage (Mittagstermin 25° und mehr) der einzelnen Jahre ausgezählt und die Mittelwerte für die Jahresreihe 1928/53 gebildet und in der o. a. Tabelle aufgenommen. Diese Zahlen können aber nur als untere Grenze der wirklich aufgetretenen Fälle angesehen werden, besonders wird die Anzahl der Frosttage zu klein sein, da das Temperaturminimum meistens vor dem Morgentermin auftritt.

Bei der Betrachtung der Sommertage hebt sich das Sommerhalbjahr 1959 heraus, in dem in Wehr 53 und in Steinbergerhof 32 Tage registriert wurden, an denen Temperaturen von 25° und darüber auftraten. Dabei entfielen in Wehr 22 und 13 Tage und in Steinbergerhof 16 und 9 Tage auf den Juli und August. Mit nur 15 Sommertagen in Wehr bleibt der Sommer 1963 dagegen sehr zurück, obwohl die Mitteltemperaturen beider Sommerhalbjahre nur um $0,5^{\circ}$ voneinander abwichen. Durch diese Zusammenstellung werden auch die unterschiedlichen Temperaturverhältnisse der drei Stationen deutlich: Wehr zeigte 1962 21 Sommertage gegenüber nur 8 am Laacher See und 6 in Steinbergerhof; 1963 waren es 15 in Wehr und 8 am

Laacher See und in Steinbergerhof. Ein Vergleich der Anzahl der Sommertage der Station Laacher See mit den langjährigen Werten vom Kloster Maria Laach zeigt, daß in den beiden Jahren 1962 und 1963 auffallend wenig Tage mit Temperaturen von 25° und darüber aufgetreten sind, auch ein Kennzeichen für den unternormalen Temperaturverlauf dieser Sommermonate, auf den bereits bei der Besprechung der Mitteltemperaturen hingewiesen wurde.

Interessant ist ein Vergleich der Anzahl der Frost- und Eistage in Steinbergerhof und am Laacher See. Während sich an beiden Stationen in den Wintermonaten Dezember bis März diese beiden Zahlen so gut wie ganz deckten, hat Steinbergerhof schon im Oktober fünf Frosttage und im November fast doppelt so viel wie Laach. Dagegen wies Laach im April und Mai eine größere Anzahl von Frosttagen auf. Diese Besonderheit läßt sich wohl aus der wärmespeichernden Eigenschaft des Wassers erklären. Der See mildert somit im Spätherbst die Temperaturen des umliegenden Gebietes. Ist er aber erst genügend abgekühlt, vom Januar bis Anfang März war er zugefroren, werden die Temperaturverhältnisse denen von Steinbergerhof weiter angenähert. Im Frühjahr hinken die Wassertemperaturen der allgemeinen Erwärmung nach, und daher kann es vorkommen, daß seine nähere Umgebung mehr Frosttage aufweist als die höher und freigelegene Station Steinbergerhof. Im Januar und Februar lag auf dem zugefrorenen See Schnee, und damit wurde auch eine Annäherung an die Verhältnisse im Wehrer Kessel erreicht, wo die freien landwirtschaftlich genutzten Flächen ebenfalls schneebedeckt waren. Daher traten im Januar in Wehr ebenso viele Frosttage auf wie am Laacher See, und im Februar konnte die Minimumtemperatur auch nur an drei Tagen auf $0,5^{\circ}$ bzw. $1,0^{\circ}$ über den Gefrierpunkt ansteigen, so daß in Wehr drei Frosttage weniger als an den beiden anderen Stationen verzeichnet wurden. Die Schwankungsbreite der Monatsmittel der Maxima zwischen Wehr und Laacher See war im Januar besonders gering, daher hatte Wehr auch die außergewöhnliche Zahl von 22 Eistagen zu verzeichnen, Laach hatte nur vier und Steinbergerhof fünf Tage mehr, an denen auch die Maximumtemperaturen nicht über den Gefrierpunkt anstiegen. Die eben erwähnte Amplitude wird aber im Februar schon wieder größer, und so zeigt sich die temperaturbegünstigte Lage von Wehr mit 11 Eistagen gegenüber 20 am Laacher See und in Steinbergerhof. Aus dem Vergleich der mittleren Monatsminima kann man aber sehen, daß die Differenz im Januar nur $0,4^{\circ}$ unter dem durchschnittlich aufgetretenen Wert und im Februar um $0,6^{\circ}$ sogar höher lag. Die Temperaturen reichten in Laach also allgemein tiefer als in Wehr. Das wird auch noch einmal unterstrichen, wenn man dazu noch die Häufigkeitsverteilungen nicht nur der Extremwerte, sondern auch der Tagesmitteltemperaturen betrachtet. In Laach reicht von diesen ein Wert im Januar sogar in die Klasse $-15,1^{\circ}$ bis $-20,0^{\circ}$, der von $-10,1^{\circ}$ bis $-15,0^{\circ}$ gehören 5 im Januar und 3 im Februar an; beide sind in Wehr gar nicht vertreten.

Ergänzend sollen noch einige Angaben der Beobachtungen an den frei aufgehängten Extremthermometern von der Niederschlagsmeßstelle der Oberförsterei Maria Laach gebracht werden. Es sei noch einmal betont, daß ein exakter Vergleich hier nicht möglich ist, weil für diese Thermometer keine Wetterhütte zur Verfügung stand. In der hier betrachteten Winterperiode lagen die Temperaturen des Minimumthermometers an der Försterei $1,1^{\circ}$ und die des Maximums um $0,6^{\circ}$ im Mittel aller Tageswerte niedriger als an der Meßstelle Laacher See. Dabei schwankten die Tagesdifferenzen zur 35 m tiefer gelegenen Seestation beim Minimum von $-5,5^{\circ}$ bis $+4,5^{\circ}$ und beim Maximum von $-4,0^{\circ}$ bis $+3,0^{\circ}$. Wegen der im Mittel negativen Temperaturabweichung lagen an allen Tagen des Monats Januar die Minimumtemperaturen unter dem Gefrierpunkt, also konnten zwei Frosttage mehr als am See registriert werden, und an 28 Tagen lag auch das Maximum unter Null, d. h., es ergaben sich dadurch zwei Eistage mehr als an der Meßstelle am See. Die Monatsextremwerte zeigen an der Försterei beim Minimum einen um $0,5^{\circ}$ niedrigeren Wert und beim Maximum einen um $1,0^{\circ}$ tieferen. Im Februar stimmt die Anzahl der Frosttage überein, während die Station am See einen Eistag mehr registriert hat. Bei den Monatsextremwerten lag das Minimum um $2,0^{\circ}$ und das Maximum um $1,0^{\circ}$ an der Försterei höher und trat auch an anderen Tagen innerhalb des Monats auf, während im Januar beide Extremwerte jeweils am gleichen Tage gemessen wurden.

Wenn man die Anzahl der Frost- und Eistage vom See denen der langjährigen Mittel des Klosters gegenüberstellt, sieht man, daß insgesamt 43 Frosttage und 30 Eistage im hydrologischen Jahr 1963 am Laacher See mehr registriert wurden, als es die Mittelwerte für das Kloster angeben. Vergleicht man die einzelnen Monate mit den Angaben, die das Wetteramt Trier für Rheinland-Pfalz in seinen Monatsschnellberichten veröffentlichte, kann man eine gute Übereinstimmung feststellen. Nach diesen Veröffentlichungen sind im November 3–6, im Dezember 6–8 (für die Höhenlagen nur 4) und im Februar 10–14 Frosttage mehr als im Mittel aufgetreten. Für Januar kann man den Berichten keine genauen Zahlenangaben entnehmen, nur daß die durchschnittliche Anzahl wesentlich überstiegen wurde. Am Laacher See traten abgerundet im November und Dezember 5, im Januar und Februar 13, im März 3, im April und Mai 4 Frosttage über der Norm auf. Diese gute Übereinstimmung läßt also die auf Grund des morgendlichen Beobachtungstermins errechneten Mittelwerte der Frosttage zum Vergleich durchaus als geeignet erscheinen. Ebenso verhält es sich mit der Vergleichbarkeit der Anzahl der Eistage. Demnach waren besonders der Januar und Februar durch eine außergewöhnliche Anzahl von Eistagen gekennzeichnet, die mit rund 16 und 14 Tagen über dem Mittelwert lag. Auftreten des ersten und letzten Frostes.

Zur weiteren Charakterisierung der drei Stationen sollen nun noch der jeweils erste und letzte Frosttag angegeben werden, da diese Termine von

besonderer praktischer Bedeutung sind. Tab. 9 zeigt, daß in Steinbergerhof bereits Ende September die ersten Fröste auftreten können. In der Mehrzahl der Fälle liegt der Frostbeginn aber in der zweiten Hälfte des Oktobers, in Wehr jedoch um 4–5 Wochen später.

Die Station Laacher See schaltet sich mit ihren Terminen wieder zwischen diese beiden und liegt dabei wiederum näher an denen von Steinbergerhof. Das Ende der Frostperiode liegt in Steinbergerhof und am Laacher See in der Beobachtungszeit durchweg erst Anfang Mai, während dieser Termin in Wehr zwischen dem 8. 3. und 21. 4. schwankt. Zieht man die aus den morgendlichen Beobachtungsterminen sich ergebenden Frosttagsgrenzen von der Meßstelle Kloster Maria Laach während der Jahre 1928 bis 1953 heran, so zeigt sich, daß noch am 10. Mai ein Frosttag verzeichnet wurde. In den anderen Jahren traten die letzten Frosttage zu folgenden Terminen auf: 29. 2.; März: 21., 23., 27., 30. (2 ×), 31.; April: 2., 5., 6., 7., 9. (2 ×), 11. und 12. (2 ×), 13., 15., 17., 22. (2 ×), 24.; Mai: 1. und 4. Der Beginn der Frostperiode schwankte zwischen dem 12. 10. und dem 26. 11. Die ersten Frosttage wurden an folgenden Tagen registriert: Oktober: 12. (2 ×), 13., 15., 16., 22., 24., 25. (2 ×), 26., 29., 30., 31.; November: 5., 6., 9. (2 ×), 11., 15. und 16. (2 ×), 21., 22., 26.

4. Zusammenfassung

Anhand der Temperaturregistrierungen von Meteorographen in Wehr und am Laacher See und der Ablesungen an Minimum- und Maximumthermometer in Steinbergerhof konnten die kleinräumigen Temperaturunterschiede des Arbeitsgebietes aufgezeigt werden. Eine Temperaturdifferenz zwischen Wehr und Steinbergerhof konnte zunächst auf Grund der unterschiedlichen Höhenlage der beiden Wetterhütten erwartet werden, die Station in Wehr liegt in 300 m NN, die in Steinbergerhof in 465 m NN. Im Mittel von 37 Beobachtungsmo-naten lagen die Monatsmittel der Maximumtemperaturen in Wehr $2,4^{\circ}$ und die der Minima $4,5^{\circ}$ höher als in Steinbergerhof. Dabei streuten die Differenzen der Maxima zwischen $1,7^{\circ}$ und $3,7^{\circ}$ und die der Minima zwischen $1,8^{\circ}$ und $6,6^{\circ}$. Die Differenzen der Extremtemperaturen zwischen den beiden Meßstellen sind damit allerdings ungewöhnlich groß; denn bei einem normalen Temperaturgefälle von $0,65^{\circ}/100$ m Höhenunterschied dürften die Temperaturen in Steinbergerhof im Mittel nur um $1,1^{\circ}$ niedriger liegen als in Wehr. Eine Besonderheit dieser beiden Meßstellen besteht in ihren orographischen Verhältnissen, auf die hier noch einmal eingegangen werden soll. Wehr liegt im süd- bis südwestlichen Teil eines Kessels, dessen die Wasserscheide bildenden Randhöhen, in westöstlicher Richtung über den Ort hin gemessen, 3,9 km voneinander entfernt liegen. Selbst wenn man von den Vulkankuppen des Meirother Kopfes und des Tiefensteins, die Höhen bis zu 516 m erreichen und im westlichen Teil des Einzugsgebietes liegen, absieht, ist die Be-

grenzung des Kessels im Westen 100–150 m höher als im Osten. Die Siedlung Steinbergerhof liegt im westlichen Einzugsgebiet des Wehrer Kessels in unmittelbarer Nähe der Wasserscheide. Von hier aus erstreckt sich in westsüdwestlicher Richtung eine vom Ackerbau genutzte Hochfläche bis in das Gebiet um Kempenich und Weibern, die nur von einzelnen Vulkan- kuppen überragt wird. Besonders erwähnenswert scheint die Tatsache, daß im Südwesten des Wehrer Kessels die Wasserscheide ihre größte Höhe erreicht. Hier läuft sie über eine Reihe von Kuppen, die Höhen zwischen 515 m und 557 m haben. Die zwischen ihnen liegenden Gebiete reichen auch nicht unter 500 m herab. Bei Südwestwinden, die im Untersuchungs- gebiet vorherrschen, findet somit ein vergleichsweise tiefes Absteigen der Luft in den Wehrer Kessel statt, wodurch eine gewisse Föhnwirkung ein- tritt, die zur Erklärung der temperaturbegünstigten Lage des Kessels bei- trägt. Andererseits muß die Möglichkeit von Kaltluftansammlungen er- örtert werden. Vergleicht man die Temperaturen frei gelegener meteorolo- gischer Stationen mit denen von Stationen in Kessellage, wie es u. a. BÖER (1952) getan hat, so haben diese im Mittel starke negative Ab- weichungen der Minimumtemperaturen gegenüber jenen infolge nächtlicher Bildung von Kaltluftseen. Wie die Temperaturmessungen in Wehr zeigen, scheinen Kaltluftansammlungen in diesem Kessel jedoch kaum aufzutreten, denn besonders die Minimumtemperaturen sind in Wehr sehr viel höher als die der randlich gelegenen Station, diese Differenzen sind zudem größer als die der Maxima. Bei einem Vergleich der Temperaturen des Morgentermins läßt sich im hydrologischen Jahr 1963 auch nur je ein Tag im Dezember, Februar, März und April feststellen – das sind also im gan- zen Jahr nur 4 Tage (besser gesagt Nächte) —, an dem jeweils eine Tem- peraturumkehr zwischen Wehr und Steinbergerhof herrschte. Von April bis Oktober 1962 bestand dieses Verhältnis auch nur zweimal. Die Erscheinung der Temperaturumkehr trat jeweils im Verlaufe einer Erwärmung auf, die in Steinbergerhof eher zu einem Temperaturanstieg führte als in Wehr. Am folgenden Mittag war in allen Fällen bereits wieder ein normales Tempe- raturgefälle hergestellt. Man muß also annehmen, daß jedwede Kaltluft, die sich im Wehrer Kessel bildet, dem natürlichen Abfluß des Gebiets, dem Tal des Wirrbachs, folgt und damit im Norden aus dem Kessel abfließt. Es kann also infolge dieser Abflußmöglichkeit im allgemeinen nicht zur Bil- dung von Kaltluftseen im Wehrer Kessel kommen.

Anders sieht dagegen die orographische Situation der Laacher See-Station aus, die in 275 m NN steht. Die Wasserscheide verläuft hier ringsherum durchschnittlich in Höhen um 400 m, gerade im Südwesten entfernt sie sich jedoch vom See und schließt die sanfte Abdachung des Einzugsgebiets des Beller Wiesentälchens ein. Im Süden dieses Tälchens kommt sie auf Höhen bis zu 348 m herab und steigt am Thelenberg auch nur über eine Kuppe von 370 m. Der Höhenunterschied zum Standpunkt der Wetterhütte be- trägt also im Südwesten nur 73–95 m, so daß die Voraussetzungen für eine

merkbarer Erwärmung der absteigenden Luft nicht in dem Maße wie im Wehrer Kessel gegeben sind. Hingegen wird durch die geschlossene Beckenlage die Bildung von Kaltluftseen begünstigt. Die Kaltluftmassen haben hier, von der Orographie her gesehen, keine Abflußmöglichkeit und können sich daher oft recht lange halten. Ihr häufiges Auftreten wird auch durch eine Bemerkung von KRÜMMEL in seinem Buch über die Gutswirtschaft von Maria Laach bestätigt, in welchem er seine langjährigen Beobachtungen anführt, daß nämlich die Schneeschmelze am See später eintritt als auf den Höhen. Eine Bestätigung dieser Beobachtung ist auch die Aussage des Oberförsters dieses Gebiets, der in 310 m NN wohnt und bei seinen Gängen zum See recht häufig eine fühlbare Temperaturabnahme feststellte. Leider können diese Angaben nicht zahlenmäßig belegt werden, weil, wie erwähnt, die Thermometer an der Oberförsterei wegen ihrer freien Aufstellung keinen exakten Temperaturvergleich mit den Registrierungen in der Wetterhütte am See erlauben.

Auf Grund der geschilderten Verhältnisse – möglicher Föhn Effekt in Wehr und Bildung von Kaltluftseen über dem Laacher See – lassen sich die beachtlichen Temperaturdifferenzen der beiden annähernd in gleicher Höhe befindlichen Meßstellen erklären. Wehr hatte im Jahre 1963 eine um $3,2^{\circ}$ höhere Mitteltemperatur als die Station am Laacher See, wobei die Differenz $2,9^{\circ}$ im Winterhalbjahr und $3,5^{\circ}$ im Sommerhalbjahr betrug. Im Sommerhalbjahr 1962 waren es $2,6^{\circ}$. Besonders groß waren die Abweichungen bei den Minimumtemperaturen, sie betrugen im Mittel des Jahres 1963 $4,4^{\circ}$ – eine Folge also der Kaltluftansammlungen. Das mittlere Jahresmaximum lag 1963 am Laacher See $2,2^{\circ}$ niedriger als in Wehr, was vorwiegend auf den Einfluß der Wasserfläche zurückzuführen ist, die ja keine so starke mittägliche Erwärmung zuläßt, wie sie in Wehr stattfinden kann. Diese Kaltluftansammlungen und der Einfluß des Sees führen somit dazu, daß die Meßergebnisse vom Laacher See denen von Steinbergerhof sehr ähnlich werden, obwohl diese Station 190 m höher als jene und orographisch völlig ungeschützt liegt.

5. Wetterablauf im Winter 1963

Aus dem synoptischen Teil der Monatsschnellberichte des Deutschen Wetterdienstes für Rheinland-Pfalz und Saarland, dem Amtsblatt des Deutschen Wetterdienstes über die Großwetterlagen Mitteleuropas und den täglichen Wetterkarten wurde der Wetterablauf der strengen Winterperiode von Dezember bis Anfang März zusammengestellt, um die Auswirkungen der Großzirkulation auf die Temperaturverhältnisse im Laacher-See-Gebiet zu zeigen. Abb. 5 zeigt die Ganglinien der Tagesmitteltemperaturen an den Stationen Wehr und Laacher See vom 18. Dezember 1962 bis zum 8. März 1963. Im Anschluß an eine zyklonale Westlage, die vom 15.–19. Dezember das Wetter bestimmte, baute sich ein Hoch über Mitteleuropa auf, das

vom 22.–25. wirksam war. Kontinentale Polarluft floß ein und brachte einen starken Temperaturrückgang. In Wehr sank die Mitteltemperatur dabei von $5,4^{\circ}$ am 21. auf $1,9^{\circ}$ am 22. und $-6,9^{\circ}$ am 23., am Laacher See von $3,1^{\circ}$ am 21. auf $-4,1^{\circ}$ am 22. und $-9,3^{\circ}$ am 23. Dabei wurden am 23. die tiefsten Minimumtemperaturen des Monats gemessen: Wehr -8° und Laacher See -13° . Auf der Vorderseite eines über Spanien und der Biskaya gelegenen Tiefs drang ab 29. wärmere Luft von Südwesten her nordwärts vor. Diese konnte die am Boden befindliche Kaltluftdecke zwar nicht wegräumen, dennoch machte sich ihr Eintreffen im Untersuchungsgebiet bereits am 30. bemerkbar. Die Maximumtemperaturen stiegen in Wehr von -4° am 29. an den beiden folgenden Tagen auf 1° und 2° , am Laacher See auf Werte dicht unterhalb des Gefrierpunktes an. Die Minimumtemperaturen betragen in Maria Laach am 29. -12° , am 30. und 31. jedoch bereits $-5,5^{\circ}$ und -6° ; die in Wehr stiegen von $-7,5^{\circ}$ am 29. auf -4° und $-2,5^{\circ}$ am 30. und 31. Dabei wurden am 31. Mitteltemperaturen von $-0,3^{\circ}$ in Wehr und $-2,6^{\circ}$ am Laacher See erreicht. Die völlige Beseitigung auch der bodennahen Kaltluft erfolgte dann vom 3. Januar an, als ein Tief von der Pyrenäenhalbinsel über Frankreich nach Südeuropa zog. Südliche Winde und ein Tiefausläufer über Westeuropa brachten eine dreitägige Tauwetterperiode, während der die Mitteltemperaturen in Wehr am 4. und 5. auf $3,3^{\circ}$ und am Laacher See auf $1,4^{\circ}$ am 5. anstiegen. Dabei wurden die höchsten Maximumtemperaturen des Januar erreicht, die am 4. und 5. mit 4° in Wehr und mit 2° am Laacher See eintraten. Anschließend erfolgte wieder ein starker Temperaturabfall, in dessen Gefolge in Wehr am 11. das niedrigste Maximum des Monats mit $-8,5^{\circ}$, am 12. mit -12° das tiefste Minimum und am gleichen Tag das niedrigste Tagesmittel mit $-9,6^{\circ}$ gemessen wurden. Am 14. wurde die herrschende Ostströmung durch ein von der Ostsee nach Süden ziehendes Tief unterbrochen, was im Untersuchungsgebiet zur Folge hatte, daß in Wehr am 14. das Maximum auf $1,5^{\circ}$ anstieg, die Tagesmitteltemperaturen jedoch mit $-0,8^{\circ}$ in Wehr sowie $-4,7^{\circ}$ am Laacher See unter dem Gefrierpunkt blieben. Das über dem Nordmeer und Fennoskandien gelegene Hoch führte dann durch den Zustrom frischer Festlandskaltluft zu erneuter Frostverschärfung, die am Laacher See am 18. die tiefsten Temperaturen des Monats brachte: Minimum $-21,4^{\circ}$, Maximum -10° und Tagesmittel $-17,2^{\circ}$. Die Maximumtemperatur überstieg am 26. in Wehr mit 1° wiederum den Gefrierpunkt, als das Gebiet von der Randstörung eines Ostseetiefs gestreift wurde, wobei der Wind auf Nordwesten drehte. Die Tagesmittel blieben jedoch mit $-0,8$ in Wehr und $-2,2^{\circ}$ am Laacher See weiterhin unter dem Gefrierpunkt.

Auch im Februar bestimmte ein winterliches Hoch über dem Kontinent den Wetterablauf. Während sein Kern meistens über Osteuropa anzutreffen war, erstreckten sich seine Keile und Rücken zeitweise zum Balkangebiet, zur Ostsee und bis nach Mitteleuropa. Nur kurzzeitig gewannen

gelegentlich die Ausläufer atlantischer Tiefdruckgebiete Einfluß auf unser Wetter. Während dieses vornehmlich antizyklonal beeinflussten Witterungsabschnittes treten zwei Kälteperioden besonders hervor. Die eine von ihnen dauerte seit dem Vormonat an und endete am 6., die andere fiel in die Zeit vom 22. bis zum 25. In Wehr traten das tiefste Minimum des Monats mit -10° sowie das niedrigste Tagesmittel mit $-8,1^{\circ}$ am 1. und 2. und das niedrigste Maximum mit -6° am 2. in der ersten dieser Perioden ein, während am Laacher See nur das niedrigste Maximum mit -7° am 3. in diese Zeit fällt. In der zweiten Periode wurden dann am Laacher See das Monatsminimum, $-19,5^{\circ}$, am 24. und dadurch auch das niedrigste Tagesmittel des Februar mit $-12,2^{\circ}$ am gleichen Tag gemessen. In Wehr sanken die Temperaturen nicht mehr so stark ab. Dadurch ergab sich die größte Differenz der Tagesmitteltemperaturen dieses Winters zwischen Wehr und Laach mit $11,0^{\circ}$, die die ebenfalls auffallende vom 18. Januar noch überstieg, als der Unterschied beider Stationen $7,9^{\circ}$ betrug.

Die erste der oben erwähnten Kälteperioden wurde unterbrochen, als ein sich langsam vom Atlantik zum europäischen Kontinent verlagerndes Tiefdruckgebiet in Westeuropa wetterwirksam werden konnte. Der hohe Druck wurde abgeschwächt, und infolge südwestlicher Strömungsverhältnisse gelangten wärmere Luftmassen nach Westeuropa. Vom 7.-9. Februar stiegen die Tagesmitteltemperaturen erstmals seit dem 6. bzw. 7. Januar wieder über den Gefrierpunkt an; am 9. 2. wurden in Wehr $2,4^{\circ}$ und am Laacher See $0,2^{\circ}$ registriert. Wiederum beim Durchzug einer Randstörung fand am 16. ein beachtlicher Temperaturanstieg statt, der die höchsten Tagestemperaturen des Monats an beiden Stationen brachte. In Wehr lag dabei das Minimum auch schon über dem Gefrierpunkt, und zwar bei $0,5^{\circ}$, das Maximum betrug 5° , das Tagesmittel bereits $3,3^{\circ}$. Am Laacher See blieb das Minimum noch 1° unter Null, das Maximum erreichte einen Wert von $2,5^{\circ}$ und das Tagesmittel damit $0,9^{\circ}$.

In den ersten Tagen des Monats März wurde das Hoch über Mitteleuropa durch starke Tiefdrucktätigkeit über dem Atlantik nach Süden abgedrängt. Die einströmenden maritimen Luftmassen brachten einen raschen Temperaturanstieg. Am 6. wurden in Wehr bereits $9,6^{\circ}$ und am Laacher See am 7. $6,9^{\circ}$ erreicht. Besonders deutlich beeinflusste dieser Wetterumschwung auch die Minimumtemperaturen in Maria Laach. Diese betragen am 5. noch -11° und stiegen am 6. bereits auf 2° an. Damit war die Hauptfrostperiode des Winters beendet.

Der Winter zeichnete sich im allgemeinen nicht durch Extremwerte im langjährigen Mittel aus. Das Monatsmittel am Laacher See betrug im Dezember $-1,7^{\circ}$, 1934 wurde dagegen im Kloster Maria Laach ein Wert von $-4,2^{\circ}$ gemessen. Für Januar liegt dieser Wert 1963 bei $-6,2^{\circ}$, 1940 aber bei $-8,7^{\circ}$; im Februar 1963 betrug er $-4,8^{\circ}$, 1929 aber $-9,2^{\circ}$. Kennzeichnend für diesen hier betrachteten Winter ist aber seine lange Dauer. Vergleicht man die Mitteltemperatur der drei Monate Dezember,

Januar und Februar mit Werten, die innerhalb der Beobachtungszeit des Klosters Maria Laach seit November 1927 gemessen wurden, so zeigt sich, daß im Winter 1947 die tiefste Temperatur mit $-4,9^{\circ}$ erreicht wurde. Dann folgt der Winter 1929 mit $-4,3^{\circ}$ und an dritter Stelle liegt der von 1963 mit $-4,2^{\circ}$, gefolgt von 1940 mit $-3,7^{\circ}$. Dabei wurde der Wert von 1929 durch das extrem niedrige Monatsmittel des Februar mit $-9,2^{\circ}$ erreicht, während das des Januar um $2,5^{\circ}$ und das des Dezember um $1,7^{\circ}$ höher lagen als 1963. Anders liegt die Verteilung der Monatsmitteltemperaturen im Winter 1947. Hier erreichte der Dezember mit $-3,3^{\circ}$ bereits einen um $1,6^{\circ}$ niedrigeren Wert als 1963, der Januar lag mit $-4,5^{\circ}$ um $0,3^{\circ}$ höher, aber der Februar mit $-6,9^{\circ}$ um $2,1^{\circ}$ wiederum niedriger als der des oben beschriebenen Winters.

Die Abweichungen der Monatsmitteltemperaturen der Hauptwintermonate 1963 an der Station Laacher See von den entsprechenden langjährigen Mittelwerten der Jahresreihe 1929/53 betragen für Dezember $-1,9^{\circ}$, Januar $-5,6^{\circ}$ und Februar $-4,7^{\circ}$.

C. Niederschlag

I. Niederschlagsmessung

Die Messung des Niederschlags erfolgt im Arbeitsgebiet mit drei verschiedenen Gerätetypen: Niederschlagsschreibgeräten, einfachen Regennessern und Totalisatoren. An den vier Hauptstationen Maria Laach-Försterei, Wassenach, Wehr und Steinbergerhof wird der Niederschlag durch schreibende Regennesser nach Hellmann der Firmen Fuess und Lambrecht erfaßt, die in der Zeit zwischen Mai und Juli 1958 in Betrieb genommen wurden und mit Heizvorrichtungen versehen sind. Allerdings mußten von drei dieser Instrumente verschiedene Einzelteile zeitweilig zur Reparatur eingeschickt werden, so daß gewisse Lücken in den Beobachtungsreihen entstanden. Um aber dennoch auch einen Jahresvergleich der Stationen untereinander vornehmen zu können, wurden die Monatssummen von jeweils zwei Meßreihen miteinander korreliert und die Ergänzungen anhand der ermittelten Ausgleichsgeraden vorgenommen. Zunächst wurde die Meßreihe in Wassenach vervollständigt. Der Niederschlagsschreiber war hier direkt neben dem einfachen Hellmannschen Gerät, das im Auftrage des Deutschen Wetterdienstes täglich abgelesen wird, aufgestellt worden. Aber die Niederschlagssummen, die mit beiden Geräten ermittelt wurden, stimmten nicht völlig überein, obwohl diese nur 1,20 m von einander entfernt stehen. Solche Abweichungen sind aber vielfach im Wetterdienst beobachtet worden und geben keinen Anlaß, die einzelnen Messungen anzuzweifeln. Bei einer Korrelation von 49 Wertepaaren konnte die folgende Bezugsleichung aufgestellt werden: $y = 0,9878 x - 0,6$, wobei y die Größe für die Werte des Regenschreibers und x die für die des einfachen Gerätes ist. Der hohe Korrelationskoeffizient von 0,9857 entspricht den Erwartungen. Von einer Korrelation der einzelnen Tageswerte wurde allgemein abgesehen, da diese Werte zu stark streuen und keine gleichbleibende räumliche Differenzierung erkennen lassen. Mit 39 Wertepaaren ergab sich zwischen den Niederschlagssummen von Wehr (x) und Wassenach (y) folgende Gleichung für die Ausgleichsgerade: $y = 0,9437 x + 1,65$, der Korrelationskoeffizient (k) betrug 0,9144. Für die Aufstellung der Bezugsleichung zwischen Wassenach (x) und Maria Laach (y) standen 43 Wertepaare zur Verfügung, danach war $y = 0,9623 x + 1,25$, $k = 0,9055$. Zwischen Steinbergerhof (x) und Wehr (y) besteht bei der Verwendung von 27 Wertepaaren die Beziehung: $y = 0,8816 x - 1,30$; $k = 0,9357$. Diese Korrelationskoeffizienten zeigen alle die zu erwartenden eindeutigen engen Beziehungen der benachbarten Stationen. Von November 1960 bis April

1962 sind in Wehr keine Messungen durchgeführt worden, die Beobachtungsreihe bleibt hier unterbrochen, während sich die Werte der drei anderen Stationen zu vollständigen Reihen ergänzen ließen. Für die Auswertung sind die eigenen Messungen in Wassenach und Maria Laach bis zum November 1953 zurück ergänzt worden, weil für das Einzugsgebiet des Laacher Sees für die Zeit von November 1953 bis Oktober 1963 – also über 10 Wasserwirtschaftsjahre – Berechnungen des Wasserhaushalts durchgeführt werden, deren Ausgangsbasis die Wassereinnahme durch die Niederschläge ist. Diesem Endzweck entsprechend, sind die Monatssummen auch wieder in der hydrologischen Jahresaufteilung zu den Jahres- und Halbjahreswerten zusammengestellt. Im Deutschen Meteorologischen Jahrbuch werden die Niederschlagssummen nur in ganzen Millimetern angegeben und konnten auch nur so für die Station Wassenach vom November 1953 bis April 1958 angegeben werden, von der Station Maria Laach-Kloster standen die Originaleintragungen zur Verfügung, die in zehntel Millimetern angegeben werden. Die Meßwerte von beiden Stationen sind unverändert übernommen. Die so aufgestellten 10-Jahresreihen sind für Wassenach und Maria Laach also nicht homogen. Die Meßstelle des Klosters lag aber nur rund 300 m von unserem Regenschreiber an der Försterei entfernt und etwa 22 m tiefer. Die Meßstelle des Deutschen Wetterdienstes in Wassenach lag ursprünglich an der Schule, der jetzige Beobachtungsstandort besteht nach Aussagen des Beobachters seit 1958, die Station war also kurz vor der Aufstellung unseres Regenschreibers um 500 m verlegt worden, wobei der neue Punkt 27 m höher liegt. Die Inhomogenität der Meßreihen wird sich aber in Grenzen halten. In den beigefügten Tabellen der Niederschlagssummen der eigenen Meßstellen sind die Werte auf zehntel Millimeter angegeben und nicht gerundet. Nur bei den langjährigen Mittelwerten von Maria Laach-Kloster und Wassenach, die trotz einer gewissen Inhomogenität zum Vergleich für die eigenen Meßwerte herangezogen werden sollen, sind die Niederschlagssummen auf ganze Millimeter auf- bzw. abgerundet. Bildet man allerdings mit diesen Monatswerten die Jahressummen, so können sich geringfügige Differenzen ergeben. Sie wurden nicht ausgeglichen. Im Text werden die Niederschlagswerte allgemein nur in gerundeten Werten angegeben.

Zur Ergänzung der Aufzeichnungen der Niederschlagsschreibgeräte wurden an mehreren Stellen der näheren Umgebung einfache Niederschlagstöpfe aufgestellt, die täglich zum Morgentermin abgelesen werden. Es sind an den Schulen Brenk, Galenberg, Niederzissen, Nickenich und Brohl, bei der Gärtnerei in Glee, an der Welschwiesenmühle und seit Juli 1962 im Süden des Wehrer Kessels tägliche Niederschlagsmessungen durchgeführt worden. Allerdings ist nur die Reihe von Glee vollständig, an allen anderen Stationen treten im Beobachtungszeitraum Lücken auf, und an der Welschwiesenmühle, in Nickenich, Brohl und Galenberg mußten die Messungen wegen des Mangels an Beobachtern überhaupt aufgegeben werden.

Es ist darauf verzichtet worden, fehlende Niederschlagssummen dieser zusätzlichen Stationen zu ergänzen. So wurden nur die wirklich gemessenen Werte zum Vergleich und zur Konstruktion von Isohyetenkarten, die der Ermittlung der Gebietsniederschläge dienen, herangezogen.

Die dritte Art der Niederschlagsmessung erfolgt durch Totalisatoren, die an jedem Monatsersten abgelesen werden. Diese Instrumente wurden im Jahre 1955 vom Wasserwirtschaftsamt Koblenz im Einzugsgebiet des Laacher Sees aufgestellt, und seit Mai 1955 liegen Monatssummen der Niederschläge vor, die zur Ermittlung des Gebietsniederschlags verarbeitet wurden. Allerdings muß auch hier hinzugefügt werden, daß keiner der sieben aufgestellten Sammler eine lückenlose Beobachtungsreihe aufweist. Die Totalisatoren Nr. 2 (rd. 285 m NN) und 7 (rd. 325 m NN) waren dem Touristenverkehr allzu zugänglich, ersterer stand nahe der Hauptdurchgangsstraße, letzterer in der Nachbarschaft des Jugendheimes des Klosters. Diese beiden Instrumente wurden Ende 1959 vom Beobachter ganz eingezogen. Eine Neuaufstellung an einem günstigeren Standort erfolgte aber nicht. Sehr lückenhaft ist leider auch die Reihe des Regensammlers Nr. 1 (275 m NN), der am Laacher See in der Nähe der Wetterhütte steht. Am vollständigsten liegen die Messungen vom Totalisator Nr. 3 (rd. 340 m NN) vor, der am Westhang des Laacher Maares in einer Schonung eingezäunt stand. Allerdings war dem Wasserwirtschaftsamt Koblenz das Wachstum der Bäume entgangen, so daß wir dieses inzwischen völlig eingewachsene Instrument im Juli 1962 an einem freien Platz etwa 1 km südlicher und ungefähr 20 m tiefer ebenfalls am Westabhang aufstellten (Nr. 3a in 320 m NN). Der Regensammler Nr. 4 (350 m NN) steht auf der nördlich das Einzugsgebiet begrenzenden Wasserscheide auf dem Grundstück des Hotels Waldfrieden und ist daher vor menschlichen Eingriffen recht geschützt. Allerdings mußte ab Oktober 1963 die Messung kurzzeitig unterbrochen werden, da ein in das Meßgerät gestürztes Wiesel das Metall an drei kleinen Stellen durchgenagt hatte, durch welche das Niederschlagswasser abfloß. Die Totalisatoren Nr. 5 (290 m NN) und Nr. 6 (326 m NN) im südöstlichen und südlichen Teil des Einzugsgebietes sind wie der am Westhang von einem eigenen Schutzzaun umgeben. Im Juli 1963 war man am Regensammler Nr. 6 über den Zaun geklettert und hatte das Instrument in das nächste Gebüsch geworfen, was sicher ohne größere Anstrengungen möglich war, da die Holzpfähle, an denen das Instrument angebracht war, bereits morsch geworden waren. Erst bei einer Kontrollfahrt von uns konnte dieser Schaden behoben werden. Diese Beispiele sollen zeigen, daß man einwandfreie und lückenlose Meßergebnisse nicht nur durch die Aufstellung von Instrumenten und die Gewinnung von Beobachtern erhält, sondern daß auch die regelmäßige Kontrolle der Meßstellen durch einen Fachmann sehr notwendig ist, um solchen Mängeln, wie wuchernden Hecken und Sträuchern, wachsendem Baumbestand und allmählich verfallenden Schutzzäunen, rechtzeitig zu begegnen. Auch die Meßreihen der Totalisa-

toren sind nicht ergänzt worden, und bei der Berechnung der monatlichen Gebietsniederschläge wurden jeweils nur die gemessenen Werte benutzt. Gelegentlich hatte der Beobachter das Niederschlagswasser der Totalisatoren erst nach zwei Monaten abgelassen und gemessen. In einem solchen Falle wurden die Summen für die beiden einzelnen Monate berechnet durch Übertragung des prozentualen Anteils des Niederschlags der einzelnen Monate an dem des Zweimonatszeitraums an den Stationen Maria Laach-Försterei oder Wassenach auf die Totalisatoren, je nachdem, ob ein Regensammler der einen oder anderen Station näher liegt.

II. Auswertung der langjährigen Beobachtungen von Maria Laach und Wassenach

In Wassenach besteht seit 1892 eine Niederschlagsmeßstelle des Deutschen Wetterdienstes, deren Meßergebnisse in den Deutschen Meteorologischen Jahrbüchern veröffentlicht werden. Der „Klimakunde des Deutschen Reiches“ kann man auch die langjährigen Mittelwerte der Reihe 1891–1930 entnehmen und ebenfalls die größte und kleinste monatliche und jährliche Niederschlagssumme für diesen Zeitraum, sie sind in die Tabelle 10 übernommen. Aus den veröffentlichten Monatsniederschlagssummen habe ich neue Mittelwerte für die Reihe 1930/59 errechnet und diesen Zeitraum gewählt, da mir für die gleiche Zeit tägliche Niederschlagsmeßergebnisse des Klosters Maria Laach zur Verfügung gestellt wurden. Von 1930 bis 1944 sind die Monatssummen auch dieser Meßstelle in die Meteorologischen Jahrbücher aufgenommen worden, die Beobachtungen erfolgten aber von November 1921 bis Oktober 1959. Aus dieser Zeit habe ich nun drei verschiedene Mittelwerte gebildet: 1. ein 38jähriges der gesamten Beobachtungszeit 1922/59; 2. ein 30jähriges von 1930/59 und 3. noch ein 28jähriges 1930/59 ohne die Jahre 1945 und 1946; denn in diesen beiden Jahren sind in Wassenach die Messungen ausgefallen, und ein exakter Vergleich der beiden Meßreihen ist nur durch den 3. Mittelwert möglich. Aus der Tabelle 10 kann man aber ersehen, daß sich die einzelnen Werte nur unwesentlich voneinander unterscheiden. Die Jahresmittel betragen 646 mm, 648 mm und 653 mm. Der 30jährige Wert ist um 5 mm größer als der 28jährige, weil 1945 ein besonders nasses Jahr war, während 1946 nur unwesentlich unter dem Durchschnittswert lag. Der 38jährige Wert erbrachte das niedrigste Mittel, weil das Gewicht der nassen Periode 1935–1941 durch die zusätzliche Anzahl von trockenen Jahren vor 1930 herabgemindert wurde. Die Bedeutung dieses herausfallenden feuchten Zeitraums für das Niederschlagsmittel ist beachtlich; denn für Wassenach errechnete sich ein um 28 mm höheres Jahresmittel 1930/59 gegenüber der alten Reihe 1891–1930, wobei der Unterschied im Winterhalbjahr größer war, was man erwarten konnte, da in dem erwähnten Zeitabschnitt besonders

die hohen Winterniederschläge auffallen. Zur Ergänzung einiger weniger Monatssummen, die für Maria Laach fehlten, wurde mit 272 Wertepaaren eine Korrelationsrechnung durchgeführt, danach konnte die Bezugs-gleichung wie folgt aufgestellt werden: $y = 0,9683 x + 0,35$, dabei be-deutet y die Größe für die monatlichen Niederschlagssummen von Wasse-nach und x die für die entsprechenden Werte von Maria Laach. Der Kor-relationskoeffizient betrug 0,9269. In Abb. 6 sind die Ganglinien der Jah-res- und Halbjahresniederschlagssummen der Meßstellen Maria Laach und Wassenach aufgetragen. Die Grundlinien werden durch die Mittelwerte gebildet. Zeitabschnitte mit überdurchschnittlichen Niederschlägen wurden schraffiert, solche, die Summen unter dem Mittel aufwiesen, punktiert. Für Wassenach wurden für die Zeit vor 1930 nur die Mittelwerte der Reihe 1891/1930 eingezeichnet. Im großen und ganzen kann man feststellen, daß beide Stationen infolge ihrer räumlichen Nähe einen recht gleichmäßigen Gang aufweisen. Im Mittel hat Maria Laach zwar eine um 27 mm höhere Jahressumme als Wassenach, die sich auf das Winter- und Sommerhalb-jahr gleichmäßig mit 13 mm aufteilt; aber in den einzelnen Jahren sind die negativen und positiven Differenzen recht beachtlich. Der höchste Jahres-wert von Maria Laach wurde 1945 mit 816 mm gemessen. Weil diese Summe von Wassenach fehlt, sei der zweithöchste Wert herangezogen. Er trat 1941, dem Endjahr der so herausfallenden nassen Jahresreihe ab 1935, auf, und zwar mit 807 mm. Aber in Wassenach wurde der Höchstwert 1951 gemessen, diese Jahressumme betrug 802 mm und lag noch um 101 mm über der Summe von 1941, die an dieser Meßstelle nicht besonders heraus-fiel. Bemerkte sei hier, daß in der Beobachtungsreihe 1891–1930 eine maxi-male Niederschlagssumme von 844 mm registriert wurde, die also nicht über-schritten wurde. Als trockenstes Jahr tritt an beiden Stationen 1947 hervor, in Maria Laach mit 435 mm und in Wassenach mit 441 mm. Allerdings bedeutet auch dieser Wert für Wassenach noch nicht das bisher gemessene Minimum, denn für die Reihe 1891/1930 wurde eine niedrigste Jahres-summe von nur 295 mm angegeben. Erwähnenswert ist, daß 1951 das letzte Jahr mit herausfallend hohen Niederschlägen war, und daß seitdem – be-sonders in Maria Laach – eine Reihe von Jahren mit vorwiegend unter-normalen Niederschlägen begann, die bis 1963 beobachtet wurde. So sind besonders die Winterniederschläge von 1954 bis 1963 fast durchweg unter-normal. Die höchsten Niederschlagssummen des Winterhalbjahres fielen an beiden Stationen in der erwähnten nassen Jahresreihe. In Maria Laach wurde 1935 dieses Maximum mit 452 mm gemessen und in Wassenach mit 443 mm. Den niedrigsten Winterniederschlag wies das Trockenjahr 1933 auf. Er betrug in Maria Laach 117 mm und in Wassenach nur 107 mm. Das Jahresniederschlagsmaximum in Maria Laach von 1941 war besonders durch die Sommerniederschläge verursacht, die die größten Summen der Be-obachtungszeit aufwiesen. Sie betrugen 497 mm in Maria Laach und 418 mm in Wassenach. Die Sommerhalbjahresniederschläge von 1959 unter-

boten noch die des trockensten Jahres 1947, in Maria Laach wurden nur 173 mm und in Wassenach 205 mm gemessen.

Abb. 7 zeigt in einer Häufigkeitsdarstellung, aus welchen Einzelwerten sich die Monatsmittel zusammensetzen. Diese Mittelwerte der Reihe 1930/1959 (ohne 1945 und 1946) sind für beide Meßstellen eingetragen und durch einen Polygonzug miteinander verbunden. Die Punkte geben die Zahl der Fälle an, in denen ein bestimmter Niederschlag im entsprechenden Monat aufgetreten ist. Die Streuung der Werte um den Mittelwert ist in allen Monaten sehr groß und natürlich besonders im Sommer, wenn Schauerniederschläge oft große Intensitäten aufweisen. Daher liegt auch das Niederschlagsmaximum im Sommer. An beiden Meßstellen hatte der Juni die größte Niederschlagssumme, sie betrug in Maria Laach 74 mm und in Wassenach 73 mm. In der Jahresreihe 1891–1930 war allerdings in Wassenach Juli der niederschlagsreichste Monat mit 76 mm gegenüber 62 mm im Juni. Niederschlagsärmster Monat war März, er brachte im Mittel in Maria Laach 40 mm und in Wassenach 38 mm. In Maria Laach ist auch der März der Monat mit der geringsten Schwankungsbreite, die Werte streuen zwischen 9–94 mm, in Wassenach zwischen 9 und 97 mm. Allerdings weist an dieser Meßstelle der September eine noch geringere Streuung auf, denn die höchste Monatssumme betrug 84 mm. Aus der Zahl der Niederschlagssummen von Maria Laach fallen besonders zwei Werte heraus, einer vom August 1938 mit 174 mm, der das Monatsmaximum der gesamten Beobachtungszeit überhaupt darstellt, und ein zweiter vom Oktober 1939 mit 160 mm. Diesen Werten entspricht in Wassenach das Maximum von 173 mm und 148 mm im erwähnten Oktober. Für den Zeitraum 1891–1930 wurde für Wassenach eine höchste Monatssumme von 178 mm angegeben, die also nicht ganz erreicht wurde.

III. Auswertung der eigenen Beobachtungen

1. Jahresniederschlagssummen

In Tab. 11 sind die Niederschlagssummen der Monate, Jahre und Halbjahre für die Zeit vom November 1953 bis Oktober 1963, also für zehn Wasserwirtschaftsjahre, der Hauptstationen des Arbeitsgebietes aufgeführt. Dabei wurden die eigenen Messungen in den ersten $4\frac{1}{2}$ Jahren durch die Werte der Niederschlagsmeßstellen des Deutschen Wetterdienstes Wassenach und Maria Laach ergänzt.

Als niederschlagsreichstes Jahr tritt 1958 in dieser Beobachtungsreihe in Maria Laach mit einer Jahressumme von 694 mm auf. Dieses Jahr ist in den zehn Jahren das einzige, das über dem Mittelwert von 648 mm liegt. Nur die Niederschlagssumme von 1956 erreicht ihn mit 644 mm fast. Alle anderen Jahre liegen zum Teil recht beachtlich unter dem Mittel. Niederschlagsärmstes Jahr ist 1959, in dem nur 68 % der mittleren Niederschlags-

summe erreicht wird. Die Differenz zwischen diesen beiden extremen Jahren beträgt 253 mm. Dabei ist der oberste Extremwert keinesfalls ein besonders interessanter Wert, denn in der Beobachtungsreihe seit 1922 wird er noch in elf Jahren übertroffen. Anders ist es aber bei dem unteren Extremwert. Diese 441 mm werden in den 38 Beobachtungsjahren nur von einem einzigen Jahreswert um 6 mm unterboten, dem bereits erwähnten von 1947. An dritter und vierter Stelle der trockenen Jahre dieser langjährigen Reihe stehen die Jahre 1962 und 1963 mit 485 mm und 499 mm. In den zehn hier den Wasserhaushaltsberechnungen zugrunde liegenden Jahren haben wir also nur in einem einzigen Jahr überdurchschnittliche Niederschläge, in denen die Niederschlagssumme 104 % des langjährigen Mittelwertes betrug, in vier Jahren lag sie zwischen 90 und 99 %, in zwei Jahren zwischen 85 und 89 %, in ebenfalls zwei zwischen 74 und 77 %, und dann folgt noch das trockenste Jahr mit 68 % der mittleren Niederschlagssumme. Dabei fallen die niederschlagsärmeren Jahre in die eigene Beobachtungszeit.

Das Verhältnis der Jahresniederschlagssummen der Station Wassenach zu Maria Laach ist recht unterschiedlich. Der vergleichbare langjährige Mittelwert liegt zwar 27 mm unter dem von Maria Laach; aber die Einzelwerte liegen in den langjährigen Beobachtungen nur 18mal unter und 14mal über dem jeweiligen Jahreswert von Maria Laach. In den hier betrachteten zehn Jahren liegen die Niederschlagssummen sechsmal in Wassenach zwischen 21 und 66 mm über denen von Maria Laach und nur viermal unter diesen, und zwar mit Werten zwischen 3 und 39 mm. Daher errechnete sich für Wassenach eine mittlere Niederschlagssumme der zehn Jahre von 578 mm gegenüber nur 567 mm in Maria Laach. Ihr Verhältnis zum langjährigen Mittelwert ist ebenfalls günstiger, denn in drei Jahren 1956, 1958 und 1961 wurde dieser mit 41, 17 und 4 mm überschritten. Die Niederschlagssummen betragen dabei 107, 103 und 101 % des Mittels. Auch diese hier auftretende größte Jahressumme von 662 mm zeigt kein Extremjahr an, denn in 10 weiteren Jahren seit 1930 wurde dieser Wert überschritten. Eindeutig war auch in Wassenach 1959 ein besonderes Jahr, die Summe liegt bei den täglichen Messungen nur 6 mm über der des Extremjahres 1947, aber bei der Auswertung des Regenschreibers erhält man sogar einen um 3 mm niedrigeren Wert, womit also nur 71 % des langjährigen Mittelwerts gemessen wurden. Sieben der zehn Beobachtungsjahre 1954–1963 liegen unter der mittleren Niederschlagsmenge. Von diesen wurden in den Jahren 1954, 1963 und 1962 nur 87, 88 und 89 % gemessen und 1955, 1957 und 1960 zwischen 95 und 97 %. Die negativen Abweichungen sind also geringer als an der Station Maria Laach.

Zieht man nun noch die Niederschlagswerte der Stationen Wehr und Steinbergerhof zum Vergleich heran, so erkennt man den ebenfalls ähnlichen Verlauf. Eine Ausnahme bildet Maria Laach-Försterei, wo 1963 ein höherer Niederschlag als 1962 gemessen wurde, während auch an den

Nachbarstationen ein umgekehrtes Verhältnis besteht. Auch in Wehr und Steinbergerhof wurden im Jahr 1959 mit 455 mm bzw. mit 557 mm beachtlich niedrige Niederschlagssummen gemessen. Der höchste Wert der eigenen Beobachtungszeit fällt in Steinbergerhof, wie in Maria Laach-Försterei und in Wassenach, ins Jahr 1961, in dem hier 676 mm registriert wurden.

Die höchste Niederschlagssumme des Untersuchungsgebietes weist Steinbergerhof auf. Das entspricht den Erwartungen, da diese Station am höchsten gelegen ist. Die Differenzen in mm zu den Nachbarstationen zeigt die folgende Aufstellung:

	zu Maria Laach	zu Wassenach	zu Wehr
1959:	116	119	102
1960:	80	39	20
1961:	85	50	—
1962:	116	100	—
1963:	128	81	130

Es besteht also ein beachtenswerter Niederschlagsunterschied allein im Einzugsgebiet des Wehrer Kessels; die höher gelegenen Teile können bis 130 mm mehr Niederschlag im Jahr erhalten. Auf die kleinräumige Differenzierung wird noch anhand der Monatswerte eingegangen werden. Auch die Stationen Maria Laach-Försterei, Wehr und Wassenach, die annähernd in gleicher Höhe liegen, zeigen unterschiedliche Niederschlagssummen. So liegen die Werte in Maria Laach 1960 sogar 60 mm niedriger als in Wehr, während sie 1963 fast übereinstimmen. Im Jahr 1959 und 1960 sind 17 und 19 mm mehr Niederschlag in Wehr als in Wassenach gefallen, 1963 aber 49 mm weniger. Zum Vergleich sollen nun noch die Jahresniederschlagssummen der Meßstelle Glees herangezogen werden (Tab. 12). Sie liegt nur 2,2 km westlich von der Station Wassenach und rund 40 m niedriger am westexponierten Talhang des Gleeser Bachs. In einer Entfernung von rund 1 km werden beide Stationen im Westen von Vulkankuppen überragt. Bemerkenswert ist nun, daß in Wassenach in allen Jahren höhere Niederschläge registriert wurden: 1960 waren es 37 mm, 1961 45 mm, 1962 74 mm und 1963 32 mm mehr. Das liegt sicher nicht allein an der Höhenlage, sondern auch daran, daß die Meßgeräte in Wassenach auf einem nach Norden und Nordwesten frei gelegenen und sich abdachenden Gelände stehen, während das in Glees wegen seiner Talrandaufstellung doch geschützter steht.

Ein regionaler Vergleich der Niederschlagssummen der einzelnen Stationen anhand der Übersichtsskizze, den Tab. 11 und 12 und der Niederschlagswerte der Totalisatoren, deren Veröffentlichung dem Wasserwirtschaftsamt Koblenz überlassen bleiben soll, zeigt eindeutig, daß sich in allen fünf Jahren (1959–1963) die niedrigsten Werte im östlichen und die höchsten im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes finden. Dabei hat

Nickenich in den drei Jahren, in denen Niederschlagssummen vorliegen, immer den kleinsten Wert. Das ist im Prinzip sicher richtig, aber die Werte werden allgemein doch etwas zu niedrig sein, da das Meßgerät nicht einwandfrei nach allen Richtungen hin aufgestellt werden konnte. Daher seien noch zum Vergleich die nächstfolgenden Niederschlagssummen erwähnt, sie liegen immer im süd- bis südöstlichen Teil des Laacher-See-Gebietes: 1959: Totalisator Nr. 5 mit 374 mm, 1960: Totalisator Nr. 1 mit 374 mm, 1961: Totalisator Nr. 5 mit 430 mm, 1962: Totalisator Nr. 6 mit 432 mm. 1963 fehlen allerdings die Jahressummen der Totalisatoren Nr. 5 und 6, die im Süd-Südosten liegen, und daher zeigt der am Westhang den kleinsten Jahreswert mit 487 mm. Der höchste Wert wird entweder in Steinbergerhof oder an den benachbarten Stationen Brenk bzw. Galenberg gemessen. Die Niederschlagsdifferenzen zwischen den Meßstellen im Untersuchungsgebiet schwanken – ohne Berücksichtigung der Werte von Nickenich – in den fünf Jahren zwischen 131 mm und 246 mm.

2. Niederschlagssummen der Sommer- und Winterhalbjahre

Der Tab. 11 kann man weiterhin die Niederschlagssummen der Halbjahre der Hauptstationen entnehmen. Im Sommerhalbjahr werden in Maria Laach in den drei Jahren 1954, 1956 und 1958 die langjährigen Mittelwerte bis zu 88 mm überschritten. Alle anderen sieben Jahre liegen unter dem Mittel. Besonders herausfallend sind die Jahre 1959 mit 57 % und 1962 mit nur 55 % der mittleren Niederschlagssumme. Das sind die niedrigsten Werte, die in der gesamten Beobachtungszeit seit 1922 gemessen wurden. Aber auch der obere Extremwert weist mit 446 mm eine besondere Stellung auf; denn er wird auch nur noch dreimal, nämlich von den Werten 1932 (484 mm), 1941 (497 mm) und 1945 (450 mm) übertroffen. Zu dem hohen Sommerhalbjahreswert haben besonders die Monate Mai und August mit heftigen Gewittergüssen beigetragen. Die mittlere Niederschlagssumme wird im Winter nur in zwei Jahren, 1955 und 1962 bis auf 3 mm, erreicht und in keinem Jahr überschritten. Hervorhebenswert sind die Niederschlagssummen von 1954 und 1963 mit nur 66 % und 70 % der mittleren Summe. Unterschritten wird dieser Wert nur noch vom Winter 1933 und 1949, in denen 117 mm und 170 mm Niederschlag fielen. An der Station Wassenach liegen die Verhältnisse der Niederschlagssummen der Halbjahre zu den langjährigen Mittelwerten im Winter und Sommer günstiger als in Maria Laach. Das ging auch aus der Betrachtung der Jahressummen hervor. In sieben der hier betrachteten zehn Jahre lagen die Sommerniederschläge über der Norm und in einem Jahr betrug sie noch 94 % davon. Nur die beiden schon erwähnten Extremjahre fallen auch hier heraus. Im Sommer 1959 fielen 199 mm und 1962 214 mm, das waren 58 % und 62 % der langjährigen Werte. In Maria Laach lagen übrigens die Niederschläge 1962 noch um 6 mm niedriger als 1959. Beide Jahre weisen die niedrigsten Nie-

derschlagssummen der letzten 30 Jahre auf, genau wie in Maria Laach folgt dann erst der Sommer 1947, der in Wassenach 225 mm Niederschlag brachte. Auch an dieser Station zeigten die Winterniederschläge von 1954 und 1963 Extremwerte, die in der Beobachtungsreihe seit 1930 nur zweimal unterschritten wurden, und zwar im Winter 1929 mit 107 mm und 1949 mit 170 mm. Vom langjährigen Mittelwert fielen im Winterhalbjahr 1954 nur 64 % und 1963 waren es 73 %. Von den anderen Winterhalbjahren seit 1954 lagen die von 1956 und 1962 über dem Mittel und die von 1955 und 1961 reichten mit 97 % und 99,6 % der mittleren Summe recht nahe an die Norm.

Bei einem regionalen Vergleich der Niederschlagssummen der Halbjahre zeigt sich das gleiche Verteilungsbild wie bei den Jahressummen.

3. Niederschlagssummen der Monate

Tab. 11 enthält auch die monatlichen Niederschlagssummen der Hauptstationen. Wenn auch die Summen im Untersuchungsgebiet unterschiedliche Höhen aufweisen, so kann man doch den gleichförmigen Verlauf an den vier Stationen erkennen. Monate mit auffallend hohen Niederschlägen treten hauptsächlich in den Sommerhalbjahren auf. Der erste herausfallende Monatswert wurde durch die eigenen Beobachtungen nur an der Meßstelle Wassenach erfaßt, er trat im Mai 1958 mit 131 mm Regen auf, einer Summe, die bis Ende 1963 nicht wieder gemessen wurde. Im selben Monat wurden am Kloster Maria Laach 125 mm registriert. Im gleichen Jahr hatte auch der August recht hohe Niederschläge. Die Meßstellen Wassenach, Wehr und Steinbergerhof hatten vier und Maria Laach-Försterei drei Tage mit mehr als 10 mm Niederschlag und Steinbergerhof und Maria Laach noch je einen Tag mit über 20 mm. Dadurch ergaben sich Summen zwischen 91 und 126 mm. Eine weitere Niederschlagsspitze liegt im August 1960, die in Maria Laach-Försterei und Wehr die höchsten Meßwerte der Beobachtungszeit anzeigt. Die Summen liegen zwischen 107 und 113 mm, also an allen vier Stationen in fast gleicher Höhe. Im Juni 1961 brachten Schauerniederschläge in Maria Laach und Steinbergerhof an drei Tagen Niederschläge über 10 mm, von denen je einer zwischen 20 und 30 mm und einer zwischen 30 und 40 mm lag. In Wassenach wurden zwei Tage mit über 20 mm und davon einer mit 49 mm gemessen; daher konnten die Niederschlagssummen wiederum Höhen zwischen 97 und 117 mm annehmen. Eine Ausnahme bildet die Niederschlagssumme vom Dezember 1962. In diesem Monat waren in Rheinland-Pfalz allgemein ungewöhnliche Unterschiede in den Monatssummen aufgetreten, sie lagen zwischen 40 und 171 % des langjährigen Mittels. Das Arbeitsgebiet gehörte dabei einem der Gebiete an, die übernormale Niederschlagssummen aufwiesen. So konnte in Steinbergerhof der höchste Monatswert der Beobachtungszeit mit 145 mm gemessen werden. An allen vier Stationen kann man als niederschlags-

ärmste Monate Februar und September 1959 und Juni und Oktober 1962 erkennen. Dabei trat das monatliche Minimum der Beobachtungszeit im Februar 1959 mit 3,5 mm in Wassenach, 5,7 mm in Wehr und 5,9 mm in Steinbergerhof auf, während in Maria Laach-Försterei der niedrigste Wert im September desselben Jahres mit 6,7 mm registriert wurde.

Abb. 8 zeigt eine Relativdarstellung der Niederschläge von Maria Laach und Wassenach für die Jahre 1954–1963. Die monatlichen Niederschläge sind in Prozent der entsprechenden mittleren Monatssumme der Reihe 1930/59 – ohne 1945/46 – dargestellt. Die Werte schwankten in Maria Laach zwischen 7,7 % und 233,0 %, in Wassenach zwischen 7,9 % und 237 %. Von den 120 Beobachtungsmo­naten fielen in Maria Laach in 38 und in Wassenach in 46 Monaten Niederschläge, die über dem Durchschnitt lagen. Davon entfallen in Maria Laach 21 und in Wassenach 24 auf die Winterhalbjahre, die damit also mehr Fälle mit übernormalem Niederschlag als die Sommerhalbjahre aufwiesen. Betrachtet man aber die Anzahl der Monate mit über 150 % Niederschlag, dann kann man erkennen, daß dabei ein größerer Anteil auf die Sommerhalbjahre entfällt: von 12 Monaten sind das 7 in Maria Laach und von 13 Monaten 8 in Wassenach. Dabei hebt sich besonders der Monat September heraus, in dem jeweils dreimal innerhalb der zehn Beobachtungsjahre mehr als 150 % des Mittels registriert wurden. Im Winterhalbjahr liegt der häufigste Wert im Monat Februar, der von den jeweils 5 Fällen, die auf die Winterhalbjahre entfallen, in Maria Laach 3 und in Wassenach 2 Monate mit Niederschlägen über 150 % aufwies. Der Extremwert der Monatsniederschläge lag im Mai 1958, in dem in Maria Laach 233,0 % und in Wassenach 237,3 % der mittleren Niederschlagssumme fielen. Ihm folgte der Dezember 1955 mit 196,2 % in Maria Laach und 183,1 % in Wassenach. Untersucht man die niederschlagsarmen Monate, so kann man erkennen, daß in Maria Laach in der zehnjährigen Beobachtungszeit 19 Monate mit Niederschlagssummen unter 50 % des Mittelwerts auftraten, wovon 11 auf die Winterhalbjahre entfielen. In Wassenach waren es 19 Monate, die sich aber zu gleichen Teilen auf die beiden Halbjahre verteilten. Im Winter fällt wiederum besonders der Monat Februar auf, der an beiden Meßstellen in je vier Jahren derart geringe Niederschläge hatte, er war also ein Monat besonders grosser Schwankungsbreite. Seine Summen streuten in dieser Beobachtungszeit in Wassenach zwischen 7,9 % und 171,2 % und in Maria Laach zwischen 19,7 % und 170,3 %. Auch der April hatte mit je drei Fällen noch einen beachtlichen Anteil an den trockenen Monaten. Im Sommerhalbjahr heben sich die Monate Juni und Oktober mit zwei bis drei Fällen besonders hervor. Für den Juni ist das insofern sehr beachtlich, da er ja im langjährigen Mittel die höchsten monatlichen Niederschlagssummen aufwies. Von den Mittelwerten der 10-Jahresreihe 1954/1963 liegt aber die Niederschlagssumme vom August über der des Juni.

Um die beachtlich kleinräumigen Unterschiede des Arbeitsgebiets zu ver-

anschaulichen, sollen die monatlichen Niederschlagssummen des Jahres 1963 näher betrachtet werden.

In den Monaten Mai und Juni sind für das Einzugsgebiet des Wehrer Kessels vier Meßwerte vorhanden, die Differenzen zwischen 15,0 und 24,8 mm untereinander aufweisen. Die kleinste Menge wurde im Totalisator gemessen, der am Osthang des Kessels in rund 350 m NN steht, und die größte in Steinbergerhof. Aber auch in den anderen Monaten treten zwischen den Niederschlagsmessungen in Steinbergerhof, Wehr und Wehr-Süd Unterschiede bis zu 14 mm pro Monat auf. Der Wert in Steinbergerhof vom Dezember kann etwas angezweifelt werden. Der Niederschlagsschreiber war außer Betrieb und die Messungen wurden mit einem einfachen Meßgerät durchgeführt; diese täglichen Ablesungen sind natürlich nicht zu kontrollieren. Im Einzugsgebiet des Laacher Sees bestehen monatliche Niederschlagsdifferenzen zwischen den einzelnen Meßstellen von 3,7 mm bis 28,7 mm, im Mittel der einzelnen Monate 1963 waren es 15,8 mm. Dabei weist der Totalisator Nr. 5, der im Südosten des Sees steht, in acht Monaten den niedrigsten Wert auf, einmal fiel seine Beobachtung aus, weil anscheinend der Abdichtungshahn nicht fest genug zuge dreht war. Die größten Niederschläge sind im südwest- bis südlichen Einzugsgebiet registriert worden, viermal am Totalisator Nr. 1, der direkt am See steht, je dreimal am Niederschlagsschreibgerät beim Forsthaus und am Totalisator Nr. 6, der auf der südlichen Wasserscheide steht. Vergleicht man nun noch die monatlichen Unterschiede im gesamten Untersuchungsgebiet, so ergeben sich Werte von 10,5–68,0 mm, wobei der herausfallende Wert vom Dezember in Steinbergerhof wiederum nicht gerechnet wurde. Die mittlere monatliche Differenz zwischen den einzelnen Meßstellen betrug 26,1 mm, und das ist ein recht beachtlicher Wert in diesem verhältnismäßig kleinen Gebiet. Als niederschlagsreichste Stationen treten Steinbergerhof dreimal, Brenk und Niederrissen je zweimal hervor. Die Meßstelle mit den niedrigsten Monatssummen ist eindeutig der Totalisator Nr. 5, in den von den zwölf Monaten in acht die kleinsten Mengen fielen.

4. Häufigkeitsbetrachtung

An einer anderen Art der Auswertung der Niederschlagsmessungen des Jahres 1963 soll die Differenziertheit des Untersuchungsgebietes noch weiter betrachtet werden. Dazu wurden an allen Meßstellen in den einzelnen Monaten des Jahres 1963 die Tage mit Niederschlägen ausgezählt und in drei Klassen, 0,1–1,0 mm, 1,1–10,0 mm und über 10,0 mm, eingeteilt. Dabei zeigte sich, daß die Niederschläge recht unterschiedlich in Häufigkeit und Menge fielen. Besonders fallen die Unterschiede bei den Niederschlagssummen zwischen 0,1 und 1,0 mm in den Monaten Januar und Oktober heraus, wo die Anzahl der Tage zwischen 4 und 15 schwankte, also eine Differenz von 11 Tagen besteht. In der zweiten Klasse zwischen 1,1

und 10,0 mm ergaben sich die größten Differenzen mit allerdings nur 5 Tagen im Januar und Juni, als einmal die Anzahl der Tage zwischen 7 und 2 und das andere Mal zwischen 12 und 7 schwankte. Im Dezember wurden in Brenk vier Tage mit Niederschlägen über 10,1 mm gemessen, in Wassenach nur ein Tag; im Juli waren es in Steinbergerhof drei Tage, während in Niederrissen im gleichen Monat kein einziger Tag mit einer derartigen Summe registriert wurde. In dieser dritten Klasse also traten als größte Differenz zwischen den einzelnen Meßstellen drei Tage auf. Auch die Anzahl der Tage mit meßbarem Niederschlag ist recht unterschiedlich, wie man der Tab. 13 entnehmen kann. Im Mittel der 12 Monate errechnete sich eine Differenz von 6 Tagen, wobei die Anzahl dieser Tage unter den einzelnen Meßstellen zwischen 4 und 12 Tagen schwankte. In Steinbergerhof wurden in sieben Monaten die meisten Niederschlagstage gezählt, zwei Monate konnten nicht für diese Auswertung herangezogen werden. Die Meßstelle in Gleys zeigt in sechs Monaten die kleinste Anzahl der Tage mit meßbarem Niederschlag. Die Jahressummen sind in Tab. 14 für Maria Laach, Gleys, Brenk und Wassenach zusammengestellt.

Danach hatte Wassenach die größte Anzahl der Tage und Gleys die kleinste, was an sich wegen der außerordentlich geringen Entfernung der beiden Meßstellen überrascht. Man muß aber wohl bei diesem Vergleich etwas vorsichtig sein: Wassenach hat ein schreibendes Niederschlagsmeßgerät, dessen Diagrammrollen einwandfrei ausgewertet werden können, während in Gleys die täglichen Ablesungen möglicherweise nicht so ganz exakt sind, besonders bei der Entscheidung, ob die Niederschlagssumme bereits meßbar, d. h. 0,1 mm, oder nur 0,0 mm ist. Im ganzen Jahr sind immerhin 55 Tage mit Niederschlag von 0,0 mm vom Beobachter in Gleys in das Beobachtungsbuch eingetragen worden.

Daß ein Fehler darin liegen kann, ersieht man auch daraus, weil gerade in der untersten Klasse die größten Differenzen zur Station Wassenach auftraten. Aber immerhin gibt es in diesem Gebiet zwischen Wassenach mit 191 Niederschlagstagen und Maria Laach und Brenk mit je 176 Tagen recht beachtliche Unterschiede. In der Tabelle 14 sind auch die Jahressummen der oben angeführten Monatssummen der Tage mit den in drei Klassen eingeteilten Niederschlägen zusammengestellt. Danach hat im Jahr 1963 Wassenach die größte Anzahl der Tage in der ersten Klasse von 0,1–1,0 mm und Brenk die in den beiden nächsten Klassen. Zum Vergleich sind die entsprechenden Werte von Wassenach für die Jahre 1959 bis 1962 aufgeführt. Die Anzahl der Tage mit meßbarem Niederschlag schwankte in den fünf Jahren zwischen 178 und 227, wobei die größten Unterschiede in der Klasse von 1,1–10,0 mm auftraten.

5. Extreme Tagesniederschläge

In der Tab. 15 sind die höchsten Tagesniederschlagssummen zusammengestellt. Und zwar sind alle Tage aufgeführt, an denen mindestens an zwei der vier Hauptstationen eine Summe von 20 mm registriert wurde. Die Tagessummen vom 23. 6. 1959 und 7. 8. 1963 veranschaulichen die beachtlichen kleinräumigen Differenzen, die während Gewitterniederschlägen auftreten können. Am 23. 6. 1959 wurden nämlich in Maria Laach-Försterei nur 0,6 mm und in Wassenach 0,3 mm gemessen, Glees hatte schon etwas mehr, nämlich 6,0 mm. In Steinbergerhof waren es aber 44,1 mm, in Brenk 53,4 mm und in Niederzissen wurde die höchste Tagessumme der gesamten Beobachtungszeit überhaupt mit 55,0 mm gemessen. Die Zugbahn des Gewitters war in diesem Gebiet also SW-NO, mit seinem östlichen Teil zog es längs des Tales, das von Brenk nach Oberzissen verläuft und dort in das Brohltal einmündet, dabei fielen in Wehr noch 17,0 mm Niederschlag. Die hohe Intensität dieses Regens kann man anhand der selbstregistrierenden Niederschlagsmesser von Steinbergerhof und Wehr feststellen. In Steinbergerhof fielen dabei 42,9 mm in nur 55 Minuten. Wenn man diese Werte in die Formel von Wussow

$$h = \sqrt{5t - \left(\frac{t}{24}\right)^2}$$

(h = Regenmenge in mm, t = Regenzeit in Minuten) einsetzt, so kann man diesen Niederschlag in Steinbergerhof zunächst einmal eindeutig als einen Starkregen bezeichnen. KNOCH hat neben dieser Formel auf der Tagung der Klimatologischen Kommission 1937 in Salzburg auch noch die Definition für Platzregen:

$$h \geq 1,5 \sqrt{5t - \left(\frac{t}{24}\right)^2}$$

für starken Platzregen:

$$h \geq 2,0 \sqrt{5t - \left(\frac{t}{24}\right)^2}$$

und für Wolkenbrüche:

$$h \geq 3,0 \sqrt{5t - \left(\frac{t}{24}\right)^2}$$

zu einer internationalen Regelung vorgeschlagen. Folgt man diesen Begriffen, so kann man den Niederschlag in Steinbergerhof sogar als einen starken Platzregen bezeichnen, da für einen solchen bei der gegebenen Zeit mindestens 32,8 mm gefallen sein müssen. In Wehr wurde bei diesem Regen gerade die Mindestbedingung für einen Starkregen erreicht, hier fielen in 50 Minuten 15,7 mm. Die Niederschlagsmengen vom 7. 8. 1963 zeigen ein umgekehrtes Verteilungsbild. An diesem Tag wurden in Maria Laach-Försterei und in Wassenach Starkregen registriert; der von Wasse-

nach hatte sogar die Intensität eines Platzregens und brachte bei einer Dauer von 105 Minuten 34,9 mm.

Weiter gehören die Niederschläge am 2. und 3. 6. 1961 zu den herausfallenden Werten. Der Regen setzte dabei am 1. 6. um 22 Uhr in Maria Laach ein und dauerte als Starkregen bis zum 3. nachts 1.10 Uhr; ein Starkregen also von 27 Stunden und 10 Minuten, der in dieser Zeit 60,3 mm brachte. Diese 60,3 mm liegen knapp über der nach der erwähnten Formel berechneten Mindestmenge für diese Zeit von 59,5 mm. In Steinbergerhof wurde eine derartige Intensität bei etwa gleicher Dauer nicht erreicht. Diese ungewöhnliche Niederschlagsintensität war eine Folge eines krassen Luftmassengegensatzes über Mitteleuropa und der dadurch entstandenen starken vertikalen Umlagerungen. Wie die Wetterkarten zeigen, war in den unteren Schichten von Norden recht kalte Polarluft herangeführt worden, während in der Höhe mit südöstlicher Strömung die Zufuhr sehr feuchter Mittelmeerluft anhielt. Da sich der Frontalbereich, der an ein flaches Bodentief gekoppelt war, nur langsam ostwärts verlagerte, kam es zu einem Dauerregen der geschilderten Art über weiten Teilen Westdeutschlands. Die Niederschlagssummen vom 6. — 8. 10. 1963 zeichnen sich weder durch besondere Intensitäten, wie die zuerst angeführten, noch durch eine Dauer, wie die letztgenannten, aus. Sie zeigen aber am Beispiel zweier Regen, wie einheitlich solche Mengen auch fallen können. Dabei müssen aber wohl die Werte von Niederzissen angezweifelt werden. Wenn man nämlich die nächstfolgende Niederschlagssumme, die allerdings erst zwei Tage später am 10. eingetragen ist, noch hinzuzählt, nimmt der Wert eine wahrscheinlichere Größe an, zumal am 10. in der Umgebung die Niederschläge allgemein unter 1 mm lagen — ein Zeichen dafür, daß der Beobachter seine Termine nicht eingehalten hatte. Die Niederschläge in der Nacht vom 5.—6. 10. 1963 hielten im Arbeitsgebiet zwischen 5 und 7 Stunden an. Am 6. begann ein zweiter Regen etwa um 20.30 Uhr und dauerte bis zum folgenden Vormittag gegen 10 Uhr. Die mittlere Intensität betrug 2 mm/h, die Werte schwankten in den einzelnen Abschnitten zwischen 0,7 und 3,2 mm/h. Die verhältnismäßig lange Dauer dieser Regenfälle wurde auch wieder durch ein zunächst recht stationäres Tief hervorgerufen. Dieses Tief hatte sich am 6. im Gebiet zwischen dem Mittelrheintal und Frankreich aus einer Wellenstörung, die sich infolge von NW her einströmender Kaltluft gebildet hatte, entwickelt. Die warmen Luftmassen wurden zum Aufsteigen gezwungen, und durch diese Vertikalbewegungen kam es zu den erwähnten Niederschlägen.

Von den übrigen in Tab. 15 aufgeführten Niederschlägen sollen noch alle Starkregen erwähnt werden. In Maria Laach-Försterei wurden solche registriert am 1. 5. 1959, an dem in 105 Minuten 26,9 mm fielen, und am 4. 7. 1963 mit 16,0 mm in 40 Minuten. In Wassenach gab es am 1. 5. 1959 sogar einen Platzregen von 65 Minuten Dauer mit 33,8 mm. Für die Station

Steinbergerhof ist noch ein Platzregen am 17. 4. 1959 zu erwähnen, der in 15 Minuten gerade die Mindestmenge von 12,9 mm brachte.

6. Zusammenfassung

Bei einzelnen Regenfällen können an den Stationen des Untersuchungsgebiets sehr unterschiedliche Mengen auftreten, ohne dabei eine gleichbleibende räumliche Differenzierung erkennen zu lassen; aber schon bei der vergleichenden Betrachtung der Monatssummen kann man eine solche erkennen, die sich dann bei den Jahreswerten eindeutig abzeichnet. Danach fallen die größten Niederschlagsmengen im nordwestlichen Teil des Untersuchungsgebiets und die geringsten im südöstlichen. Das liegt nicht allein an der Höhenlage der Meßstellen, sondern man kann in erster Linie eine Abhängigkeit von den orographischen Verhältnissen erkennen.

Um eine Aussage über die Niederschlagssummen der den Wasserhaushaltsberechnungen des Laacher-See-Einzugsgebiets zugrunde liegenden Jahresreihe 1954/1963 machen zu können, soll ein Vergleich dieser 10-Jahres-Mittel mit den 28jährigen Mitteln der Reihe 1930/59 — ohne 1945/46 — durchgeführt werden. Tab. 11 enthält die Differenzen (D 1) zwischen dem 10- und dem 28-Jahresmittel. Man kann erkennen, daß an beiden Stationen nur im Dezember und Mai, in Wassenach auch noch im August, September und Oktober positive Abweichungen auftraten. Größer sind aber die negativen, die besonders hoch in den Monaten November, April, Juni und Juli waren. Dadurch errechneten sich auch kleinere Niederschlagssummen für die beiden Halbjahre. In Maria Laach beträgt die Abweichung für das Jahr 81 mm und in Wassenach 41 mm, davon entfallen in Maria Laach 49 mm und in Wassenach 29 mm auf das Winterhalbjahr. Die Sommerhalbjahre waren also im Durchschnitt weniger unternormal als die Winterhalbjahre. Günstiger ist das Verhältnis, wenn man das 10-Jahresmittel von Wassenach mit den 40-Jahresmitteln der Reihe 1891–1930 vergleicht, da diese Summen niedriger lagen als in der anschließenden Jahresreihe. Die Differenz zwischen der 10- und der 40-Jahresreihe ist unter D 2 aufgeführt. Dabei zeigt sich, daß die negative Abweichung nur noch 15 mm im Jahr beträgt und im Winterhalbjahr mit 3 mm besonders gering ist. Der Juni-Wert entspricht sogar völlig dem langjährigen Mittel, während die Summe des Juli mit –25 mm besonders herausfällt.

D. Wasserhaushalt

I. Der Wasserhaushalt des Einzugsgebiets des Laacher Sees

1. Allgemeines

Kernproblem hydrologischer Untersuchungen ist die Ermittlung des Wasserhaushaltes eines Einzugsgebietes. An diesen Problemen wird in recht detaillierten Versuchsgebieten vielerorts gearbeitet; aber die Beobachtungsreihen sind im allgemeinen noch zu kurz, als daß allein für Deutschland schon ein einwandfreies Bild über die Wasservorräte besteht. Bei der Aufstellung einer Haushaltsgleichung muß man zwei Teile unterscheiden: die Einnahmen und die Ausgaben. Die Einnahme erfolgt durch die Niederschläge (N), deren Wassermengen von der Verdunstung (V) und dem Abfluß (A) verbraucht werden. Ein Ausgleich zwischen diesen Größen ($N = A + V$) findet aber nur im langjährigen Mittel statt. In kürzeren Zeitabschnitten muß die Möglichkeit berücksichtigt werden, daß entweder in den Speicherräumen Wasser gesammelt oder aus ihnen zusätzlich verbraucht wird, damit geht die Vorratsänderung (S), die sich aus der Differenz zwischen Rücklage (R) und Aufbrauch (B) ergibt, in die o. a. Haushaltsgleichung ein: $N = A + (R - B)$. In einem vulkanisch geprägten Gebiet wie den Maaren der Eifel steht dazu noch die Frage, ob eventuell dem juvenilen Wasser eine Bedeutung als Wassereinnahmequelle zukommt. Über den Laacher See schrieb PHILIPPSON 1926: *„Ob dieses geringe Einzugsgebiet genügt, den See mit Regenwasser zu speisen, oder in welchem Umfang Quellen daran beteiligt sind und woher diese kommen, ist noch eine unge löste Frage.“* Und BRAUNS äußert sich gleichzeitig dazu wie folgt: *„Der Wasserzufluß aus der Umgebung ist nur ganz gering. Natürlich, daß die Niederschläge, die auf der Umwallung fallen, z. T. dem See zufließen, aber dieser Zufluß entspricht bei weitem nicht dem ständigen Abfluß, der durch einen künstlich angelegten Stollen nach der Laacher Mühle hin stattfindet. Genauere Untersuchungen wären auch hierüber erwünscht, aber das läßt sich doch mit Bestimmtheit sagen, daß der See in der Hauptsache aus Quellen gespeist wird, die seinem Untergrund entspringen.“* Wie viele Unklarheiten auch heute noch über den Wasserhaushalt der Eifelmaare herrschen, zeigen die zur Gewinnung des Trinkwassers aus dem Laacher See durchgeführten Untersuchungen, die von G. KURZMANN in „wasser, luft und betrieb“, Februar 1964, veröffentlicht wurden. Diesen Fragen soll durch die vorliegenden Untersuchungen erstmals anhand von Zahlenmaterial nachgegangen werden.

Es muß vorangestellt werden, daß das Einzugsgebiet des Laacher Sees durch den bestimmenden Einfluß des Sees selbst, der rund ein Viertel der Gesamtfläche einnimmt, Verhältnisse aufweist, die sich von denen untersuchter Flußgebiete recht erheblich unterscheiden, schon allein in der Beziehung zwischen Abfluß und Niederschlag. Wenn man die KELLERSchen Bezugsgleichungen zwischen Abfluß, Niederschlag und Verdunstung heranzieht, so kann man feststellen, daß sich bei der Breite der Bänder auch die Werte des Untersuchungsgebietes einpassen lassen, die Abflußhöhe liegt dabei etwas über dem mittleren Verhalten und die Verdunstungshöhe etwas darunter; ausrechnen und ergänzen lassen sich aber Einzelwerte dadurch nicht. K. FISCHER bestätigte und ergänzte die KELLERSchen Gleichungen; aber auch aus seinen Beziehungen können nur fast dieselben Werte ermittelt werden, der Abfluß ist nur 1,1 mm und die Verdunstung 0,9 mm höher als die Werte nach H. KELLER, wenn die Gleichungen für das mittlere Verhalten angewandt werden. Für Wasserhaushaltsbetrachtungen, wie sie z. B. NATERMANN durchführte, reichen die vorhandenen Beobachtungen nicht aus. So muß hier auf die einfachste Form der Bilanzgleichung, wie sie oben angeführt wurde, zurückgegriffen werden, zumal auch die Besonderheit, die sich durch Wasserzufuhr aus oberirdischen Zuflüssen ergeben würde, für das Laacher-See-Gebiet nicht berücksichtigt zu werden braucht.

2. Gebietsniederschlag

Für die Wasserhaushaltsberechnung wurden im Einzugsgebiet des Laacher Sees aus den Meßergebnissen der einzelnen Meßinstrumente mittlere Monatsniederschläge berechnet. Bei der Verwendung der Monatssummen mußte zunächst beachtet werden, daß die Totalisatoren laut Vorschrift jeweils am Monatersten abgelesen werden. Im Deutschen Wetterdienst ist es aber üblich, die Messungen zum ersten Tagetermin durchzuführen und die ermittelten Niederschlagssummen dem Beobachtungstag zuzuschreiben, wobei also die Ablesungen am Monatersten nicht dem vergangenen, sondern dem laufenden Monat zugeschrieben werden. In einigen Ausnahmefällen machte sich aber diese um jeweils einen Tag verschobene Monatssummenbildung sehr bemerkbar. Zum Beispiel fielen die in Tab. 15 aufgeführten Niederschläge vom 1. 5. 1959, die Tagessummen bis zu 36,3 mm erbrachten, am Nachmittag des 30. April. Sie gehen aber in den Monatssummenwert für Mai ein und nur bei der Totalisatorenablesung noch für den April. Um vergleichbare Werte zu erhalten, wurden die monatlichen Niederschlagssummen der Meßstellen, an denen Tageswerte ermittelt werden, entsprechend umgerechnet, der Monaterste also jeweils dem vergangenen Monat zugezählt, auch wenn es sich nur um unwesentliche Mengen handelte. Mit diesen Monatssummen wurden im Maßstab 1 : 25 000 Isohyeten im Abstand von 5 mm konstruiert. Die einzelnen Flächen mit den

entsprechenden Niederschlagssummen multipliziert und die Summe durch die Gesamtfläche des Einzugsgebietes geteilt, ergab das Gebietsmittel der Niederschlagshöhe. Um die Möglichkeit der Vereinfachung dieser sehr arbeitsaufwendigen Methode zu überprüfen, wurde für eine Reihe von Monaten auch das Mittelsenkrechtenverfahren angewandt. Dabei wird jeder Meßstelle ein Flächenanteil vom Gesamteinzugsgebiet zugeteilt, dessen Größe wiederum durch Ausplanimetrieren ermittelt und in qkm angegeben wird, um anschließend mit der Niederschlagssumme der zugehörigen Meßstelle (in mm) multipliziert zu werden. Die Summe der einzelnen Teilgebetsprodukte, dividiert durch die Gesamtfläche, ergibt den Gebietsniederschlag.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n p_i x_i}{\sum_{i=1}^n p_i}$$

(p = Fläche, x = Niederschlag). Ein Vergleich der Ergebnisse dieser beiden Verfahren gewogener Mittelbildungen ergab Abweichungen, die 0,8 % der gefallenen Niederschläge nicht überschritten. Daher wurden die Gebietsniederschläge im weiteren nur nach dem Mittelsenkrechtenverfahren berechnet, da man hierbei nicht für jeden Monat neue Flächenanteile zu ermitteln hat, sondern nur beim Ausfall des einen oder anderen Totalisators neue Karten zeichnen mußte, was noch oft genug der Fall war. Das Einzugsgebiet des Laacher Sees wurde durch Ausplanimetrieren mit einem Kompensationsplanimeter der Fa. Haff auf einer Karte 1:25 000 nach eigener Eintragung der Wasserscheide zu 11,6375 qkm ermittelt. Da aber der Abfluß des Gebiets erst am Pegel Laacher Mühle erfaßt wird und dieser ein zusätzliches Einzugsgebiet von 0,6125 qkm besitzt, wird den Wasserhaushaltsberechnungen ein Niederschlagsgebiet von 12,25 qkm zugrunde gelegt. Auf diese Fläche sind auch die Gebietsniederschläge bezogen, die Werte können der Tab. 19 entnommen werden. Von November 1953, dem Beginn der Abflußmessungen, bis April 1955 standen für das gesamte Einzugsgebiet nur die Niederschlagsmessungen des Klosters Maria Laach zur Verfügung. Um mit ihnen die fehlenden Werte der Gebietsniederschläge zu ergänzen, wurde mit 49 Wertepaaren eine Korrelation zwischen ihnen und den in der Zeit nach der Aufstellung der Totalisatoren errechneten monatlichen Gebietsniederschlägen durchgeführt und die Bezugsgleichung für den Gebietsniederschlag $y = 0,9325 x - 0,2$ errechnet. Der Korrelationskoeffizient betrug 0,9762. Die Summen der Gebietsniederschläge liegen allgemein unter denen der Einzelmessungen an der Klosterstation. Wenn man die o. a. Mittelwerte der Niederschlagssummen der Jahresreihe 1930/1959 – ohne 1945/46 – mit den aus der aufgestellten Bezugsgleichung errechneten Gebietsmitteln in Beziehung setzt, kann man etwa mit einer mittleren Jahressumme des Gebietsniederschlags von 610 mm rechnen und für

das Winterhalbjahr 270 mm und für das Sommerhalbjahr 340 mm annehmen. Danach lagen nur die Jahressummen von 1956 und 1958 etwas über dem Mittel. Der höchste Wert errechnete sich für 1956 mit 629 mm, der niedrigste für 1959 mit 416 mm. Nur im Winterhalbjahr 1955 wurde die mittlere Niederschlagssumme (um 3 mm) überschritten, die kleinste Menge wurde 1954 mit 177 mm gemessen. In voller Übereinstimmung mit der Niederschlagsganglinie von Maria Laach lagen die Werte der Sommerhalbjahre 1954, 1956 und 1958 über der Norm, im letztgenannten Jahr erreichten sie den höchsten Wert der 10-Jahresreihe mit 395 mm, die kleinste Summe fiel hier, wie in Wassenach, im Sommer 1959, der für das Einzugsgebiet nur 160 mm Regen brachte.

3. Periodische und unperiodische Wasserstandsschwankungen des Laacher Sees

Der Wasserstand des Laacher Sees wurde von November 1953 bis Ende März 1961 an einem am Pumpenhaus angebrachten Lattenpegel im Auftrage des Wasserwirtschaftsamts Koblenz abgelesen. Seit Juni 1961 ist ein Schreibpegel der Fa. Ott mit einer Übersetzung von 1 : 1 im Rahmen der hier beschriebenen Untersuchungen aufgestellt worden, und die unterbrochene Beobachtungsreihe konnte fortgesetzt werden.

Der Wasserspiegelstand des Sees hängt hauptsächlich von den Niederschlägen und den Lufttemperaturen ab. Durch die Niederschläge wird dem Seebecken Wasser zugeführt, während die Lufttemperatur maßgeblich die Höhe der Verdunstung bestimmt, also die Wasserabgabe vom See an die Luft. Die Pegelaufzeichnungen zeigen, wie prompt der Seespiegel auf jeden Regenfall mit einem Anstieg reagiert, der natürlich von der gefallen Menge abhängig ist. Bei den beiden herausfallenden Regenfällen im Oktober 1963 wurden, wie bereits erwähnt, an der Niederschlagsmeßstelle Maria Laach-Försterei am 6. 10,9 mm und am 7./8. 26,8 mm registriert. Gleichzeitig stieg der Seespiegel an, während des ersten Regens um 6 mm und dann, der Dauer des zweiten Regens entsprechend, um 13 mm in 11 Stunden 30 Minuten. Obwohl in den folgenden Tagen nur am 9. die geringe Menge von 1,7 mm Niederschlag fiel, sank der Seespiegel zunächst nicht ab, was an sich zu erwarten wäre, da er laufend Wasser durch den Abfluß abgibt. Erst am 13. hatte er einen um 2 mm tieferen Stand erreicht und fiel dann sehr allmählich weiter ab, bis zum folgenden Regen am 18. allerdings um nur 0,6 mm. Das zeigt, wie verhältnismäßig schnell das Einzugsgebiet einen beachtlichen Teil des erhaltenen Niederschlagswassers an den See abgibt. Besonders interessant ist der ebenfalls schon erwähnte Starkregen vom August 1963. An der Niederschlagsmeßstelle Maria Laach-Försterei wurden bei einem Gewitter am 6. zwischen 21,30 Uhr und 23,30

Uhr in 115 Minuten 25,5 mm Niederschlag registriert. Zur selben Zeit stieg der Seespiegel um 17 mm an, also ohne jede Verzögerung wurde diese direkte Einnahme von 56100 cbm Wasser am Seepegel registriert. Man muß annehmen, daß nicht auf dem ganzen See die gleiche Niederschlagsmenge zu genau derselben Zeit fiel; denn der See geriet durch diesen Starkregen in Schwingungen. In Abb. 9 ist die Pegelkurve wiedergegeben. Die Schwingungsdauer betrug 3 Stunden und 15 Minuten bei einer Amplitude von 1 mm. Derartige periodische Seespiegelschwankungen werden als Seiches bezeichnet und sind eine in allen Seen vorkommende Erscheinung, wobei die Perioden der Seiches für jeden See charakteristische Größen darstellen, da sie von der Länge und der Tiefe des Seebeckens abhängen. Die Periode (T) der Grundschwingung normaler Seiches, bei welchen die gesamte Wassermasse des Sees in Schwingungen gerät, kann man unter vereinfachenden Annahmen für jeden See annähernd durch die Beziehung

$$T = \frac{2l}{\sqrt{g \cdot z_m}}$$

ausrechnen, wobei l die Länge des Sees, g die Schwerebeschleunigung und z_m die Maximaltiefe bedeuten. Danach würde diese Periode im Laacher See nur 3 Minuten 20 Sekunden betragen. Aufeinanderfolgende Perioden so kurzer Dauer sind in den Pegelbögen nicht mehr zu identifizieren, auch werden die Amplituden von den durch Windwellen erzeugten Oszillationen überdeckt. Es ist jedoch auch möglich, daß nur Teile des Sees in Schwingungen geraten, und zwar dann, wenn die Wassermassen geschichtet sind. Das ist durch die ausgeprägte Temperaturschichtung im Laacher See im Sommerhalbjahr der Fall, und nur in dieser Zeit treten Bewegungen wie die hier gezeigten auf, wie man den Diagrammen für die Beobachtungszeit 1961/63 noch elfmal entnehmen kann. Diese Erscheinung bezeichnet man als interne Seiches. Für das Modell eines kubischen zweigeschichteten Wasserbeckens gilt die Beziehung

$$T = \frac{2l}{\sqrt{\frac{g(\rho_h - \rho_e)}{\frac{\rho_h}{z_h} + \frac{\rho_e}{z_e}}}}$$

in der anstelle der maximalen Tiefe (in der ersten Formel) das Verhältnis der Differenz der Dichten der Schichten zur Summe der Verhältnisse von Dichte und Tiefe auftritt. Wenn man für den Laacher See die Schichtungsverhältnisse vom 29. 7. 1963 im Vertikalprofil an der Boje 2 über dem tiefsten Teil des Seebeckens zugrunde legt, als Schichtgrenze die Tiefe größter Temperaturdifferenz, 7,5 m, ansetzt und die Mitteltemperaturen für die so gefundenen Schichten ausrechnet, um aus ihnen die Dichte zu bestimmen, so erhält man eine Periode von 3 Stunden 45 Minuten, was eine gute Übereinstimmung mit der beobachteten Zeit bedeutet, wenn man be-

rücksichtigt, was für eine Vereinfachung das Modell gegenüber dem See darstellt. Es sei erwähnt, daß die Gleichung weiter entwickelt und auch auf einen dreigeschichteten See erweitert wurde, der den natürlichen Verhältnissen durch das Vorhandensein nicht nur des Epilimnions und Hypolimnions, sondern auch des Metalimnions näher kommt. Allgemein werden diese stehenden Wellen durch einen auf einen Teil des Wasserspiegels vorübergehend wirkenden Überdruck hervorgerufen, der durch lokale Barometerschwankungen, durch Wind, Regengüsse oder auch durch Hochwasserwellen von in den See einmündenden Flüssen ausgeübt werden kann. In Abb. 9 sind interne Seiches zu erkennen, die durch einen Starkregen hervorgerufen wurden. Abb. 10 zeigt eine Pegelaufzeichnung vom 3.—5. 8. 1963, die sich an die Abb. 9 zurückanschließt. Diese Abbildung soll als Beispiel für alle anderen registrierten periodischen Wasserstandsänderungen dienen, die allein durch den Wind ausgelöst wurden. Meistens war aber die Wasserbewegung – also der Wind –, die die Schwingungen hervorrief, noch stärker; das erkennt man daran, daß die Oszillationen, die der Pegel registrierte, größere Amplituden hatte als an dem beigegebenen Beispiel, wo die Amplitude ja nur 2 mm betrug. Allgemein führte der Laacher See nicht mehr als sieben derartige Eigenschwingungen aus, meistens waren es weniger, sie liefen aus oder neue starke Windstöße verwischten das Bild in den Aufzeichnungen.

In Abb. 11 sind die Wasserstände des jeweiligen Monatsersten aufgetragen und miteinander verbunden. Die Analyse dieser Ganglinie der unperiodischen Wasserstandsänderungen des Laacher Sees erfolgt am besten anhand der Gebietsniederschläge, deren Monatssummen in Säulenform auf der gleichen Abbildung darunter dargestellt wurden, und zwar sind die Auftragungen um 1 mm gegenüber den Pegelständen verschoben, so daß die Niederschlagssäule eines Monats sich jeweils zwischen dem Pegelstand des 1. dieses und dem 1. des folgenden Monats befindet, was den hydrologischen Zusammenhängen entspricht. Hinzugezogen werden noch die Monatsmitteltemperaturen der Meßstelle am Kloster, soweit sie gemessen wurden und zur Verfügung standen. Die Betrachtung schon des ersten Wertes zeigt die erwähnte Reaktion des Wasserspiegels auf die Niederschläge. Der November 1953 gehörte zu den trockensten Monaten der gesamten Beobachtungszeit. Die Summe von nur 4,4 mm reichte natürlich nicht aus, den Abfluß aus dem See zu decken und hatte sofort eine Spiegelsenkung zur Folge, und zwar war die Höhe des Wasserstandes am 1. 12. um 4 cm gegenüber dem 1. 11. abgesunken. Im Dezember brachten die Niederschläge auch nur 81 % ihrer normalen Menge, damit konnte gerade der Wasserbedarf gedeckt werden, der Spiegelstand hatte sich gegenüber dem Vormonat nicht verändert. Im Januar folgte ein Anstieg um 3 cm, da die Niederschlagssumme in Maria Laach mit 119 % über der Norm lag. Am Ende des Winterhalbjahres stand jedoch der Seespiegel nur genauso hoch wie am Anfang, es hatte keine Speicherung in diesem Winter stattfinden

können, weil die Niederschläge im Februar und März nur 46 % und 55 % des Mittelwertes betragen und auch die des April um 15 % unter der Norm lagen. Die Niederschlagssumme dieses Winterhalbjahres war, wie erwähnt, die geringste in den gesamten, hier zu betrachtenden zehn Jahren. Im anschließenden Sommerhalbjahr konnte der Seespiegel mit verhältnismäßig geringen Schwankungen seinen Stand etwa halten. Er sank nur um 2 cm ab, da die Niederschläge insgesamt über dem Mittel lagen. Die Monatsmitteltemperatur dieses Sommerhalbjahres lag auch 1,1 ° unter dem langjährigen Durchschnittswert, wobei außer Oktober alle Monate zu kalt waren. Die negativen Differenzen zu den Mitteltemperaturen betragen für Mai 0,9°, Juni 0,7°, Juli sogar 3,9°, August 1,5° und September 0,9°. Daher war auch der Wasserverbrauch für die Verdunstung verhältnismäßig gering. Das Winterhalbjahr 1955 hatte eine etwa normale Niederschlagssumme. Von November erfolgte daher eine Rücklage im See, der Seespiegel stieg um 14 cm an. Durch die unterdurchschnittlichen Niederschläge im März und April – im April fielen in Maria Laach-Kloster nur 24 % der normalen Menge – konnte er gerade seinen Stand halten. Starke Niederschläge im Juni führten zu einem ersten Höchststand des Sees. Dann blieben die Monatssummen jedoch unter ihrem Mittelwert, und der Wasserbedarf überstieg die Einnahmen. Besonders steil ist der Abfall des Seespiegels im September und Oktober, da im September an der Station Maria Laach-Kloster 74 % und im Oktober sogar nur 47 % der mittleren Niederschlagssumme gemessen wurden. Im Winterhalbjahr 1956 fand infolge reichlicher Niederschläge ununterbrochen eine Rücklage statt, die sogar bis Anfang Juli anhielt, da im Monat Juni 139 % der durchschnittlichen Menge fielen. Der Seespiegel erreichte dadurch seinen Höchststand der gesamten 10-Jahresreihe. Dann folgte der sommerliche Aufbrauch, der aber infolge einer übernormalen Niederschlagssumme und der um 2,3° gegenüber den Mittelwerten zu niedrigen Durchschnittstemperatur dieses Sommerhalbjahres geringer war als z. B. im Vorjahr. Der hohe Verdunstungsanspruch der Luft läßt sich z. B. gut im Monat August erkennen; obwohl dieser Monat sogar eine um 3,1° zu niedrige Mitteltemperatur aufwies, sank der Seespiegel bei normal hohem Niederschlag um 5 cm ab und erreichte damit einen ersten Jahrestiefstand. Der September hatte mit 171 % des Mittels beachtliche überdurchschnittliche Niederschläge, die mittlere Lufttemperatur lag noch 0,9° niedriger als im Vormonat und der Wasserspiegel stieg bereits wieder an. Im Winter 1957 konnte die Rücklage im See sich nicht besonders auswirken, da die Niederschläge erheblich unter dem Normalwert lagen. Nur Februar und März zeigten ausreichende Niederschlagsmengen, und so wurde der Höchststand Ende März erreicht. Der Aufbrauch aus der Rücklage begann anschließend bereits im April 1957 und dauerte neun Monate an. Die Absenkung des Seespiegels betrug in dieser Zeit 28 cm. Das ist der zweitgrößte Betrag in der hier betrachteten 10-Jahresreihe. Dabei waren die Sommerniederschläge fast normal, die Mittel-

temperaturen lagen im Durchschnitt $1,2^{\circ}$ unter dem langjährigen Mittel. Der Mai hatte eine negative Temperaturabweichung von $3,2^{\circ}$, Juli $0,1^{\circ}$, August $2,4^{\circ}$, September $2,2^{\circ}$ und Oktober $0,5^{\circ}$. Nur im Juni war die Lufttemperatur um $1,2^{\circ}$ höher, und das äußerte sich gleich in einem besonders großen Wasserverbrauch; denn an der Station Maria Laach-Kloster wurden 112 % der normalen Niederschlagsmenge gemessen, die aber den Bedarf nicht decken konnten. Der Seespiegel sank daher ab und zeigt an, daß zusätzlich 33 000 m³ Wasser für den erhöhten Verdunstungsanspruch benötigt wurden. Der hohe Betrag der Seespiegelabsenkung konnte in dieser Zeit aber nur eintreten, weil die Niederschläge in den Grenzzeiten zu den Winterhalbjahren recht erheblich unter dem Mittelwert lagen und dadurch die normale Zeit des Aufbrauchs verlängert wurde. So fielen im April nur 30 % und im Oktober nur 37 % der mittleren Monatsniederschläge. Auch der Mai und die Wintermonate November bis Januar blieben unter der Norm. Erst im Monat Januar begann die Winterrücklage 1958, der See stieg um 11 cm bis Ende April an. Fast gleich groß war die Rücklage allein des Monats Mai, der mit 233 % der normalen Niederschlagsmenge der niederschlagsreichste Monat dieser Jahresreihe war. Dann folgte wieder der sommerliche Verbrauch bis einschließlich September. Der Oktober hatte überdurchschnittliche Niederschläge, von denen bereits im See gespeichert werden konnte. In der Speicherungszeit des Winters 1959 fällt die ungewöhnliche Niederschlagssumme des Februar von nur 4 mm heraus. In diesem Monat wurde schon zur Deckung des Abflusses dem See Wasser entnommen, es fand ein Verbrauch von 2 cm statt. Der steilste Abfall des betrachteten Zeitraums folgte im Sommer 1959. Die Niederschläge blieben mit 160 mm bei 57 % des langjährigen Mittelwertes, dabei lagen alle Monate unter den Normalwerten. Dazu kam noch, daß alle Monatsmitteltemperaturen nach den Angaben der Monats-Schnellberichte des Wetterdienstes in Trier über den langjährigen Mittelwerten lagen. Ein besonders steiler Abfall des Seespiegels erfolgte im Juli, dessen Mitteltemperatur in Rheinland-Pfalz $3-4^{\circ}$ über dem Durchschnittswert lag, wodurch ein sehr hoher Verdunstungswert erreicht wurde. Ein weiterer sehr hoher Wasserbedarf entstand im September, in dem nur rund 14 % der mittleren Niederschlagssummen fielen. Die Mitteltemperaturen lagen dazu $1,5-3,0^{\circ}$ über dem Durchschnittswert und die Sonnenscheindauer betrug in Rheinland-Pfalz das Doppelte der Norm. Daraufhin war der See Ende Oktober auf den Tiefststand dieser hier betrachteten 10-Jahresreihe abgesunken. Die Auffüllung des Sees hatte im Winter 1960 einen normalen Betrag. Sie wurde im März durch recht geringe Niederschläge unterbrochen. Der Seespiegel konnte jedoch noch nicht wieder auf seinen normalen Stand ansteigen, dazu hätte es eines sehr niederschlagsreichen Winters bedurft. Die Niederschläge dieses Winters blieben aber ein Viertel unter dem Normalwert. Im Sommerhalbjahr 1960 lagen in Rheinland-Pfalz die Monatsmitteltemperaturen nur im Mai, Juni und Oktober über dem Durchschnitt, in den anderen Monaten

bis zu 2° darunter. Von den sehr reichen Niederschlägen des August, die an der Station Maria Laach-Försterei 171 % der normalen Mengen brachten, konnte bereits ein größerer Teil dem See zugute kommen, und es fand ein Seespiegelanstieg um 4 cm statt. Ebenfalls wurde im See durch die Oktoberniederschläge gespeichert, die 35 % über dem Mittel lagen. Die Winterniederschläge 1961 führten nur zu einer geringeren Speicherung, und erst durch die Juniniederschläge, die 31 % über dem Normalwert lagen, konnte der See bis zur Höhe, die am Ende des Winterhalbjahres 1959 registriert wurde, aufgefüllt werden. Der Sommerverbrauch 1961 und die Speicherung im anschließenden Winter 1962 hielten sich die Waage. Ein größerer Verbrauch fand im Sommer 1962 statt. In diesem Halbjahr erreichte die Niederschlagssumme an der Station Maria Laach-Försterei ihren tiefsten Wert seit Beginn der Beobachtungen. In Wassenach und im Gebietsmittel lagen die Niederschlagssummen 1959 etwas niedriger als 1962. Trotz der geringen Niederschläge, besonders der Monate Juni und Oktober, wurden aus der Rücklage nur 21 cm verbraucht, 1959 waren es dagegen 32 cm. Die Ursache für diesen Unterschied muß in den Temperaturverhältnissen gesucht werden; denn alle Monatsmittel im Sommerhalbjahr 1959 lagen über, alle des entsprechenden Halbjahres 1962 dagegen bis zu 3° unter den langjährigen Durchschnittswerten. Der Verdunstungsanspruch der Luft war also im Sommer 1959 größer als 1962. Die Niederschlagssumme des Winterhalbjahres 1963 blieb auch 30 % unter dem Normalwert. Dementsprechend nahm der Betrag des Seespiegelanstiegs auch keinen aus der Reihe fallenden hohen Wert an. Für den 1. Februar und den 1. März konnte nur die Höhe des Eisstandes eingetragen werden, daher wird erst ab April die Winterrücklage veranschaulicht, die aber die Schneerücklage der Vormonate enthält. Im anschließenden Sommerhalbjahr fand ein recht gleichmäßiger Aufbrauch statt, der aber auch nur den Betrag von 1955 erreichte. Die Niederschläge lagen zwar unter dem langjährigen Mittel, aber auch die Temperaturen waren um 1,2° zu niedrig. Innerhalb der hier betrachteten 10 Jahre schwankte der Spiegel des Laacher Sees also um 50 cm, er erreichte seinen Höchststand am 15. 6. 1956 bei 366 cm Lattenpegelstand und den Tiefststand bei 316 cm am 27. 10. 1959.

In der Zeit vom Oktober 1917 bis zum Juni 1926 waren vom Kloster Maria Laach aus täglich die Seewasserstände an einem Lattenpegel abgelesen worden, der am Steg zum Bootshaus der Fischer anbracht war. Die mir zur Verfügung gestellten Werte zeigten innerhalb dieser Jahre eine Schwankung des Seespiegels um 0,97 m. Dieser Wert kann aber wohl nicht ganz eindeutig als natürliche Wasserstandsänderung angesehen werden, da nach Aussagen von Herrn Ökonomierat Pater Beda Krümmel im Jahr 1916 eine Reinigung des Abflußstollens durchgeführt wurde, die – den Terrassen am Ostufer nach zu urteilen – eine Absenkung des Sees um etwa 0,80 m zur Folge hatte. Der See wurde aber zunächst gestaut und das Wasser für eine längere Zeit zum Betrieb der Laacher Mühle ausgenutzt. Es ist

also anzunehmen, daß am Anfang der erwähnten Pegelbeobachtung noch gestaut war. Abb. 12 zeigt die Ganglinie des Wasserstandes und darunter die monatlichen Niederschlagssummen. Die Niederschlagsbeobachtungen in Maria Laach-Kloster begannen erst im November 1921, und daher sind zur Ergänzung von Oktober 1917 bis Oktober 1921 die Werte der Station Wassenach, wie sie mir vom Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach mitgeteilt wurden, aufgetragen. Die Winterrücklage 1918 nahm eine recht beachtliche Höhe besonders wegen der hohen Aprilniederschläge an, die zu dem Höchststand des Sees in dieser Beobachtungszeit führten. Die Winterniederschläge 1919 waren völlig normal; aber dennoch kam es nicht zur Rücklage – ein sicheres Zeichen für die künstliche Beeinflussung des Seewasserspiegels. Im darauffolgenden Winter fand infolge übernormaler Niederschläge in den ersten drei Monaten wieder ein Anstieg statt. Danach zeigt die Ganglinie eine recht gute Übereinstimmung mit den Niederschlägen, woraus geschlossen werden kann, daß das zunächst gestaute Wasser inzwischen verbraucht war. Der Tiefststand des Sees wurde um den 1. Dezember 1921 erreicht nach einem außerordentlichen Trockenjahr, in dem nur 302 mm Niederschlag in Wassenach registriert wurden, die sich annähernd gleichmäßig auf Winter und Sommer aufteilten. Danach ist die künstliche Beeinflussung des Wasserstandes eindeutig vorüber; denn die folgenden Jahre zeigen einen recht normalen Verlauf der Spiegelschwankungen. Um 80 mm lagen die Sommerniederschläge 1922 über der Norm, daher hielt der Seespiegel annähernd seinen Stand. Im August und September 1924 fielen die Beobachtungen aus, möglicherweise lag auch in diesen Monaten ein Sommeraufbrauch, der durch eine Spiegelabsenkung angezeigt wird, vor, wie es bei den Niederschlägen dieses Halbjahres zu erwarten wäre. Die übrigen Schwankungsbeträge zeigen einen normalen Verlauf mit Winterrücklage und Sommeraufbrauch in Abhängigkeit von den Niederschlägen.

4. Rücklage und Aufbrauch

Durch die Pegelregistrierungen der unperiodischen Spiegelschwankungen des Laacher Sees erhält man exaktes Zahlenmaterial über Rücklage und Aufbrauch im Seebecken. Allgemein kann gesagt werden, daß im Winter eine Rücklage stattfindet und im Sommer ein Aufbrauch. Auf die von diesem mittleren Verhalten sich unterscheidenden Verhältnisse der einzelnen Halbjahre soll noch einmal anhand Abb. 13 eingegangen werden. In dieser Abbildung sind Rücklage und Aufbrauch für das gesamte Jahr und für die beiden Halbjahre getrennt aufgetragen und zwar die Rücklage als Einnahme oberhalb der Nulllinie und der Aufbrauch als Ausgabe darunter. Es wurden zwei Maßstabsskalen eingeführt. Die erste gibt die Größen in Kubikmeter Wasser an, denn jede Wasserstandsschwankung von 1 cm

bedeutet eine Vorratsänderung von rund 33 000 cbm Wasser, die entweder im See zurückgelegt oder zur Deckung des Verdunstungsanspruchs der Luft und des Abflusses verbraucht wurde. Der zweiten Skala liegt die Voraussetzung zugrunde, daß man den See als zentrales Sammelbecken des gesamten Einzugsgebietes ansehen kann. Dann kann man die in Kubikmetern gemessene Wassermenge – unter Annahme gleichmäßiger Verteilung über das Einzugsgebiet – in Millimeter Wasserhöhe ausdrücken. Damit erhält man eine Größenordnung, die auch den Niederschlags- und Abflußhöhen einwandfrei vergleichbar gegenübergestellt werden kann. Die Differenz zwischen Rücklage und Aufbrauch ist die Vorratsänderung ($S = R - B$), sie wurde schraffiert eingetragen, wobei sich die positiven und die negativen Werte durch die Richtung der Schraffen voneinander unterscheiden. Das Diagramm für die Winterhalbjahre zeigt, daß in fünf der neun dargestellten Jahre – um den 1. Mai 1961 fehlte zur Abgrenzung der Halbjahresvorratsänderung eine Pegelablesung – auch ein Aufbrauch stattfand, und 1954 und 1957 hielt dieser sogar infolge der ungünstigen Niederschlagsverhältnisse der Rücklage das Gleichgewicht. In allen anderen Jahren überwog aber die Speicherung. Sie war am größten in den beiden Winterhalbjahren 1956 und 1963, in denen 528 000 cbm Wasser dem See zugute kamen. Bei der Betrachtung der Sommerhalbjahre fällt zunächst die größere Schwankungsbreite auf. In sechs Jahren fand eine Rücklage statt, die 1958 einen Höchstwert erreichte, was durch die außergewöhnlichen Mainiederschläge verursacht wurde. Im Jahr 1960 hielt sie sogar dem Aufbrauch aus den oben erwähnten Gründen das Gleichgewicht. In allen anderen Jahren überwog aber der Wasserverbrauch. Das Sommerhalbjahr 1959 fällt mit 1 056 000 cbm sehr stark heraus, während 1957 und 1962 mit einem auch noch beachtlichen Aufbrauch doch zurückblieben. Betrachtet man nun die Vorratsänderung der einzelnen Gesamtjahre, so muß man feststellen, daß sich in keinem Jahr Rücklage und Aufbrauch aufheben, ja daß sogar innerhalb der vorliegenden zehn Jahre kein Ausgleich stattfand; denn der See hatte Ende Oktober 1963 rund 313 500 cbm weniger Wasser als Anfang November 1953. Das lag daran, daß diese zehn Jahre ein im Durchschnitt niederschlagsarmer Zeitraum waren, dessen mittlere Jahressumme in Maria Laach 82 mm unter dem langjährigen Mittelwert lag. Der größte Wasseraufbrauch fand im Jahr 1959 mit 1 122 000 cbm statt, während nur 330 000 cbm im Winterhalbjahr zurückgelegt wurden; das bedeutet also für dieses Jahr eine negative Vorratsänderung von 792 000 cbm. Die positivsten Bilanzen wiesen die Jahre 1956 und 1960 auf, in denen je 462 000 cbm Wasser zurückgelegt wurden. Die beiden Jahre 1955 und 1958 hatten eine recht ausgeglichene Wasserbilanz, die vom Gleichgewichtszustand nur um einen Betrag von 66 000 cbm abwich, der der Rücklage zugute kam.

Die Wasserhaushaltsgrößen Aufbrauch und Rücklage lassen sich also für den See eindeutig bestimmen. Aber für das umgebende Land ist das leider

nicht möglich, da keine Grundwasserbeobachtungsrohre im Einzugsgebiet zur Verfügung standen. Wegen der Steilheit des Geländes kann man jedoch annehmen, daß das zum Grundwasser sickernde Niederschlagswasser ohne allzu große Verzögerung dem See zufließt, wofür das auf Seite 77 angeführte verzögerte Absinken des Seespiegels nach Niederschlägen offensichtlich ein Beweis ist. Eine Ausnahme bildet sicher der Grundwasserstrom des Beller Wiesentälchens, der das vom See am entferntesten gelegene Einzugsgebiet erfaßt.

5. Abfluß

Der Laacher See hat, wie erwähnt, nur einen künstlichen Abflußstollen, der das Wasser des Sees im Süden unterirdisch aus dem Einzugsgebiet führt. Bei seinem Austritt aus dem Stollen wird das Wasser zunächst in einem Teich gestaut, um zum Antrieb der Laacher Mühle ausgenutzt zu werden, bevor es an der Pegelanlage vorbei weiter in das Einzugsgebiet der Nette abfließt. Wegen der Stauanlage ist es nicht möglich, detaillierte Tagesanalysen vorzunehmen, um zu sehen, wie schnell der Abfluß auf einen Niederschlag reagiert. Zwischen dem Abfluß und dem Niederschlag bestehen im allgemeinen sehr enge Beziehungen, die schon von PENCK, ULE, KELLER, FISCHER u. a. in für die Kenntnis des Wasserhaushalts grundlegenden Arbeiten aufgezeigt wurden. Dabei hat man in den Flußgebieten mit einer Verzögerung des Abflusses zu rechnen, die von den geologischen Verhältnissen, der Vegetation und auch von der Größe des Gebiets abhängig ist und die daher in den verschiedenen Einzugsgebieten unterschiedlich ist. K. FISCHER nimmt bei seinen Berechnungen des Wasserhaushalts im Weser- und Allergebiet an, daß der Abfluß eines Halbjahres hauptsächlich vom Niederschlag desselben Zeitraums und dem des vorangegangenen Halbjahres abhängt. Es liegt nun nahe, diese Beziehungen auch für das Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle zu untersuchen. Man muß bei diesem doch verhältnismäßig kleinen Einzugsgebiet von 12,25 qkm annehmen, daß die Abflußverzögerung gegenüber dem Niederschlag gering ist. In Abb. 11 waren bereits die aufgetragenen monatlichen Niederschlagshöhen erwähnt, denen auf der gleichen Abbildung und in derselben Größeneinheit die Abflußhöhen gegenübergestellt wurden (vgl. auch Tab. 19). Ein Vergleich der Einzelwerte zeigt, daß im allgemeinen die Abflüsse weder zu den Niederschlägen des gleichen Monats, noch zu denen des Vormonats in sichtlicher Beziehung stehen. Es soll nun ein längerer Zeitraum gewählt werden, um der Abflußverzögerung einen größeren Spielraum zu geben. Nachfolgend sind die Summen der Niederschläge denen des Abflusses der gleichzeitigen Halbjahre (S = Sommerhalbjahr, W = Winterhalbjahr) gegenübergestellt:

N (mm)		A (mm)				289	—	56 (S)
160	—	44 (S)	224	—	65 (W)	335	—	92 (S)
177	—	55 (W)	250	—	40 (W)	361	—	59 (S)
208	—	33 (W)	256	—	78 (W)	379	—	71 (S)
223	—	86 (W)	273	—	52 (W)	395	—	62 (S)

Es ist zu erkennen, daß auch hierin sichtlich keine Abhängigkeit besteht. Der höchsten Niederschlagssumme entspricht z. B. nur ein mittlerer gleichzeitiger Abfluß. Aber auch die folgende Aufstellung, in der den Abflußhöhen die Niederschlagssummen des gleichen und des vorangegangenen Halbjahres gegenübergestellt werden, zeigt keine Zusammenhänge.

368 - 33	539 - 40	561 - 56	629 - 71
416 - 44	559 - 92	602 - 86	634 - 52
538 - 59	559 - 65	619 - 62	651 - 78

Zwar fällt hierbei wenigstens die geringste Summe der Niederschlags- und der Abflußhöhen zusammen, aber den drei Niederschlagswerten 559, 559 und 561 mm entsprechen Abflußhöhen von 92, 65 und 56 mm. Der Grund dieser Verhältnisse muß in dem Vorhandensein des Seebeckens gesucht werden, zumal auch der Laacher Graben selbst seine Existenz nur dem künstlichen, zur Regulierung des Seespiegels angelegten Abflußstollen verdankt.

Im Überblick kann die zu erwartende Abhängigkeit der monatlichen Abflußhöhen vom Stand des Seewasserspiegels anhand Abb. 11 erkannt werden: den während der Sommerhalbjahre fallenden Pegelständen des Seespiegels entsprach eine Abnahme der Abflußhöhen in den einzelnen Monaten, und es erfolgte in der Mehrzahl der Jahre auch eine Zunahme der Abflußhöhen mit dem in den Winterhalbjahren ansteigenden Seespiegel. Vergleicht man die Zeiten, in denen die größten und die kleinsten wöchentlichen Wassermengen der einzelnen Jahre abflossen, mit denen der extremen Jahreswasserstände des Seespiegels, dann ergibt sich folgendes Bild: Nach den Sommerhalbjahren 1957, 1958 und 1959 flossen die kleinsten wöchentlichen Wassermengen zur Zeit des niedrigsten Seewasserstands ab; 1956 aber eine Woche, 1954 zwei, 1955 und 1957 sogar fünf Wochen vor dem NW des Sees, wobei die Differenzen des Wasserstands zur Zeit des geringsten Abflusses zum NW 1955, 1956 und 1957 nur 1 cm und 1954 2 cm betragen. Nach den Winterhalbjahren erfolgten die höchsten wöchentlichen Abflüsse 1955 zur gleichen Zeit, in der der See seinen Jahreshöchststand hatte, 1958 traten sie eine Woche, 1956 zwei, 1954 und 1957 vier Wochen nach dem HW des Sees ein, 1959 und 1960 aber vier und fünf Wochen früher, als der Seewasserstand sogar Differenzen von 3 cm zu HW hatte. Die geringste wöchentliche Wassermenge während der gesamten Beobachtungszeit floß in derselben Zeit ab, als auch der Laacher See seinen niedrigsten Wasserstand hatte. Anders war es bei der größten Wassermenge, die in der letzten Aprilwoche 1957 registriert wurde. Wie man aus Abb. 11 erkennen kann, trat sie zunächst einmal nicht unmittelbar im Zu-

sammenhang mit dem in dieser Beobachtungszeit liegenden HHW des Seepegels auf, das im Juni 1956 – in der Ganglinie im ersten Juliwert aufgetragen – registriert wurde. Diese Erhöhung des Seespiegels brachte eine sichtbare Vergrößerung des Abflusses gegenüber den Vormonaten, die aber wegen des einsetzenden Sommeraufbrauchs nicht die Größe annehmen konnte, wie es im darauffolgenden Winterhalbjahr möglich war, in dem der Seespiegel immer noch recht hoch lag und das Abflußvermögen durch den niedrigen Verdunstungsanspruch den winterlichen Verhältnissen entsprechend groß sein konnte. In Abb. 14 sind die aus den wöchentlichen Seepiegelablesungen berechneten Monatsmittel des Wasserstandes und die mittleren monatlichen Abflußspenden dargestellt. Diese beiden Ganglinien zeigen besonders vom Sommerhalbjahr 1957 ab einen recht gleichartigen Verlauf; aber zu Beginn der Beobachtungen kann keine Abhängigkeit erkannt werden, denn z. B. folgte dem deutlich ausgeprägten Anstieg des Seespiegels im Winterhalbjahr 1955 kein entsprechender bei den Abflüssen. Aus der vergleichenden Betrachtung dieser beiden Ganglinien kann man schon sehen, daß die Beziehungen zwischen der Höhe des Seewasserstands und des Abflusses nicht so eng sind, wie zu erwarten wäre. Um diese Beziehungen nun exakt ausdrücken zu können, ist eine Korrelationsrechnung zwischen 76 gleichzeitigen Monatsmitteln des Wasserstands des Laacher Sees (x) und den Abflußhöhen (y), bezogen auf das Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle, durchgeführt worden. Danach konnte die folgende Gleichung für die Ausgleichsgerade aufgestellt werden: $y = 0,2285 x - 0,1$. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,589. Diese Zahl weicht von 1 doch schon sehr beachtlich ab; aber da sein dreifacher mittlerer Fehler den Wert von nur 0,226 hat, weist auch dieser Korrelationskoeffizient noch auf einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Abfluß und Seespiegelwasserstand hin, wenn er auch geringer als erwartet ist. Man kann nun aber durchaus annehmen, daß nicht die gleichzeitigen Wasserstände am Seepegel sondern vielleicht die des Vormonats einen bedeutenderen Einfluß auf den Abfluß haben. Daher wurden mit 73 Wertepaaren die Monatsmittel des Pegelstands mit den Abflußhöhen des darauffolgenden Monats korreliert; die Bezugsleichung lautet: $y = 0,2322 x - 0,23$. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,591 und zeigt damit eigentlich gar keine Verbesserung der Beziehung an.

Die Abhängigkeit der Abflußhöhe vom Wasserstand des Laacher Sees ist also durchaus vorhanden, nur sind diese Beziehungen nicht so eng, als daß man einwandfrei fehlende Abflußwerte anhand vorliegender Seepegelstände ergänzen könnte, was eigentlich mit diesen Korrelationsrechnungen angestrebt wurde. Bis zur Fertigstellung dieser Arbeit war es dem Wasserwirtschaftsamt Koblenz nämlich nicht möglich, die seit August 1960 fehlenden Abflußmengen aus den Pegelaufzeichnungen zu ermitteln, wie es für diese hier durchgeführten Auswertungen der an sich vorliegenden 10-Jahresreihe zugesichert war. Es steht nun die Frage, ob man überhaupt

Monatswerte mit den aufgestellten Bezugsgleichungen ergänzen soll und welche der beiden Gleichungen eine größere Wahrscheinlichkeit hat, dem wahren Abfluß nahe zu kommen. Bei einer einfachen Auszählung ergab sich, daß bei der gleichzeitigen Wertereihe 49 mal die Tendenz des Fallens oder Steigens beim Wasserstand und Abfluß gleich waren, gegenüber nur 26 Fällen, in denen keine Übereinstimmung vorhanden war. Bei der Berücksichtigung des Vormonats war das Verhältnis 40 : 32, also durchaus ungünstiger. Bei einem Vergleich von Umkehrpunkten bis zu zwei Monaten herab, fanden bei der Reihe gleichzeitiger Werte 12 mal und bei der des Vormonats 14 mal keine Übereinstimmung der Wertepaare statt, während bei der ersteren in nur 5 und bei der anderen in 3 Fällen die Tiefst- bzw. Höchstwerte übereinstimmten. Bei dem Vergleich von Umkehrpunkten von mehrmonatigen Fall- oder Steigtendenzen stimmten von 11 Fällen bei der Reihe mit den Vormonaten 3 und bei der gleichzeitigen nur 1 Wert im Wasserstand und Abfluß überein; das würde also für die Benutzung der Reihe mit den Vormonaten sprechen. Im großen und ganzen befriedigen aber beide Gleichungen nicht. Ergänzt man nun die Monatswerte, dann erhält man, da beide Gleichungen sehr ähnlich sind, entweder gleiche Werte, oder um 0,1 mm bei der Verwendung der Vormonatswerte niedriger liegende, die nun jeweils nur um einen Monat verschoben sind. Man erhält also z. B. für August 1960 bei der Anwendung der Ausgleichsgeraden der gleichzeitigen Monatswerte die Abflußhöhe 6,7 mm und bei Berücksichtigung des Vormonats den Wert von 6,6 mm, der aber für den September 1960 gilt. Durch die eigene Auswertung der Pegelbögen für diesen August, bei dem die letzten drei Tage fehlten und ergänzt werden mußten, errechnet sich jedoch ein Abfluß von 5,7 mm. Für den folgenden September, für den nur in der Woche vom 5.—11. eine Pegelregistrierung einwandfrei ausgewertet werden konnte, kann auf Grund fast gleichbleibenden Wasserstands am Seepiegel eine Abflußhöhe von 8,5 mm errechnet werden. Geht man aber in die Gleichungen mit dem mittleren Wasserstand ein, so erhält man einmal eine Abflußhöhe von 6,6 mm (s. o.) und eine von 6,8 mm; dabei ist die Differenz bei der Anwendung der beiden Gleichungen nur ausnahmsweise derart gering. Diese Methode, Monatsabflußzahlen auf Grund bekannter Wasserstände vom Seepiegel zu ergänzen, kann also keineswegs zufriedenstellen und soll hier auch nicht vorgenommen werden. Da es aber sehr wünschenswert wäre, wenigstens einen etwaigen Jahresabfluß zu kennen, kann man von den Abflußschwankungen ausgehen. Die größte Abflußhöhe trat im Jahr 1957 mit 179 mm auf, zur Zeit eines in den folgenden Jahren nicht mehr erreichten Höchststandes des Seespiegels. Dieser Wert stellt in der Beobachtungsreihe eine Ausnahme dar und soll daher nicht weiter berücksichtigt werden. Die anderen Werte schwankten zwischen 108 und 127 mm, also um nur 19 mm pro Jahressumme, was recht gering ist. Die erwähnte Ganglinie Abb. 11 zeigt, daß nach 1960 der Seewasserstand im Durchschnitt niedriger lag als vor dem Abfall im Sommer-

halbjahr 1959, so daß es berechtigt erscheint, eine durchschnittliche Abflußhöhe der Jahre 1961–1963 von 110 mm anzunehmen. Nach der Berechnung aus der Bezugsgleichung der gleichzeitigen Monatswerte erhält man für 1961 eine Abflußhöhe von 104 mm, 1962 113 mm und 1963 105 mm, im Mittel also 107 mm. Da diese Werte über den Jahressummen liegen, die sich bei der Berücksichtigung des Wasserstands des vorangegangenen Monats ergeben, erscheinen sie also als obere Grenzwerte, und es ist kaum anzunehmen, daß die Abflußhöhe im Mittel der drei Jahre über 110 mm liegt. Es soll aber unten in der Verdunstungsberechnung aus der Wasserhaushaltsgleichung noch mit einem Wert von 120 mm gerechnet werden, um einen ganz sicheren oberen Grenzwert zu berücksichtigen. Für das Jahr 1960 errechnete sich mit den erwähnten Ergänzungen für August und September, die den wahren Abflüssen sicher sehr nahe kommen, und denen für den Monat Oktober ein Jahresabfluß von rund 80 mm. Das ist also der niedrigste Abfluß in den zehn Beobachtungsjahren überhaupt, und er erscheint anhand der Seewasserstandsganglinie durchaus den wirklichen Verhältnissen zu entsprechen.

Es sei auch noch die Frage angeschnitten, ob im Grundwasserbereich vielleicht Seewasser aus dem Einzugsgebiet abfließen kann. Dazu wurden in Wassenach an drei Brunnen wöchentlich einmal Grundwasserbeobachtungen durchgeführt. In Abb. 15 sind sie als Ganglinien wiedergegeben, und zwar für die Zeit vom November 1958 bis Januar 1961. Dazu sind zum Vergleich die Ganglinie des Wasserstands am Pegel Laacher See und die wöchentlichen Niederschlagssummen der Station Wassenach aufgetragen worden. Der Brunnen Nr. I liegt an der Niederschlagsmeßstelle bei 305 m NN und hat eine Sohlentiefe von 14,00 m; der Brunnen Nr. II hat eine Sohlentiefe von 4,70 m, seine Oberkante liegt um 275 m, genau wie der Brunnen Nr. III, dessen Sohlentiefe 9,14 m beträgt; die beiden letztgenannten liegen direkt in Ortsmitte. Das Grundwasser, das am Brunnen I vorbeifließt, zeigt infolge seiner tiefen Lage unter Flur keine direkten Beziehungen zu den Niederschlägen, aber auch keine Übereinstimmung mit der Ganglinie des Seepegels. Das gilt auch für die Beobachtungen, die außerhalb der in Abb. 15 dargestellten Zeit durchgeführt wurden; z. B. stieg der Grundwasserspiegel im Sommerhalbjahr 1959 fortlaufend an, während der Seespiegel infolge des sommerlichen Aufbrauchs eine überwiegend fallende Tendenz hatte. In gleichem Sinn war die Bewegungsrichtung im Sommer 1962 zu erkennen. Die Beobachtungen am Brunnen II zeigen, daß hier das Grundwasser infolge seiner geringen Tiefenlage sehr schnell auf die einzelnen stärkeren Niederschläge reagiert, wie z. B. auf die Ende Juli 1959, als in einer Woche 54,2 mm registriert wurden; aber auch die Anstiege im Mai und August 1960 sind eine Folge reichlicher Niederschläge. Dennoch zeigt die Ganglinie einen unnatürlichen Verlauf, was auf die künstliche Beeinflussung einer in der Nachbarschaft aufgestellten Pumpe zur Grundwasserabsenkung zurückzuführen ist. Die Ganglinie des Grund-

wasserstandes im Brunnen III zeigt einen Wasserspiegel an, der zwischen 7,16 m und 7,72 m unter Flur schwankte und eindeutig auch von den Niederschlagsverhältnissen abhängt, worauf der Abfall im trockenen Sommer 1959, der nur durch die schon erwähnten Niederschläge Ende Juli unterbrochen wurde, der Anstieg im Mai, August und ab Oktober 1960 hinweisen. Ab Juni 1959 gleicht die Ganglinie der des Pegels Laacher See, aber der Verlauf im Winter 1959 ist doch so unterschiedlich, daß keinesfalls angenommen werden kann, daß hier direkt Wasser aus dem See in den Grundwasserbereich übertritt. Die Übereinstimmung wird nur dadurch bedingt, daß der Seespiegel und das Grundwasser von den Niederschlagsverhältnissen abhängig sind.

Nach dem eingangs beschriebenen geologischen Bau des Untersuchungsgebietes wäre wohl ein unterirdischer Ausfluß am ehesten im südlichen Teil des Einzugsgebietes anzunehmen, wo nur recht wasserdurchlässige vulkanische Tuffe das ehemalige Tal zugeschüttet und damit das Seebecken abgedämmt haben. Sicher floß hier früher Seewasser im Grundwasserbereich aus dem Einzugsgebiet ab; aber jedweder See hat ein natürliches Abdichtungsvermögen, weil das abfließende Wasser nicht rein ist. Man kann sich vorstellen, daß der Tuff die kolloidalen Bestandteile des Seewassers filterartig zurückhielt und so allmählich zu einer Verstopfung seiner Porenräume beitrug, wodurch die Abdichtung des Seebeckens erfolgte. Es ist also nicht anzunehmen, daß Seewasser auch heute noch im Grundwasserbereich aus dem Einzugsgebiet abfließt.

6. Verdunstung

Im Gegensatz zu Niederschlag und Abfluß kann die Verdunstung nicht auf dem exakten Wege der direkten Messung erfaßt werden. Die Gebietsverdunstung, die als Größe in die Wasserhaushaltsgleichung eingeht, setzt sich aus der Verdunstung der freien Wasserfläche des Laacher Sees, der Verdunstung der umgebenden Landoberfläche und der Transpiration der Vegetation zusammen. Die Verdunstung einer Seefläche ist abhängig von der Temperatur, da die Luft mit zunehmender Temperatur mehr Wasser aufnehmen kann. Würde allerdings kein Wind herrschen, wäre die Luft über dem Wasser sehr schnell gesättigt, und die Verdunstung ginge damit zurück. So übt der Wind einen entscheidenden Einfluß auf die Verdunstung aus, weil er den Austausch der Luft bewirkt. Anders sieht es aber bei der Landesverdunstung aus. Hier kann nur so viel Wasser verdunsten, wie überhaupt zur Verfügung steht. Daher wird z. B. im Sommer 1959, in dem die Lufttemperaturen im Mittel übernormal hoch waren, wohl eine hohe Verdunstung von der Seefläche selbst stattgefunden haben, nicht aber von dem umgebenden Land, dessen obere Bodenschichten durch die unternormalen Niederschläge sehr schnell austrockneten. Im Einzugsgebiet des

Laacher Sees muß berücksichtigt werden, daß der die Oberfläche bildende Tuff und der aus ihm entstandene Boden allgemein sehr durchlässig sind und daß das Gelände recht steil zum See hin abfällt. Wie sehr unter diesen Verhältnissen die Vegetation von ausreichenden Niederschlägen abhängt, läßt sich am Waldbestand erkennen. Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Oberförster HORION sind die Baumpflanzungen in diesem Gebiet sehr schwierig. Es werden bevorzugt Douglasien angepflanzt, die zwar in ihrem Jugendstadium sehr stark auf große Häufigkeit der Niederschläge angewiesen sind, die aber später widerstandsfähiger sind als andere Baumarten und Trockenzeiten besser überstehen können. Ein beachtlicher Qualitätsunterschied besteht zwischen den Waldbeständen, die auf den Höhenzügen und Kuppen stehen und daher bei ausbleibenden Regenfällen sehr unter Wassermangel zu leiden haben, während die in den Mulden sich besser entwickeln können, da sich hier das Grundwasser der umgebenden steilen Gebiete sammelt und dem See allmählich zufließt. Größer wird die Verdunstung in den seenahen Gebieten sein, in denen reichliches Grundwasser ansteht und die Wiesen und Obstbaumpflanzungen versorgt.

Der Verdunstungsgröße der Wasserfläche kommt man nahe, wenn man die potentielle Verdunstung bestimmt. Es sind eine Reihe von Formeln entwickelt worden, um aus meteorologischen Daten diese potentielle Verdunstung zu ermitteln; denn sie ist in erster Linie abhängig von der Temperatur sowohl der Oberfläche des verdunstenden Mediums als auch der darüber liegenden Luft, von der Luftfeuchtigkeit und vom Wind. Für diese Berechnungen stehen aber im Untersuchungsgebiet nur die Werte der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit zur Verfügung, aber keine Windregistrierungen und Strahlungsmessungen, mit deren Hilfe z. B. ALBRECHT, PENMAN u. a. die gesuchten Werte ermittelt haben. Nach KALWEIT soll aber der Einfluß des Windes gegenüber anderen Faktoren auf die Verdunstung vernachlässigbar klein sein. THORNTHWAITTE geht bei der Ermittlung der potentiellen Evapotranspiration nur von den Monatsmitteltemperaturen und der geographischen Breite aus. Nach seiner Methode sind für das Untersuchungsgebiet die in Tab. 16 aufgeführten monatlichen Verdunstungswerte berechnet worden. Zunächst wurde dabei von den langjährigen Monatsmitteltemperaturen der Jahresreihe 1928/53 ausgegangen, dann wurden die Werte für das Jahr 1963 ermittelt. Ein Vergleich beider Reihen zeigt für das Einzeljahr eine um 27,3 mm niedrigere Jahressumme, was auch verständlich ist, da in diesem Jahr die Lufttemperaturen unter den langjährigen Mittelwerten lagen. Monate mit negativen Mitteltemperaturen haben nach dieser Methode gar keine Verdunstung, was wohl sicher nicht ganz richtig ist, da ja bei gelegentlich starker Sonneneinstrahlung auch in diesen Wintermonaten eine gewisse Verdunstung auftritt. Selbst wenn man noch für die Monate Januar und Februar, 1963 auch noch für den Dezember, einen Verdunstungsbetrag annimmt, der kaum 20 mm übersteigen wird, verändern sich die Jahreswerte nur sehr unwesentlich. Sie entsprechen

durchaus den Erwartungen, wenn man vergleichsweise andere gemessene oder errechnete Verdunstungshöhen europäischer Seen heranzieht, die weiter unten angeführt werden. Diese gute Übereinstimmung ist um so überraschender, als THORNTHWAITTE die Luftfeuchtigkeit gar nicht berücksichtigt, wie es z. B. HAUDE und ALBRECHT tun, die für ihre Beziehungen vom Sättigungsdefizit der Luft ausgehen, also die Temperatur und Feuchtigkeit in einer Größe zusammenfassen. Auf die Bedeutung des Sättigungsdefizits für die Verdunstungshöhe ist verschiedentlich hingewiesen worden. STEINHÄUSER berechnete 1950 die Korrelationskoeffizienten zwischen Verdunstung, Sättigungsdefizit und Niederschlag und kam dabei zu dem Ergebnis, daß sowohl zwischen Verdunstung und Niederschlag als auch zwischen Sättigungsdefizit und Niederschlag kein Zusammenhang besteht, wohl aber zwischen Verdunstung und Sättigungsdefizit. Das ist an sich auch verständlich, denn die Verdunstung kann sicher nicht vom Niederschlag direkt abhängen; z. B. kann nach einem Regen die Landesverdunstung steigen, da wieder Wasser zur Verfügung steht, bei den Gefäßmessungen – oder in unserem Fall also auch vom Laacher See selbst – wird die Verdunstung wegen der Zunahme der Luftfeuchtigkeit fallen. KALWEIT stellte durch eine einfache lineare Mehrfachkorrelation die Beziehungen zwischen Abfluß, Niederschlag und Sättigungsdefizit für Mitteleuropa

$$\bar{A} = - 346,2 + 0,955 \bar{N} - 74,6 \bar{S}$$

$$\bar{V} = 346 + 0,045 \bar{N} + 74,6 \bar{S}$$

und gesondert für Mitteldeutschland

$$\bar{A} = - 271,9 + 0,896 \bar{N} - 112,1 \bar{S}$$

$$\bar{V} = 271,9 + 0,104 \bar{N} + 112,1 \bar{S}$$

auf und kommt dabei zu dem Ergebnis, daß durch die Einbeziehung des Sättigungsdefizits in die Korrelationsformel zwischen Abfluß bzw. Verdunstung und Niederschlag die Aufstellung von Formeln für europäische Teilgebiete überflüssig wird, da sich recht ähnliche Werte aus beiden Gleichungen errechnen lassen. Das Sättigungsdefizit ist also von entscheidender Bedeutung für die Verdunstung. HAUDE geht bei seinen Berechnungen von Tageswerten des Sättigungsdefizits aus, wobei er die Werte um 14 Uhr als Maß für die Tagesverdunstung ansieht. Danach sind aus den Aufzeichnungen des Meteorographen am Laacher See Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit für die einzelnen Tage um 14 Uhr ermittelt und das Sättigungsdefizit (S in mm Hg) errechnet worden. HAUDE gibt für seine Gleichung $V = b \cdot S$ noch einen Faktor an, der aus Vergleichen mit anderen Verdunstungsmessungen ermittelt wurde und unterschiedliche Werte in den einzelnen Monaten hat. Die entsprechend für das Laacher-See-Gebiet berechneten Verdunstungshöhen sind in Tab. 16 enthalten. Danach beträgt die potentielle Jahresverdunstung 501,2 mm, wobei sich auch für die Wintermonate Dezember bis Februar im Gegensatz zur Methode nach THORNTH-

WAITE eine Verdunstungshöhe errechnete, die zusammen 19,9 mm beträgt. Die Jahressumme ist eigentlich sehr niedrig, wenn man sie mit den o. a. vergleicht und sie als Gesamtverdunstung des Sees ansetzt. Dabei geht die geringere Höhe besonders auf Kosten des Sommerhalbjahres, das nach der Formel von THORNTHWAITE eine um 111,9 mm höhere Verdunstung hatte, während nach HAUDE im Winterhalbjahr 41,6 mm mehr verdunsten. Auch ALBRECHT gibt in seiner Formel die Beziehung $V = F \cdot S$ an, wobei S das mittlere Sättigungsdefizit eines Zeitabschnitts bedeutet (in mmHg), und F ein von der Windgeschwindigkeit abhängiger Faktor ist. Bei vergleichenden Untersuchungen hat UHLIG danach im allgemeinen zu niedrige Verdunstungswerte erhalten, die besser wurden, als er den Wert 0,53, der von ALBRECHT für die Bestimmung der Tagesverdunstung bei einer Windgeschwindigkeit von mehr als 3,6 km/h angegeben wurde, als Konstante einsetzte. Die entsprechend berechneten monatlichen Verdunstungshöhen (Tab. 16) ergeben aber dennoch für 1963 im Gebiet des Laacher Sees die sehr niedrige Jahressumme von 336,4 mm. Dieser Wert entspricht sicher nicht der potentiellen Verdunstung dieses Gebiets und kann daher nicht als Verdunstungsgröße des Laacher Sees angesehen werden. Er scheint eher die Höhe des aktuellen Verdunstungsbetrages der den See umgebenden Landflächen anzugeben. Für das Sommerhalbjahr 1963 betrug die nach ALBRECHT ermittelte Verdunstungshöhe 240 mm und für die entsprechende Zeit 1962 253 mm. Die vorhandenen Meßergebnisse erlauben schließlich noch die Anwendung der Formel von LEEPER: $PET = 4,4 E + (T - m)$, in der die potentielle Evapotranspiration durch eine Beziehung zwischen Sättigungsdampfdruck (E) bei der monatlichen Mitteltemperatur (T), dieser monatlichen Mitteltemperatur selbst und der mittleren Jahrestemperatur (m) errechnet werden kann. Die entsprechend für das Arbeitsgebiet ermittelten Werte (Tab. 16) zeigen eine Gesamthöhe der Jahresverdunstung 1963 von 422,2 mm. Auch dieser Wert entspricht nicht der wirklichen potentiellen bzw. Seeverdunstung, sondern hat eher eine Größe, wie sie für die mittlere Gebietsverdunstung angenommen werden kann.

Für den Wasserhaushalt eines gesamten Einzugsgebiets kann die potentielle Verdunstungshöhe zunächst kaum etwas aussagen. Wichtig ist aber der Jahresgang. Dazu stellt man die monatlichen Verdunstungshöhen in Prozent der Jahressummen auf, wie es Tab. 16 für die o. a. Reihen enthält. Danach betrug die Verdunstung im Sommerhalbjahr 1963 zwischen 71,4 % (ALBRECHT) und 87,2 % (THORNTHWAITE) der Jahressummen, wobei in allen Reihen der Juli den höchsten Anteil hatte. Diesem Monat steht der Februar gegenüber, der die geringste Verdunstungshöhe hatte, allerdings liegt der nach der Formel von ALBRECHT ermittelte Januarwert noch um 1 % niedriger. Die hier ermittelten Verteilungswerte gelten aber nur für das Jahr 1963 und können nicht auf andere Jahre übertragen werden. Die Verdunstungshöhe der den See umgebenden Landfläche, die überwiegend ein tief unter Flur liegendes Grundwasser hat, ist vor allem von den Sommerniederschlägen

abhängig. Daher kann das Verhältnis zwischen der Verdunstung der beiden Halbjahre stark schwanken, wobei der Anteil der Winterverdunstung steigt, wenn ein trockener Sommer folgt. So hat z. B. SCHWARZMANN in Karlsruhe im sommertrockenen und warmen Jahr 1952 mit Lysimetern einen Winteranteil an der Jahresverdunstung von 37 % gemessen, in den Jahren 1953 und 1954 aber 17,4 und 20 %. Danach ist es verständlich, daß die prozentuale Jahresverteilung der einzelnen Reihen, die für Deutschland bekannt sind, voneinander abweichen. Von elf mir vorliegenden Reihen schwankt dabei der Anteil der Sommerverdunstung an der des Gesamtjahres zwischen 83 % (München und Göttingen) und 70 %. Die letztgenannte Verteilung von 30 : 70 ist vielfach verwendet worden, nachdem sie K. FISCHER seinen Wasserhaushaltsberechnungen für das Weserquellgebiet zugrunde gelegt hatte. Ermittelt wurden diese Werte aber von der Landesanstalt für Gewässerkunde Berlin aus Verdunstungsmessungen, die mit einer am Ufer des Grimnitzsees in einer Wetterhütte aufgestellten Wildschen Waage in den Jahren 1909–1913 durchgeführt wurden. Nach KALWEIT ergibt aber eine Jahresaufteilung, bei der 70 % der Jahresverdunstung auf den Sommer entfallen, für Mitteldeutschland keine brauchbaren Werte, während eine Verteilung von 20 : 80 zufriedenstellende Ergebnisse erbrachte, die im wesentlichen den Verdunstungswerten entspricht, die FRIEDRICH 1930/37 in Eberswalde mittels Lysimeterbeobachtungen ermittelt hat. Für das Laacher-See-Gebiet ist die Meßreihe noch zu kurz, man kann aber annehmen, daß die prozentuale Verteilung der Jahresverdunstung auf die Halbjahre, wie sie sich für 1963 ergab, recht repräsentativ ist, denn der Winter hatte durch seine langanhaltende Frostperiode sicher eine unternormale Verdunstung; aber auch die des Sommers wird unter den mittleren Verhältnissen liegen, da die Niederschläge zu gering und die Lufttemperaturen in den Monatsmitteln zu niedrig waren. Der Reihe nach THORNTHWAITE kann dabei für das Gebietsverhalten keine größere Bedeutung zugemessen werden. Wahrscheinlicher sind die Größen, die nach den Formeln von HAUDE und ALBRECHT errechnet wurden und deren Halbjahresverteilung sich auch nur um 3 % voneinander unterscheiden.

Zu einem weiteren Vergleich sollen die Ergebnisse der Verdunstungsmessungen mit der Wildschen Waage, die in der Wetterhütte am Laacher See aufgestellt ist, herangezogen werden. Da von diesen Schalenmessungen nur in der frostfreien Zeit brauchbare Messungen gewonnen werden konnten, sollen nur die prozentualen Anteile der Monate Mai bis Oktober an der Gesamtsumme des Sommerhalbjahres herangezogen werden. In Tab. 17 sind dazu die entsprechenden Anteile der berechneten Verdunstungswerte aufgeführt. In den drei Jahren 1959, 1962 und 1963 differieren die Monatsanteile doch erheblich. Die beste Übereinstimmung zeigt sich für die Werte 1963 mit den Berechnungen nach HAUDE und ALBRECHT. Im Sommer 1963 tritt ein eindeutiges Maximum der Verdunstung im Juli, dem Monat mit der höchsten Mitteltemperatur, auf. Im Jahre 1962 hatte die Verdunstungs-

höhe das Maximum im Juni, im Juli war sie verhältnismäßig niedrig und im August stieg sie wieder zu einer sekundären Spitze an. Diese Verteilung entspricht aber nicht der der mittleren Monatstemperaturen, die vom Mai bis August zunahmen, sondern dem Gang der relativen Luftfeuchtigkeit. Damit wird die Bedeutung des Sättigungsdefizits für die Verdunstung unterstrichen. Sie bestimmte auch den Gang der Verdunstung im Jahr 1963; denn der Monat Juli hatte nicht nur die höchste Mitteltemperatur, sondern auch die niedrigste relative Luftfeuchtigkeit von 70 %, und daß die Verdunstungshöhe im Juni größer war als im August liegt auch daran, daß der Juni bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 72 % ein Sättigungsdefizit von 3,90 mm Hg, der August aber nur eins von 3,13 mm Hg bei 81 % relativer Feuchtigkeit hatte (vgl. Tab. 18).

Die aktuelle Gebietsverdunstung kann aus langjährigen Mittelwerten von Niederschlag und Abfluß über die Wasserhaushaltsgleichung errechnet werden, da in einem längeren Zeitraum ein Ausgleich zwischen Rücklage und Aufbrauch stattfindet. Die Verdunstung wird dann dem Unterschiedswert zwischen Niederschlag und Abfluß gleichgesetzt. Es stehen zunächst aber nur für sechs Jahre Abflußmessungen zur Verfügung. Wie anhand der Seespiegelregistrierungen gezeigt wurde, fand in dieser verhältnismäßig kurzen Zeit im Einzugsgebiet des Laacher Sees kein Ausgleich in der Vorratsänderung statt, der Aufbrauch war größer als die Rücklage, da die Niederschlagssummen im Durchschnitt unter den langjährigen Mittelwerten lagen. Daher muß zu dem Unterschiedsbetrag noch die Höhe des Aufbrauchs – bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet – hinzugezählt werden. Für das mittlere Gebietsverhalten 1954/1959 kann die folgende Bilanzgleichung aufgestellt werden:

$$\bar{V} = \bar{N} - \bar{A} - (\bar{R} + \bar{B})$$

$$\bar{V} = 553,6 - 127,0 + 13,1$$

Die Verdunstung beträgt demnach im Mittel der sechs Jahre 439,7 mm, wobei allerdings nicht die Vorratsänderung in den Speicherräumen des Landanteils berücksichtigt wurde. Analog der negativen Bilanz im Seebecken kann aber auch mit einer Abnahme der Boden- und Grundwasservorräte gerechnet werden, wodurch sich der Verdunstungsbetrag noch etwas erhöhen würde. Die Wahrscheinlichkeit, daß eine errechnete Verdunstungshöhe wirklich dem mittleren Gebietsverhalten entspricht, wächst mit der Anzahl der Beobachtungsjahre. Daher sollen, wie oben beschrieben, die Abflußwerte für die 10-Jahresreihe 1954/63, für die der Gebietsniederschlag und die Vorratsänderung im See bekannt sind, ergänzt werden. Nimmt man für die Jahre 1961/63 eine mittlere Abflußhöhe von 110 mm und für 1960 von 80 mm an, dann erhält man entsprechend der o. a. Gleichung:

$$\bar{V} = 531,4 - 117,2 + 3,1$$

$$\bar{V} = 417,3 \text{ mm}$$

Um mit der Ergänzung des Abflußwertes ganz sicher zu gehen, soll auch noch als oberer Grenzwert mit einem mittleren Abfluß für 1961/63 von 120 mm gerechnet werden. Dann würde sich die Verdunstungshöhe wie folgt ergeben:

$$\bar{V} = 531,4 - 120,2 + 3,1$$

$$\bar{V} = 414,3 \text{ mm}$$

Die Verdunstungsgröße unterscheidet sich danach also nur um 3 mm durch die unterschiedlichen Ergänzungen. Die Vorratsänderung im Laacher-See-Becken selbst ist im 10-Jahres-Durchschnitt ausgeglichener, so daß auch aus dem Grundwasserbereich mit keinem größeren Wasserzuschuß zu rechnen ist – auf keinen Fall aber mit einer Speicherung, die den errechneten Verdunstungswert noch herabsetzen würde.

Um zu einer Abschätzung des errechneten mittleren Verdunstungsbetrages zu kommen, muß der Wert von 416 mm in die Verdunstung vom Land- und Seeanteil des Untersuchungsgebietes zergliedert werden. R. KELLER hat 1951 eine Jahresverdunstung von 385 mm für die zentrale Kalkeifel und von 365 mm für die zentrale Schiefereifel errechnet. Diese Werte können wohl durchaus auch für das Gebiet des Laacher Sees angenommen werden. Aus der Vielzahl von Verdunstungsberechnungen seien die von W. BAIER angegebenen zum Vergleich herangezogen. Sein Versuchsfeld lag zwar in 400 m NN, hatte einen um 75 mm höheren mittleren Niederschlag, aber eine um $0,3^\circ$ höhere Mitteltemperatur als das Laacher-See-Gebiet. Im Mittel der Beobachtungen des Normaljahres 1951 und des Trockenjahres 1952 betrug die Verdunstung von April bis Oktober rund 330 mm, für die Wintermonate nimmt er noch dazu 60 mm an und erhält somit eine Jahresverdunstung von 390 mm. Dieser Wert muß höher sein, als er für das Einzugsgebiet des Laacher Sees angenommen werden kann, da die Bodenbedingungen für die Verdunstung bei BAIER günstiger waren, zumal dazu noch höhere Niederschläge fielen. Ein weiterer Vergleich soll durch Verdunstungswerte angeführt werden, die KUPRIANOW über Lysimeterbeobachtungen in der SU in einem Gebiet erhalten hat, das weder orographisch noch klimatologisch dem Laacher-See-Gebiet gleicht. Er gibt folgende Verdunstungswerte für die Vegetationsperiode Mai–September im Jahr 1951, einem Jahr mit unternormalen Niederschlägen, was der Jahresreihe 1954/1963 im Laacher-See-Gebiet entspräche, an: Winterroggen 275 mm, Wiese 350 mm; im Durchschnitt 1954/56: Birke 280 mm, Kiefer 274 mm, Tanne 267 mm. Diese Werte stimmen also auch gut mit den für das eigene Arbeitsgebiet errechneten Werte überein; denn wenn man als Sommerverdunstung 75 % der Jahresverdunstung ansetzt – und bei dieser von einem Mittel der beiden o. a. Werte nach R. KELLER ausgeht – erhält man für das Sommerhalbjahr eine Verdunstung von 281 mm. Der überwiegende Teil des Einzugsgebiets ist mit Wald bestanden, und nur am Westufer wird eine

Fläche landwirtschaftlich genutzt, die sich im Süden fast bis zur Wasserscheide hin verbreitert.

Aus der Wasserhaushaltsgleichung errechnete sich also eine Verdunstung von rund 416 mm pro Jahr; bezogen auf die Fläche des gesamten Einzugsgebietes sind das 5 096 000 cbm Wasser. Davon sollen 365 mm = 3 266 750 cbm als unterer Grenzwert und 385 mm = 3 445 750 cbm als oberer für die Verdunstung von der den See umgebenden Landoberfläche und für die Pflanzentranspiration angesetzt werden. Wenn man die Differenz zur Gebietsverdunstung auf den Flächenanteil des Laacher Sees umrechnet, erhält man eine mittlere jährliche Verdunstungshöhe des Sees von 500,1–554,3 mm. Zur Abschätzung dieses Betrages seien vergleichend einige Seeverdunstungsgrößen angegeben: Ijssel-See 600–700 mm (n. VOLKER, 1948), Schluchsee 500 mm (n. SCHMOLINSKY, 1949), Vorbecken der Edertalsperre bei Niederwerbe 664 mm (1928/29, zit. n. SCHRÖDER), Mittellandkanal bei Sehnde 635 mm (n. FRIEDRICH, 1925/27), Sacrower See 431 mm in einem übernormal bewölkten Jahr (n. ALBRECHT, 1927, zit. n. SCHMOLINSKY), Breiter Lucinsee 540 mm und Haussee 610 mm (n. CZEPA und SCHELLENBERGER), Südschwedische Seen 600 mm (n. WUNDT). Man muß dazu berücksichtigen, daß der Laacher See sich wegen seiner eingesenkten Lage nicht wie ein gewöhnlicher See verhält. Über kleinen Seen wird normalerweise mehr verdunstet als über großen, da der Luftaustausch über den kleineren sich schneller vollzieht und immer neue trocknere Luftteilchen sich mit Feuchtigkeit anreichern können. Die Wasserscheide des Laacher Sees liegt aber im Durchschnitt auf einer Entfernung von nur 500 m 125 m höher als der Seewasserspiegel. Einzelne Kuppen erheben sich bis zu 190 m darüber. Besonders im Norden und im Osten steigt das Gelände steil an, dadurch wird der Austausch der über dem See lagernden Luftmassen bei den vorherrschenden Winden mit westlichen Komponenten verzögert. Die Meßinstrumente stehen am Westufer und zeigen schon eine relative Luftfeuchtigkeit, die im Jahresmittel und in den Halbjahresmitteln 1963 79 % betrug (vgl. Tab. 18). Das benachbarte Wehr hatte im gleichen Jahr ein Mittel von nur 75 %, im Winterhalbjahr waren es 78 % und im Sommerhalbjahr 72 %. Vergleichend sei auch noch angeführt, daß das Jahresmittel des Sättigungsdefizits 1963 1,7 mm Hg am Laacher See, aber 2,7 mm Hg in Wehr betrug. Von sehr entscheidendem Einfluß auf die Verdunstung ist, wie erwähnt, auch die Temperatur des verdunstenden Mediums, in diesem Fall also die Oberflächentemperatur des Laacher Sees. Wie unten noch ausgeführt wird, liegen die Temperaturen im Sommer verhältnismäßig niedrig, und nur kurzzeitig hatte das Oberflächenwasser im Juli/August 1963 eine Temperatur von 20° erreicht.

Man kann also zusammenfassend sagen, daß infolge hoher Luftfeuchtigkeit und niedriger Wassertemperaturen der Laacher See nur eine verhältnismäßig geringe Verdunstungshöhe aufweist. Die Berechnung der potentiellen Verdunstung ergab nach THORNTHWAITTE den mittleren Jahresbe-

trag von 598,8 mm bzw. für das Einzeljahr 1963 571,5 mm. Da hierbei aber vorwiegend die Lufttemperaturen berücksichtigt wurden, ist es verständlich, wenn dieser Betrag eine derartige Höhe aufweist, die sich gut an die o. a. Verdunstungswerte europäischer Seen anschließt. Die Besonderheit des Laacher-See-Gebiets liegt aber in seiner hohen Luftfeuchtigkeit, die übrigens empfindungsgemäß auch den Bewohnern von Maria Laach bekannt ist. Daher kommen die nach der Formel von HAUDE berechneten Werte, in denen mit dem Sättigungsdefizit sowohl die Lufttemperatur als auch die Luftfeuchtigkeit berücksichtigt worden sind, der wahren Seeverdunstung am nächsten. Für 1963 wurden danach 501,2 mm ermittelt, was mit dem o. a. unteren Grenzwert für die mittlere Seeverdunstung gut übereinstimmt. Nun ist dieser Wert allerdings nur die Summe eines einzigen Jahres und daher nicht repräsentativ für einen längeren Zeitraum. Der Vergleich der nach THORNTHWAITTE berechneten Werte zeigt aber, daß die Verdunstungsgröße 1963 um 27,3 mm unter der aus den Monatsmitteltemperaturen der Jahresreihe 1928/53 errechneten liegt. Wenn man also einen entsprechenden Betrag zu der nach HAUDE für das Einzeljahr ermittelten Verdunstungshöhe hinzuzählt, erhält man eine Summe, die in den mittleren Schwankungsbereich der beiden Extremwerte von 500 mm und 554 mm hineinpaßt. Indiskutabel für die Seeverdunstung sind somit die nach ALBRECHT und LEEPER berechneten Werte. Die nach LEEPER kommen der mittleren Gebietsverdunstung und die nach ALBRECHT der aktuellen Verdunstung des Landes nahe. Der Jahresbetrag von 336,4 mm liegt zwar unter dem unteren angenommenen Grenzwert von 365 mm, der jedoch nur für ein Normaljahr gilt. 1963 hatte eine recht beachtlich unter dem Mittel liegende Niederschlagssumme. Da aber von einer Landoberfläche nicht mehr Wasser verdunsten kann, als überhaupt zur Verfügung steht, geht die Verdunstung in Trockenjahren sehr stark zurück. Das fand auch SCHWARZMANN bei Lysimetermessungen in Karlsruhe bestätigt. Er ermittelte Verdunstungshöhen von 316 mm für 1952, in dem der Sommer trocken und warm war, dagegen 544 und 473 mm in den Jahren 1953 und 1954; es traten also beachtliche Differenzen auf. Besonders krass wird danach der Gegensatz zwischen der Verdunstung von Land und Wasser im Jahr 1959 gewesen sein, in dem der Sommer im Mittel sehr trocken und warm war und daher den höchsten Verbrauch aus dem See in der vorliegenden 10-Jahresreihe aufwies.

7. Wasserbilanz

Nach diesen Ausführungen kann die Wasserbilanz für das Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle für die Jahre 1954–1959, Im Überblick auch für 1960–1963, weiterhin im erstgenannten Zeitraum für die einzelnen Halbjahre und Monate aufgestellt werden. Aus dem vorhandenen Beobachtungsmaterial geht die Niederschlagshöhe, Abflußhöhe und Vorratsänderung

des Laacher Sees aus Meßwerten in die Wasserhaushaltsgleichung ein. Übrig bleibt dann noch eine von mir als Differenzbetrag D bezeichnete Wasserhöhe, die die Gebietsverdunstung und die Vorratsänderung des Landanteils enthält. Eine Aufteilung dieser beiden Größen wäre mit Hilfe der o. a. prozentualen Verteilung der Jahresverdunstung möglich. Da aber für die Zeit ab 1954 keine Messungen zur Bestimmung der potentiellen Verdunstung vorliegen, kann dieser Differenzbetrag nicht aufgegliedert werden, und für das Jahr 1963, für das diese Werte ermittelt wurden, fehlen zur Zeit noch die Abflußhöhen. Es erscheint auch nicht angebracht, eine der bekannten Reihen zu verwenden, von denen die der Edertalsperre mit einer Halbjahresaufteilung der Verdunstung von 25 : 75 % als nächstgelegener Beobachtungsort in Frage käme, da auch sie nur Mittelwerte angibt. Die Prozentangaben der Monate unterscheiden sich auch z. T. recht beachtlich von den für das Laacher-See-Gebiet ermittelten Werten.

Nach der Wasserhaushaltsgleichung $N = A + (R - B) + D$ sind in der Tab. 19 die Monats-, Halbjahres- und Jahreswerte zusammengestellt. Die Angaben sind in Millimeter Wasserhöhe, bezogen auf das Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle, angegeben. Die Berechnungen sind ebenfalls in Wassermengen durchgeführt worden, die aber durch die hohen Zahlen nicht die Übersichtlichkeit der in Millimeter ausgedrückten Beträge haben. Ein Millimeter Wasserhöhe entspricht dabei einer Wassermenge von 12 250 cbm. Abb. 16 gibt graphisch den Überblick über die einzelnen Wasserhaushaltsgrößen. Es wurden als Säulendiagramm die Monatssummen der Niederschläge aufgetragen, sie stellen zunächst die zum Verbrauch zur Verfügung stehende Wasserhöhe dar. Im unteren Teil der Säulen wurden dann die Abflußhöhen mit nach rechts gerichteter Schrägschraffur und darüber die Rücklage im Seebecken mit nach links gerichteter Schraffur als Ausgaben abgetragen. Die Differenz zur Niederschlagshöhe – ohne Signatur gelassen – gibt die Größen der Gebietsverdunstung und der Landesvorratsänderung an; wenn dieser Niederschlagsrestbetrag für die Deckung dieser Ausgaben nicht ausreichte, wurde zusätzlich Wasser aus dem See verbraucht. Dieser Aufbrauch – bezogen auf das gesamte Einzugsgebiet – muß als Wassereinnahme zum Niederschlag hinzugezählt werden. Diese Wasserhöhe ist in Punktsignatur über den Niederschlagshöhen aufgetragen, so daß der Differenzwert durch den Betrag zwischen der schraffierten Fläche und der obersten Punktgrenze angezeigt wird.

In Abb. 16 I. zeigt der erste Novemberwert schon eine Besonderheit: es fielen nur 4,4 mm Niederschlag, die allein nicht ausreichten, den Abfluß von 8,4 mm zu decken, die Rücklage wurde angegriffen, und allein aus dem See wurden 10,8 mm verbraucht, so daß noch 6,8 mm – in diesem Fall wohl nur zur Verdunstung – übrigblieben. Im folgenden Dezember fand im See keine Vorratsänderung statt, der Differenzbetrag von 27,5 mm, der sicher nicht von der Verdunstung verzehrt wurde, zeigt an, daß die im Vormonat ausgetrockneten Bodenspeicherräume Wasser aufge-

nommen haben, zumal die Winterniederschläge durch geringe Intensität der einzelnen Regenfälle gut in den Boden einsickern konnten. Im Januar erfolgte dann bereits auch eine Winterspeicherung im Seebecken, die hauptsächlich aus den hohen Niederschlägen zu erklären ist, denn auch der Boden konnte noch reichlich Wasser aufnehmen, was durch den Differenzbetrag von 34,5 mm angezeigt wird. Im Februar war die Wassereinnahme sehr gering, die Niederschlagssumme betrug nur 16,0 mm, aber da der Verdunstungsanspruch der Luft in diesem Monat allgemein niedrig ist, konnte sogar noch eine Speicherung im See stattfinden. Im März stiegen die Temperaturen und damit die Verdunstung, so daß die unternormalen Niederschläge von 20,8 mm nicht zur Bedarfsdeckung ausreichten, es wurden dazu noch 2,7 mm nachweislich von den Vorräten verbraucht. Eine weitere Beschreibung der einzelnen Monate soll nicht erfolgen, da das Diagramm und die Zahlenwerte einen eindeutigen Einblick in die Verhältnisse geben. Nur von drei Monaten sollen noch die Wasserhaushaltsgrößen besonders hervorgehoben werden. Im Februar 1956 fielen 14,2 mm Niederschlag, wovon 8,0 mm abflossen. Im See aber erfolgte nicht nur eine Speicherung, die dem Unterschiedswert beider Größen entsprach, sondern sie betrug 10,8 mm, also mehr, als eigentlich von der Wassereinnahme durch den Niederschlag zur Verfügung stand. Das konnte nur durch den Grundwasserzufluß des umgebenden Landes möglich geworden sein, der damit also erstmals zahlenmäßig erfaßt wurde. Die Mitteltemperatur dieses Monats betrug $-8,5^{\circ}$ und zeigt damit an, daß kaum eine nennenswerte Verdunstung im Gebiet stattgefunden hat. Der Wasserzufluß aus den Speicherräumen betrug also wirklich 4,6 mm. Ähnlich lagen die Verhältnisse im März 1958: der Niederschlag betrug 24,8 mm, der Abfluß 14,3 mm, die Rücklage 10,8 mm, so daß also 0,3 mm mehr verbraucht wurden. Dazu muß noch ein Betrag für die Verdunstung angesetzt werden – die Mitteltemperatur betrug allerdings nur $0,3^{\circ}$, so daß wenig mehr als 0,3 mm aus den Speicherräumen des Landes abgegeben wurden. Im Februar 1959 fielen im Gebietsmittel 4,0 mm Niederschlag, dagegen hatte der Abfluß eine Höhe von 12,1 mm. Der Unterschied von 8,1 mm wurde bis zu 5,4 mm aus der Seerücklage gedeckt und 2,7 mm müssen wieder aus dem Grundwasser stammen. Für die Verdunstung braucht kaum ein Wert berücksichtigt zu werden, da die Monatsmitteltemperatur unter dem Gefrierpunkt lag. Der Differenzbetrag kann also negativ werden, wenn die monatlichen Wassereinnahmen von den Ausgaben übertroffen werden, was nur möglich ist, da dem See ein Teil des auf dem Lande fallenden Niederschlags über das Grundwasser zufließt.

Abb. 16 II. gibt den Überblick über die Wasserhaushaltsgrößen in den Jahren und Halbjahren. Die ergänzten Abflußwerte sind mit unterbrochenen Linien gekennzeichnet. Die Differenzbeträge schwanken in den Jahren 1954–59 zwischen 359,3 und 485,8 mm, wobei der untere Wert im Trockenjahr 1959 erreicht wurde, d. h., daß in diesem Jahr die geringste

Verdunstungshöhe erreicht wurde aus Gründen, die oben bereits angeführt wurden. Der höchste Differenzbetrag lag im Jahr 1958, in dem die zweitgrößte Niederschlagsmenge fiel, aber die Speicherung im See sehr gering war. Wahrscheinlich wurde ein beachtlicher Teil des Niederschlags zur Auffüllung des Grundwassers gebraucht, von dem im vorangegangenen Sommerhalbjahr analog zur Seespiegelsenkung übernormal gezehrt worden war. In den Winterhalbjahren 1954/60 schwankten die Differenzbeträge zwischen 122 mm und 188 mm, in den Sommerhalbjahren 1954/59 zwischen 203 und 343 mm. Im einzelnen können die Werte der Tab. 19 entnommen werden.

8. Zusammenfassung

In einem Zeitraum von 10 Jahren wird bei Wasserhaushaltsberechnungen ein Ausgleich zwischen Rücklage und Aufbrauch erwartet, und man ermittelt die nicht meßbare Verdunstungsgröße aus dem Unterschiedswert, der sich aus der Differenz zwischen Niederschlag und Abfluß ergibt. Im Einzugsgebiet des Laacher Sees fand in der Zeit von 1954–1963 aber kein Ausgleich der Vorratsbilanz statt. Das wird durch den Wasserstand des Seespiegels angezeigt, der am Ende der Beobachtungszeit um 9,5 cm abgesunken war. Ein Ausgleich zwischen den Vorratsänderungsgrößen konnte in diesem Zeitraum nicht stattfinden, da die Gebietsniederschläge im Durchschnitt 90 mm, das sind rund 15 %, unter den Jahresmittelwerten lagen und besonders in der zweiten Hälfte der Beobachtungszeit recht niedrig waren. Ermittelt man unter Berücksichtigung des Aufbrauchs aus dem See den Differenzwert zwischen den 10-Jahresmitteln des Niederschlags und Abflusses, so wird dieser nicht genau der aktuellen Gebietsverdunstung gleichzusetzen sein, denn er enthält noch die Vorratsänderung des den See umgebenden Landgebietes. Man muß analog zum Verhalten des Seespiegels annehmen, daß auch aus dem Grundwasser ein Aufbrauch stattgefunden hat. Da aber im Mittel der 10 Jahre auf das Durchschnittsjahr nur 3,1 mm Aufbrauch aus dem Seebecken entfallen, dürfte der Aufbrauch aus den Bodenspeicherräumen für das mittlere Gebietsverhalten auch nur wenige Millimeter betragen, so daß der Differenzwert mit einer geringfügigen Erhöhung der mittleren aktuellen Gebietsverdunstung entspricht, die danach also rund 420 mm beträgt. Die Wasserbilanzgleichung für das mittlere Gebietsverhalten in der Zeit vom 1. November 1953 bis 31. Oktober 1963 – also über zehn Wasserwirtschaftsjahre – kann wie folgt aufgestellt werden:

$$\bar{N} = \bar{A} + \bar{S} + \bar{D}$$

$$531,4 = 118,7 - 3,1 + 415,8$$

Im Mittel flossen also vom Niederschlag 22 % durch den künstlichen Abflußstollen aus dem Einzugsgebiet ab, und die restlichen 78 % wurden für die Verdunstung verbraucht. Davon entfielen zwischen 64 und 67 % auf die

Verdunstung des Landes (einschließlich der Pflanzentranspiration), die restlichen 33–36 % auf die Seeverdunstung. Vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle entfallen 27 % der Gesamtfläche auf den See und 73 % auf die Fläche des umgebenden Landes.

Nach diesen Wasserhaushaltsbetrachtungen kann also eine Antwort auf die von PHILIPPSON und BRAUN aufgeworfenen Fragen gegeben werden: Der Laacher See wird einzig und allein durch das Niederschlagswasser gespeist, das ihm einmal direkt und zum anderen indirekt durch die Grundwasserzuflüsse aus dem Einzugsgebiet zugute kommt. Die Niederschläge bringen genügend Wasser, um die Ausgaben für Verdunstung und Abfluß im Mittel zu decken. Es ist daher nicht anzunehmen, daß im Zusammenhang mit den Kohlendioxydaustritten auch juveniles Wasser an die Oberfläche tritt und zur Speisung des Sees beiträgt.

II. Bemerkungen zum Wasserhaushalt des Einzugsgebiets des Wehrer Kessels

Für das Einzugsgebiet des Wehrer Kessels kann zur Zeit noch keine Wasserhaushaltsbetrachtung durchgeführt werden, weil der Abfluß aus dem Gebiet nicht ausreichend bekannt ist. Um ihn exakt zu erfassen, wurde im Sommer 1959 am natürlichen oberirdischen Ausfluß, dem Wirrbach, unterhalb der Welschwiesenmühle eine Pegelanlage mit einem Lattenpegel und einem HWK-Vertikalschreibpegel errichtet. Die Beobachtungen sind aber nicht über einen längeren Zeitraum einwandfrei durchgeführt und schließlich ganz eingestellt worden. Im Mai 1962 wurden sie wieder aufgenommen; aber im September desselben Jahres mußte das Uhrwerk an die Herstellerfirma zur Reparatur eingeschickt werden, von wo es erst Ende April 1963 zurückkam! Von dieser Zeit an konnte auch ein neuer Beobachter gewonnen werden. Inzwischen habe ich verschiedentlich Abflußmessungen mit einem Hydrometrischen Flügel der Fa. Ott durchgeführt und die Abflußkurve aufgestellt. Die danach errechneten monatlichen Abflußmengen (Tab. 20), die nur im Sommerhalbjahr 1963 ein zusammenhängendes hydrologisches Halbjahr erfassen, zeigen aber schon, daß die Abflußschwankungen recht gering sind. Die Abflußhöhen liegen wohl im mittleren Verhalten unter denen des Laacher Sees, während die Gebietsniederschläge im Wehrer Kessel höher sind. Dadurch ergibt sich ein größerer Unterschiedswert, der die Höhe der Verdunstung und Vorratsänderung des Bodens enthält. Über die Rücklage und den Aufbrauch kann noch nichts ausgesagt werden. Die Messungen der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchtigkeit in Wehr ermöglichen es, genau wie am Laacher See, die potentielle Verdunstung zu berechnen. Bei der Betrachtung der Temperaturverhältnisse wurde schon die begünstigte Lage des Wehrer Kessels herausgestellt. Hinzu kommt nun noch, daß die relative Luftfeuchtigkeit (Tab. 18) im Jahres-

durchschnitt 1963 in Wehr 4 % niedriger als am Laacher See war; dabei ist besonders wichtig, daß sie in Wehr im Winterhalbjahr im Mittel 78 % betrug, im Sommerhalbjahr aber nur 72 %, während am Laacher See beide Mittelwerte mit je 79 % gleich hoch waren. Im Sommerhalbjahr 1962 lag die relative Luftfeuchtigkeit in Wehr 3 % niedriger. Daraus ergibt sich für Wehr ein höheres Sättigungsdefizit, im Jahresmittel 1963 betrug es 2,7 mm Hg, im Winterhalbjahr 1,41 mm und im Sommerhalbjahr 3,99 mm. Am Laacher See waren die entsprechenden Werte 1,73 mm, 1,00 mm und 2,46 mm. Größere Gebietsniederschlagssummen, höhere Lufttemperaturen, niedrigere relative Luftfeuchtigkeit und daher ein größeres Sättigungsdefizit führen dazu, daß der Wehrer Kessel eine höhere potentielle Verdunstung als das Gebiet des Laacher Sees hat. Vergleichend seien die nach der Formel von THORNTHWAITE und ALBRECHT errechneten Verdunstungsgrößen gegenübergestellt, die die Extremwerte für 1963 im Laacher-See-Gebiet erbrachten (Tab. 16). Am Laacher See wurde nach der Methode von THORNTHWAITE eine Jahresverdunstung von 571,5 mm errechnet, in Wehr betrug sie im gleichen Zeitraum 663,1 mm, dabei liegt nicht nur die Verdunstung des Sommerhalbjahres, sondern auch die des Winters höher. Die nach der Gleichung von ALBRECHT ermittelten Werte betragen am Laacher See 336,4 mm – in Wehr aber 525,0 mm, wovon 135,7 mm auf das Winterhalbjahr und 389,3 mm auf das Sommerhalbjahr entfielen, die prozentuale Verteilung auf die Halbjahre war 26 : 74, am Laacher See 29 : 71. Der Jahreswert der Verdunstungshöhe nach ALBRECHT entsprach im Laacher Gebiet etwa der aktuellen Verdunstung des Landanteils, und es ist die Frage, ob der hohe Betrag für Wehr die gleiche Aussage gestattet. Das kann aber zur Zeit noch nicht entschieden werden, dazu müßten doch erst N-A-U-Werte über mehrere Jahre vorliegen. Ein Vergleich der nach ALBRECHT ermittelten Verdunstungswerte zeigt in den drei vorliegenden Jahren doch einen Schwankungsbetrag von 112 mm. Dabei wurde der höchste Betrag von 394 mm im Sommerhalbjahr 1959 gemessen, in einer Zeit also, die sich durch die höchsten Mitteltemperaturen der Beobachtungszeit auszeichnete und auch eine sehr niedrige relative Luftfeuchtigkeit von nur 72 % im Halbjahresmittel hatte, die allerdings auch 1963 so niedrig war. Die geringste Verdunstung war im Sommer 1960 mit 281,5 mm. Dieser Sommer hatte zwar die gleiche Mitteltemperatur wie 1962, aber im Durchschnitt eine um 4 % höhere relative Luftfeuchtigkeit als dieses Vergleichsjahr. Der Unterschied der Verdunstungshöhe zwischen 1960 und 1963, wie er sich nach ALBRECHT herausarbeiten ließ, kommt bei den nach der Formel von THORNTHWAITE errechneten Werten gar nicht heraus; denn es ergibt sich sogar für 1960 eine um 9,5 mm größere Verdunstungshöhe. Die Lufttemperaturen waren im Winter 1960 höher als 1963, und daher errechnete sich auch eine höhere Winterverdunstung; es ergab sich eine niedrigere Sommerverdunstung, weil die Sommertemperaturen 1960 unter denen von 1963 lagen. Sicher sind auch in diesem Gebiet die Berechnungsmethoden

der Verdunstung, die die relative Luftfeuchtigkeit berücksichtigen, geeigneter, die wahren Verhältnisse zu erfassen. Tab. 17 gibt eine Aufstellung des prozentualen Anteils der Monate Mai bis Oktober an der Gesamtverdunstung der Sommerhalbjahre. Hierin sind nun auch die mit der Wildschen Waage gemessenen Werte aufgeführt. Nur monatsweise gibt es Übereinstimmungen der verschiedenen Reihen. Interessant ist auch, daß im Sommer 1963 selbst die gemessenen Werte zwischen Wehr und Steinbergerhof in den einzelnen Monaten bis zu 3,6 % voneinander abweichen.

E. Thermische Verhältnisse des Laacher Sees

I. Wassertemperaturen

1. Temperaturmessungen

Die ersten wissenschaftlichen Untersuchungen des Laacher Sees in bezug auf seine thermischen Verhältnisse sind von HALBFASS und THIENEMANN durchgeführt worden. HALBFASS erfaßte die Wassertemperaturen in je einem Vertikalprofil an drei aufeinanderfolgenden Tagen im Oktober 1896 während seiner Auslotungsarbeiten. THIENEMANN veröffentlichte die Meßergebnisse vom 17. und 23. 10. 1910 und vom 27. 6. 1911. Diese wenigen Temperaturmessungen dienten nur zum Vergleich mit etwa gleichzeitigen Messungen in anderen Maaren der Eifel. HALBFASS bezeichnete „eine systematisch durch ein volles Jahr hindurchgehende Temperaturbeobachtung als eine sehr dankbare und hochinteressante Arbeit“ und nannte die Maare „ideale Versuchsbecken für Temperaturmessungen im Wasser“. Im Frühjahr 1962 begann ich mit den Temperaturmessungen im Rahmen der hier vorgelegten Untersuchungen. Dabei wurde zunächst mit einem Umkippthermometer gearbeitet. Dieses Meßgerät erlaubt es aber nicht, an einem Tag eine hinreichende Anzahl von Vertikalprofilen durchzumessen, um so nicht nur die einseitigen Ergebnisse über der tiefsten Stelle zu erhalten. Nachdem die Deutsche Forschungsgemeinschaft uns ein elektrisches Temperaturmeßgerät zur Verfügung gestellt hatte, konnte im Januar 1963 mit Serienmessungen begonnen werden. Dabei wurden an einem Meßtag zunächst alle vier Wochen zwei Profile durch den Laacher See gelegt, und zwar ein Längsprofil von H 55 86,2, R 25 89,6 nach H 55 87,9, R 25 91,1 und ein Querprofil von H 55 86,58, R 25 90,86 nach H 55 87,2, R 25 89,55. Um diese Profile festzulegen, wurden im Januar und Februar vom Eis aus zwei Bojen gesetzt. Boje 1 wurde im Schnittpunkt der Profile gelegt, wobei sie über einer Wassertiefe von 48 m an der westlichen Abdachung zum tiefsten Teil des Seebeckens und 925 m vom Bootshaus entfernt zu liegen kam. Sie halbiert die 1440 m lange Strecke des Querprofils. Boje 2 wurde über dem tiefsten Teil des Seebeckens gesetzt und halbiert die Meßstrecke zwischen Boje 1 und dem Ostufer, von dem sie also rund 673 m entfernt war. Dabei wurde allerdings nicht der tiefste Punkt des Sees erfaßt, der nach der Isobathenkarte von HALBFASS außerhalb des Profils liegt, aber nur knapp 1 m tiefer ist. Zur Bestimmung der Lage der einzelnen Vertikalprofile wurde vom Ufer aus eine Meßleine gespannt. Sie besteht aus einem 0,8 mm starken Platonfaden, an dem im Abstand von 50 m numerierte Korken an-

gebracht wurden und dazwischen noch 25-m-Marken mittels Isolierband. Diese über den ganzen See reichende Meßleine ist auf einem einfachen Gartenschlauchwagen aufgerollt. An den Bojen wurde sie befestigt, und da die Entfernungen Bojen – Land bekannt sind, konnte so die Windabdrift berücksichtigt werden. Als Arbeitsboot wurde uns freundlicherweise von der Gutsverwaltung des Klosters Maria Laach ein Blechkahn zur Verfügung gestellt. Bei den Temperaturmessungen diente als Temperaturfühler ein Thermistor der Fa. Halstrup, der durch ein Kabel an ein Anzeigegerät angeschlossen wird. Die in Mikroampère angezeigt und während der Messungen auf dem See notierten Werte werden anhand einer Eichkurve, die mit Hilfe eines geeichten Stationsthermometers der Fa. Fuess selbst aufgestellt wurde, in Temperaturwerte umgerechnet. Die Temperaturen sind in den aufgestellten Tabellen auf $0,05^{\circ}\text{C}$ genau angegeben. Das Ampèremeter würde sogar eine Ablesegenauigkeit von $0,01^{\circ}\text{C}$ gestatten, welche jedoch die tatsächliche Meßgenauigkeit um etwa eine Zehnerpotenz übertrifft. Deshalb ist auch Differenzbeträgen von einem halben zehntel Grad keine größere Bedeutung beizumessen; denn die Messungen auf einem See werden ja meistens bei Wasserbewegung durchgeführt und entbehren natürlich einer Laborgenauigkeit. Besonders trifft das für die Tiefenlage des Meßpunktes zu, die anhand von am Kabel angebrachten Meßmarken bestimmt wird.

In den Abbildungen 17–22 wurden zur Veranschaulichung der Profilmessungen durch den See Isothermenschnitte gezeichnet; und zwar verläuft das Längsprofil jeweils vom Bootshaus am Westufer zum Ostufer und das Querprofil von der Alten Burg zum Westufer. Als Längenmaßstab wurde $1 : 10\,000$ und als Höhenmaßstab $1 : 500$ gewählt. Dazu ist zu sagen, daß die genaue Lage der Isothermen zumeist durch Interpolation gewonnen werden mußte, die natürlich eine größere Wahrscheinlichkeit bei kleinen Abständen haben – also bei den Messungen von Meter zu Meter, wie sie in den oberen Wasserschichten erfolgten. In den tieferen Schichten wurden die Temperaturen von 5 zu 5 m gemessen, und dabei kann natürlich eine Interpolation zu ungenauen Angaben führen. So ist also die Lage der Isothermen zwischen den in der Skala der Tiefenstufen angegebenen Werte u. U. nicht ganz exakt, aber die Schwankungen über die glatten 5-m-Stufen hinaus zeigen doch eindeutig, daß beachtliche Differenzen auftreten können. Die ermittelten Tiefenlagen der einzelnen Isothermen in den Vertikalprofilen sind geradlinig miteinander verbunden; aber man kann erkennen, daß die Grenzlinien verschieden temperierter Wasserschichten nicht geradlinig, sondern wellenförmig verlaufen. Bei einem größeren Höhenmaßstab käme das noch deutlicher heraus, nur würden dann die Differenzen in den tieferen Wasserschichten übertrieben erscheinen. Weiterhin wurden die Temperaturen, die in den Vertikalprofilen der beiden Bojen gemessen wurden, als Tautochronen dargestellt (Abb. 23).

2. Die Wassertemperaturen im Jahr 1963

Eine Besonderheit des Ausgangspunkts der Messungen lag darin, daß der See infolge der seit Dezember 1962 anhaltenden Frostperiode bereits Mitte Januar fest zugefroren war. Der See hat an sich nur in ausnehmend kalten Wintern eine tragfähige Eisdecke und friert ansonsten nur am Ende des Winters kurzfristig zu (nach Beobachtungen von PATER BEDA KRÜMMEL). Die ersten Wassertemperaturmessungen wurden an der Boje 1 am 26. 1. 1963 kurz vor der Bojensetzung vom Eis aus durchgeführt. Die Lufttemperatur lag beim Gefrierpunkt, es herrschte Schneesturm. Das Seewasser befand sich in Winterstagnation mit entsprechend inverser Schichtung. Die Eisdecke betrug an der Meßstelle 9,5 cm, war aber an anderen Stellen des Sees auch schon etwas mächtiger. Die Temperaturen nahmen von 0° an der Oberfläche auf $3,4^{\circ}$ am Seeboden zu. Die zweite Messung wurde bei der Bojenlegung am 9. 2. an der Boje 2 vorgenommen. Die Lufttemperatur lag zur Zeit der Messung 2° über dem Gefrierpunkt. Die Eisdicke war infolge der anhaltenden Frostperiode auf 21 cm angewachsen, die Tiefentemperaturen lagen hier aber höher, und zwar bei $3,8^{\circ}$. Am 23. 2. erfolgte dann die erste Temperaturmeßserie im Längsprofil über den ganzen See. Die Lufttemperatur betrug anfangs -6° und stieg im Laufe des Tages auf -3° an. Die Wassertemperaturen in den Vertikalprofilen an den beiden Bojen unterschieden sich kaum von den bereits aufgeführten, nur betrug die Eisdecke inzwischen 25 cm. Abb. 17 zeigt den Isothermenschnitt durch den See. Man kann erkennen, daß das zu dieser Zeit wärmere Tiefenwasser über dem Hauptbecken seinen Einfluß bis in die oberen Wasserschichten ausübte; denn die 1° -Isotherme, die im westlichen Teil bis zu 4,5 m herabreichte, kam hier bis zu 1 m herauf. Die höchste Temperatur wurde mit $3,6^{\circ}$ im Tiefenwasser des östlichen Teils des Seebeckens gemessen.

Interessant ist, daß in diesem strengen Winter, der zur Bildung der recht seltenen Eismächtigkeit führte, die Stellen besonders starker Kohlendioxydaustritte eisfrei blieben. Die kleineren Quellen waren kurzzeitig überfrozen, aber völlig frei blieb eine sehr beachtliche, die etwa 20 m von der Alten Burg entfernt im See liegt. Die Ursache liegt darin, daß das austretende Gas das Wasser in Vertikalbewegung hält, wobei auch das wärmere Tiefenwasser entgegen seiner spezifischen Dichte etwas nach oben gewirbelt wird. Daher kommt es bei derart starken Gasaustritten nicht zu einer Unterkühlung des Wassers. Messungen am 23. 2. an dieser Stelle zeigten eine Oberflächentemperatur von $0,1^{\circ}$, in 1 m Tiefe betrug die Wassertemperatur $0,65^{\circ}$, in 2 m $0,95^{\circ}$, in 3 und 4 m $1,05^{\circ}$. Die Temperaturen ab 2 m Tiefe entsprechen den in den Uferbereichen des Längsprofils gemessenen Werten. Eine weitere, den ganzen Winter offen gebliebene Austrittsstelle liegt im nördlichsten Teil des Sees am Campingplatz. Sie liegt dem Ufer näher und der Seeboden ist hier nicht so tief, daher kann man sie auch in eisfreien

Zeiten durch Gasblasen erkennen, was an der Stelle vor der Alten Burg nicht der Fall ist, jedenfalls nicht, sofern die kleinste Wellenbewegung auf dem Wasser herrscht. In der Literatur sind immer nur Gasaustritte am Ost- bzw. Südostufer zwischen der Alten Burg und dem Lorenzfelsen genannt. Es hat sich aber gezeigt, besonders beim Eintritt der Tauperiode, daß derartige Quellen im gesamten ufernahen Bereich des Sees vorhanden sind, da diese Stellen nur verhältnismäßig dünn überfrozen waren und beim Eintritt des Tauwetters zuerst aufgingen. Es ist auch anzunehmen, daß derartige Kohlendioxydaustritte nicht nur am Rande auftreten; denn bei der Überquerung des Eises zeichneten sich deutlich etwa kreisförmige Stellen ab, die erst später zugefrozen waren und auch eine viel geringere Eismächtigkeit als das übrige Seegebiet aufwiesen. Daher lassen sich Ausbuchtungen der unteren Isothermen erklären, die hervorgerufen werden, wenn Tiefenwasser aufgewirbelt wird. Diese Stellen sind immer recht eng begrenzt, und leider kann man nie ganz genau dieselben Punkte bei den verschiedenen Temperaturmessungen erfassen, denn es findet durch den Wind doch immer eine gewisse Abdrift des Arbeitsbootes statt.

Im März konnte keine Messung durchgeführt werden, da das einsetzende Tauwetter ein Begehen des Eises nicht erlaubte; denn durch den aufliegenden Schnee wurde das Eis sehr schnell mit reichlich Wasser bedeckt. Der Vorgang des Tauens ging zudem sehr langsam vor sich, und erst um den 28. 3. war der See eisfrei. Dann setzte rasch die Erwärmung des Seewassers ein, und bei der ersten Messung vom Boot aus, am 8. 4., war der See im Stadium der Frühjahrsvollzirkulation. Das Wasser war instabil geschichtet und zeigte in den Vertikalprofilen an den beiden Bojen Temperaturdifferenzen von $0,3^{\circ}$ und $0,1^{\circ}$. Im ganzen See lagen die Temperaturen zwischen $3,9^{\circ}$ im flachen Uferbereich und $3,4^{\circ}$ am Seegrund. Die Lufttemperatur betrug während der Messungen 10° – 13° . Durch die herrschende Vollzirkulation stiegen die Temperaturen aller Wasserschichten an, und auch das Tiefenwasser im Hauptbecken wurde um durchschnittlich $0,5^{\circ}$ im Laufe der Erwärmungsperiode wärmer. Mit steigender Temperatur des Oberflächenwassers wird der Dichteunterschied zwischen diesem und der darunterliegenden kälteren Wassermasse größer, und auch starken Winden ist es schließlich nicht mehr möglich, das gesamte Seewasser zu durchmischen. Es kommt dann zur Ausbildung der Sprungschicht, deren Anfänge sich schon am 6. 5. zeigten. Die Oberflächentemperaturen waren auf durchschnittlich $8,5^{\circ}$ angestiegen, sie lagen am Westufer niedriger als am Ostufer, was durch das Vorherrschen von Winden mit westlicher Komponente zu erklären ist, die das Aufsteigen kühlerer Wassermassen am Westufer zur Folge hatten. In den beiden Bojenprofilen hatte das Tiefenwasser $4,05^{\circ}$ und $3,85^{\circ}$. Die Tautochronen lassen erkennen, daß das Oberflächenwasser bis etwa 8 m noch gut durchmischt war. Die Lufttemperaturen schwankten während der Messungen zwischen 10° und 12° . Abb. 18 I. und II. zeigen die Isothermen im Längs- und Querschnitt. Zu diesen Profilen

ist noch folgendes zu sagen. Vergleicht man Abb. 17 vom 23. 2. mit Abb. 18 I., dann fallen einige Unterschiede im Profil des Seebeckens auf. Beim letztgenannten sieht man, daß im westlichen Teil eine Untiefe bis zu 16 m aufragt, beim ersteren scheint die Abdachung vom Ufer aus mehr oder weniger gleichmäßig zu verlaufen. In Wirklichkeit zieht sich aber quer zum Längsprofil ein Rücken hin, der aus Alkalibasaltschlacken aufgebaut ist, denen Trachyttuffe auflagern, die ihrerseits wieder von den Sedimenten des Sees überdeckt werden. Dieser Aufbau wurde von Sporttauchern beobachtet, die mir entsprechende Gesteins- und Sedimentproben heraufbrachten. Dieser Riedel ist aber nur sehr schmal und verliert nach NW zu an Höhe, bei den meisten Meßreihen wurden Vertikalprofile an seinen Abhängen gelegt. Die Schwierigkeiten bei Temperaturmessungen im See liegen darin, die Meßpunkte genau zu bestimmen. Selbst bei der hier angewandten Methode, eine Profilleine über den See zu spannen, war es nicht möglich, die Wassertemperaturen bei jeder Meßreihe über genau den gleichen Stellen des Seebodens zu messen; denn je nach den Windverhältnissen fand doch eine mehr oder weniger starke Abdrift statt. An den Bojen wurde das Boot immer festgemacht, so daß die einzelnen hier erfaßten Vertikalprofile die größten örtlichen Übereinstimmungen haben. Diese Schwierigkeiten sollen auch nicht unerwähnt bleiben, daher sind in den Abbildungen der Isothermenschnitte jeweils nur die wirklich geloteten Tiefenpunkte, auf halbe Meter gerundet, aufgetragen und nicht das durch die zahlreichen Messungen bekannte Profil des Seebeckens. Die Lage des Höhenrückens wird jeweils durch ein Kreuz in den Abbildungen angezeigt. In Abb. 18 II. ragt in ähnlicher Weise der Beckenboden auf. Hierzu muß aber gesagt werden, daß es dem Ruderer infolge des stark auffrischenden Windes nicht möglich war, das Boot am Meßort zu halten, es erfolgte eine Abdrift nach Süden in den flacheren Uferbereich, wo das Wasser kälter als im tieferen Bereich war, wie auch aus den Meßergebnissen des ersten Vertikalprofils vor der Alten Burg zu erkennen ist. Es soll hier vermerkt werden, daß am 5. 5. 1962 bei den Messungen mit dem Kippthermometer etwa die gleichen Temperaturverhältnisse im See registriert wurden, die Auswirkung des besonders kalten Winters 1963 auf die Wassertemperaturen war also Anfang Mai nicht mehr vorhanden.

Der Mai 1963 hatte eine mittlere Monatstemperatur der Luft von $9,3^{\circ}$, am 30. und 31. wurden mittags bereits 21° – $21,5^{\circ}$ erreicht, und auch am folgenden Meßtag, dem 4. 6., lag das Maximum der Lufttemperatur bei 20° . Daher konnte das Seewasser sich in diesem Monat sehr stark erwärmen (Abb. 19). Die Oberflächentemperaturen erreichten $16,5^{\circ}$ – $17,4^{\circ}$ und nahmen bis zum Einsetzen der Sprungschicht auf Temperaturen, die um 16° schwankten, ab. Dabei reichte das Epilimnon an der Boje 2, also über dem Seetiefsten, bis zu einer Wassertiefe von 3 m, bei der Boje 1 bis zu einer von 4 m, und im westlichen Teil des Sees sogar bis zu einer von 5 m. Zum Vergleich sei erwähnt, daß am 2. 6. 1962 von der Wasserober-

fläche bis zu einer Tiefe von 10 m eine gleichmäßige Temperatur von nur 11° gemessen wurde, das Epilimnion war also kälter, hatte aber eine größere Wassermasse einbezogen als im Jahr 1963. Der Bereich des Metalimnions war im Juni 1963 recht mächtig und reichte bis zu einer Tiefe von 10–11 m. Tab. 21 gibt einen Überblick über die Temperaturabnahme in dieser Schicht, die in den einzelnen Vertikalprofilen unterschiedlich war. In 15 m wurden bereits Temperaturen zwischen rund $5,5^{\circ}$ und 6° erreicht. Der See war damit in das Stadium der Sommerstagnation mit direkter Temperaturschichtung eingetreten. Wie die Isothermenschnitte zeigen, hatte sich auch das Tiefenwasser seit dem Vormonat noch erwärmt, die Temperaturen lagen im Längs- und Querprofil über $4,1^{\circ}$, und die einzelnen Isothermen hatten sich nach unten hin verlagert.

In den folgenden vier Wochen erwärmte sich das Epilimnion sehr unwesentlich – im Durchschnitt um nur $0,5^{\circ}$, dafür wurde aber eine größere Wassermasse in die Erwärmung mit einbezogen, und die Sprungschicht begann am 1. 7. erst in 7 m. Zwischen 7 und 8 m nahmen die Wassertemperaturen maximal um $4,9^{\circ}$, zwischen 8 und 9 m um $4,2^{\circ}$ ab. Mit zunehmender Tiefe wurden diese Differenzen geringer, zwischen 13 und 14 m war die größte Differenz innerhalb eines Vertikalprofils nur noch $0,7^{\circ}$ (Tab. 21). Abb. 19 I. zeigt, daß sich die Lage der $4,5^{\circ}$ - und 5° -Isotherme weiter nach unten verlagert hat, es war also eine fortschreitende, wenn auch geringe Erwärmung des Hypolimnions eingetreten. Die Lufttemperatur lag an diesem Meßtag um 15° . Am 14. 7. 1962 hatte das Oberflächenwasser nur $16,5^{\circ}$. Das Seewasser war also im Vorjahr auch noch im Juli kälter, wenn auch der Temperaturunterschied nicht mehr so groß war, wie er im Juni beobachtet werden konnte. Diese unterschiedliche Erwärmung war eine Folge der Lufttemperaturen, die im Mittel in den Monaten April bis Juli im Jahr 1963 über denen des Jahres 1962 lagen.

Die Zeit der größten Erwärmung des Sees wurde mit den Messungen am 29. 7. 1963 erfaßt (Abb. 21). Am Meßtag lag das Maximum der Lufttemperatur in der Wetterhütte bei $21,5^{\circ}$. Die Oberflächentemperaturen des Seewassers waren bis zu $20,7^{\circ}$ angestiegen. Wie bei den letzten Messungen vier Wochen vorher, war das Epilimnion etwa gleichmäßig erwärmt, es reichte im allgemeinen bis zu 6 m, nur in den Vertikalprofilen Nr. 18 und 19, also über dem östlichen Teil des Seebeckens, begann das Metalimnion schon bei 5 m. Die Temperaturabnahme war in den einzelnen Vertikalprofilen recht unterschiedlich; wie aus Tab. 21 hervorgeht, war sie am größten in einer Tiefe zwischen 6 und 10 m. Nach den ersten sehr warmen Augusttagen erfolgte aber bereits wieder eine Wärmeabgabe des Epilimnions. Da der August eine um $1,7^{\circ}$ unter dem Mittel liegende Lufttemperatur von $14,7^{\circ}$ hatte, war das Oberflächenwasser des Sees bis zum 7. 9. auf $16,3^{\circ}$ – $16,7^{\circ}$ abgesunken. Das Maximum der Lufttemperatur erreichte an diesem Tag nur $14,5^{\circ}$. Der See hatte bis zu einer Tiefe von 9 m ein fast homothermes Epilimnion. Er befand sich also bereits im Stadium der

Sommerteilzirkulation, einer Zirkulation, die nur bis zur Sprungschicht reicht, die weiterhin eine Grenzschicht darstellt und infolge des Abkühlungsvorgangs des Oberflächenwassers allmählich tiefer verlegt wird. Sie setzte am 7. 9. zwischen 9 und 10 m mit einer Temperaturabnahme bis zu $3,7^{\circ}$ ein und hatte ihre stärkste Ausbildung bis zu 12 m, dann wurden die Temperaturdifferenzen der einzelnen Meterschichten wieder kleiner (Tab. 21). Wie die Isothermen Abb. 22 zeigen, hatte sich inzwischen das Hypolimnion noch weiter erwärmt, die $4,5^{\circ}$ -Isotherme erreichte teilweise sogar den Seeboden, lokal hatten sich dort aber auch noch etwas kältere Wassermassen von $4,2^{\circ}$ – $4,4^{\circ}$ erhalten können.

Der weitere Vorgang der Abkühlung konnte nicht durch detaillierte Messungen erfaßt werden, da das Meßgerät einen schwer auffindbaren Schaden erhalten hatte und daher verschiedene Male zur Durchsicht eingeschickt werden mußte, bis der Hersteller endlich merkte, daß nur ein einfacher Kabelschaden vorlag. Das mitgelieferte Kabel war zu dünn, und trotz unserer Bitten bei später noch öfter aufgetretenen Kabelrissen, uns an dem Temperaturfühler ein haltbareres anzubringen, war es nicht möglich, den Hersteller von dieser Notwendigkeit zu überzeugen. Daher wurden vom Herbst bis in den Winter hinein nur Einzelmessungen mit dem Kippthermometer durchgeführt. Am 23. 9. wurden bei Messungen im Längsprofil, die aber nur das Oberflächenwasser bis zu 4 m erfaßten, Temperaturen zwischen $16,3^{\circ}$ und $16,8^{\circ}$ angetroffen. Die Minima der Lufttemperaturen sanken in den folgenden Tagen schon bis zu 5° ab, und daher ging die Abkühlung rasch voran, so daß am 26. 9. an der Boje 1 bis zu 9 m eine homotherme Wassermasse von $16,1^{\circ}$ angetroffen wurde, in 10 m waren es $14,0^{\circ}$, in 11 m $12,1^{\circ}$, in 12 m $10,6^{\circ}$, in 13 m $7,4^{\circ}$ und in 14 m $7,0^{\circ}$. Die Tiefentemperaturen konnten an diesem Tag nicht mehr gemessen werden, da infolge sich verstärkenden Sturmes die Boje abriß und die Messungen abgebrochen werden mußten. Am 12. Oktober wurden an einem recht windstillen Tag beide Bojen neu gesetzt, die Boje 2 war schon im Juni wohl von Bootsfahrern abgekniffen worden. Inzwischen war das Oberflächenwasser über dem Seebecken an der Boje 2 auf $13,3^{\circ}$ abgekühlt, und die Sprungschicht hatte sich weiterhin nach der Tiefe verlagert. Sie begann mit einem Temperaturabfall in 12 bis 13 m von $12,6^{\circ}$ auf $11,8^{\circ}$, zwischen 13 und 14 m nahm die Temperatur um 4° und im folgenden Tiefenmeter um $1,6^{\circ}$ ab. Im ufernahen Bereich lagen die Wassertemperaturen an der Oberfläche schon niedriger, und zwar bei $12,8^{\circ}$, hier war die stärkste Abnahme zwischen 12 und 13 m mit $2,2^{\circ}$. Zur Zeit der Messung lag die Lufttemperatur bei 15° . Bei der nächsten Messung am 26. 10. wurden bei einer Lufttemperatur von 9° an der Boje 2 nur noch $11,8^{\circ}$ registriert und in den untersten Schichten des Epilimnions in 13 m noch $0,3^{\circ}$ weniger. Das Metalimnion zeigte zwischen 13 und 14 m eine Temperaturabnahme von $1,5^{\circ}$, zwischen 14 und 15 m betrug sie $2,8^{\circ}$, zwischen 15 und 16 m $1,2^{\circ}$ und zwischen 16 und 17 m $0,5^{\circ}$. Bis zum 2. 12. hatte sich das Epilimnion auf 7° abgekühlt und dabei eine

größere Wassermasse, nämlich bis zu 20 m, einbezogen. Die Temperaturgradienten im Metalimnion waren daher weiterhin niedriger geworden, zwischen 20 und 25 m betrug die Abnahme $0,8^{\circ}$ und zwischen 25 und 30 m $1,0^{\circ}$. Anfang Dezember setzte eine anhaltende Frostperiode ein. Die Maxima der Lufttemperatur reichten nur noch bis zu 2° über den Gefrierpunkt, und man mußte eine rasche Abkühlung des im Verhältnis warmen Seewassers erwarten. Daher wurde am 9. 12. an der Boje 1 bereits wieder eine Meßserie durchgeführt, die anzeigte, daß sich das gesamte 20 m mächtige Epilimnion in einer Woche um $0,7^{\circ}$ abgekühlt hatte und nun bis zu 25 m hinabreichte. Zwischen 25 und 30 m nahm die Temperatur um $0,7^{\circ}$ ab und in den folgenden Metern um $0,5^{\circ}$. Die Temperatur des Tiefenwassers betrug ab 45 m $4,65^{\circ}$. In der folgenden Woche erreichten selbst die Tagesmaxima der Lufttemperaturen nur noch zweimal den Gefrierpunkt. Am 14. wurde ein Minimum von -13° registriert. Dementsprechend war auch bis zum 16. 12. eine größere Wärmeabgabe des Sees erfolgt. Die Temperaturen konnten in 50 m und 150 m Entfernung vom Bootshaus, und zwar nur bis zu 5 m gemessen werden; aber sie zeigten gleichmäßig Werte von $4,85^{\circ}$ und $4,9^{\circ}$, am Südwestufer war in einer Bucht bereits eine dünne Eisdecke vorhanden. Der See war in das Stadium der zweiten Vollzirkulation des Jahres getreten, sie war im Hauptbecken am 16. 12. mit einer fast homothermen Wassermasse erreicht – die Tiefentemperaturen des Seewassers lagen, wie erwähnt, noch etwas niedriger –, während im Uferbereich bereits eine inverse Schichtung eingetreten war. Die Sprungschicht, die sich während des Abkühlungsvorgangs immer weiter in die Tiefe verlagert hatte, war nun durch die Angleichung der Temperaturen zwischen Epilimnion und Hypolimnion vollständig aufgelöst worden. Die Messungen am 9. 1. 1964 zeigten bereits wieder eine inverse Temperaturschichtung der Wassermasse. Bis zu 30 m hatte sich das Oberflächenwasser an der Boje 1 auf $3,6^{\circ}$ abgekühlt, und auch die Temperaturen des Tiefenwassers waren erniedrigt worden, sie betrugen an diesem Meßtag $4,25^{\circ}$. Über dem Beckentiefsten bei der Boje 2 lagen die Temperaturen bis zu 25 m noch um $0,2^{\circ}$ niedriger und am Seeboden allerdings noch $0,1^{\circ}$ höher als an der Boje 1.

3. Überblick über den Jahresgang und Vergleich mit den Meßergebnissen von Halbfaß und Thienemann

Abb. 24 gibt noch einmal einen zusammenfassenden Überblick über den Jahresgang der Wassertemperaturen in einer Isoplethendarstellung. Von Januar bis Anfang April 1963 war der See im winterlichen Stagnationsstadium. Die Wassermassen waren invers geschichtet, wobei sie allgemein stark abgekühlt waren, so daß auch das Tiefenwasser Temperaturen aufwies, die unter 4° lagen. Die Seeoberfläche war bis in den März hinein

eisbedeckt. Die Maximalabkühlung des Sees war den Messungen nach Ende Februar erreicht; aber möglicherweise hielt die Abkühlung auch noch bis Anfang März an, nämlich bis das Eis anfang aufzugehen. Um den 10. April herum herrschte im See völlige Homothermie bei Temperaturen von rund $3,5^{\circ}$. Die Erwärmung setzte dann schnell ein und erfaßte auch das Tiefenwasser, da das zunächst über $3,5^{\circ}$ erwärmte Wasser wegen seiner größeren Dichte sogleich von der Oberfläche zum Beckengrund hin absank; so war schon Anfang Mai das Tiefenwasser auf 4° erwärmt. Inzwischen bildete sich die Sprungschicht heraus und verstärkte sich mit zunehmender Erwärmung des Oberflächenwassers. Anfang Juli, zur Zeit großer Wärmeaufnahme in den oberen Wasserschichten, setzte im an sich wenig differenzierten Hypolimnion eine zeitweilig anhaltende Temperaturniedrigung ein, wobei die 5° -Isotherme wieder um 5 m aufstieg. Nur recht kurzzeitig konnte das Epilimnion Temperaturen von 20° oder wenig darüber annehmen, und zwar war das Ende Juli, dem Monat mit den höchsten Lufttemperaturen, der Fall, bis Anfang August ein beachtlicher Rückgang der Lufttemperaturen einsetzte, der auch die Wärmeabgabe des Epilimnions nach sich zog. Während des Abkühlungsvorgangs verlagerten sich die Isothermen zunächst weiter nach unten, bis die Wassermassen des Epilimnions ihre Temperatur erreicht hatten. Damit wurde die Sprungschicht tiefer gelegt unter gleichzeitigem Abbau. Das bedeutete einen Wärmegewinn in der Tiefe, während das Oberflächenwasser bereits einen Wärmeverlust zu verzeichnen hatte. In den in Abb. 24 dargestellten Gangflächen sind die Wassertemperaturen, gemessen an der Boje 1, aufgetragen, die von der Boje 2 unterscheiden sich nur darin, daß hier etwa über der Mitte des Seebeckens die Temperaturen des Tiefenwassers erst Anfang Dezember über $4,5^{\circ}$ und nur sehr kurzfristig anstiegen, während am Beckenrand doch schon ab Anfang September bis Mitte Dezember diese Temperaturen erreicht wurden. Während der herbstlichen Erwärmung des Tiefenwassers reichte die 5° -Isotherme schließlich bis zu einer Tiefe von 36 m. Die 6° -Isotherme, die den Sommer über ziemlich konstant zwischen 13 m und 14 m pendelte – übrigens zeigt auch sie und selbst noch die darüberliegende 8° -Isotherme die rückläufige Wärmeentwicklung des Hypolimnions Anfang Juli –, verlagerte sich bis zu einer Wassertiefe von 27 m um den 10. Dezember herum. Der Abkühlungsvorgang war im Dezember infolge der anhaltenden Frostperiode sehr schnell vorangegangen, und Mitte Dezember hatte der See wieder durch Homothermie – diesmal mit Temperaturen um $4,5^{\circ}$ – eine instabile Schichtung seiner Wassermassen, wodurch er also in das Stadium der Herbstvollzirkulation eingetreten war. Am 9. 1. 1964 waren die Temperaturen über dem Seebecken bis zu 25 m schon auf $3,4^{\circ}$ abgekühlt. Es hatte sich eine leicht inverse Temperaturschichtung ausgebildet, die sich im Laufe des Winters weiter verstärkte und damit zur Winterstagnation führte. Kurzzeitig kam es auch zweimal zur Bildung einer dünnen, geschlossenen Eisdecke. Damit waren die Temperaturbeobachtungen über ein volles

Kalenderjahr abgeschlossen, ihre Fortführung im Jahr 1964 soll aber auch noch detaillierte Angaben über den herbstlichen Abkühlungsvorgang erbringen und aufzeigen, wie repräsentativ überhaupt derartige Messungen von nur einem Jahr sind, eine Frage, die berechtigt ist, wenn man allein die wenigen angeführten Vergleichsmessungen aus dem Jahr 1962 heranzieht.

Im Monat Oktober besteht an sich eine gute Übereinstimmung der Temperaturen des Epilimnions zwischen den Messungen von HALBFASS (1896), THIENEMANN (1910) und den eigenen (1963). Die Oberflächentemperaturen zwischen 0 und 1 m betragen am

6. 10. 1896	13,4°
7. 10. 1896	13,2°
9. 10. 1896	13,7° – 13,4°
12. 10. 1963	13,3°
17. 10. 1910	13,4°
23. 10. 1910	12,25°
26. 10. 1963	11,8°

Aber das Einsetzen der Sprungschicht wurde am 7. und 9. 10. 1896 von HALBFASS zwischen 15 und 16 m, an einer anderen Stelle am 6. 10. allerdings um 1 m höher, angetroffen. THIENEMANN/VOIGT erfaßten ihren Beginn zwischen 13 und 14 m, obwohl die Meßtermine erst am 17. und 23. 10. lagen. In gleicher Tiefe lag sie bei den Messungen 1963, als der 1. Meßtermin zwischen denen von HALBFASS und THIENEMANN/VOIGT lag, und hatte sich auch bis zum 26. nur unwesentlich nach unten verlagert. Auch die Temperaturmessungen vom 16. 8. 1910 von THIENEMANN mit Oberflächentemperaturen von 18,1–18,8° im ersten Tiefenmeter sind ähnlich den Werten vom Jahr 1963, in dem am nächstgelegenen Meßtermin, dem 29. 7., 20,4° registriert wurden, da Anfang August schon die Wärmeabgabe einsetzte. Aber die Lage der Sprungschicht war doch recht unterschiedlich: sie begann 1963 zwischen 6 und 7 m, 1910 aber zwischen 9 und 10 m, eine Tiefe, die 1963 erst am 7. 9. erreicht wurde.

Weniger gut stimmen die Oberflächentemperaturen in der Erwärmungsperiode überein, wie auch beim Vergleich mit den Messungen von 1962 erwähnt wurde. THIENEMANN hatte am 27. 6. 1911 an der Oberfläche 15,5° gemessen, die Sprungschicht begann zwischen 8 und 9 m mit einem Temperaturabfall von 1,4°, der zwischen 9 und 10 m noch um 0,5° größer war. Während der eigenen Messungen waren die Wassermassen des Epilimnions stärker erwärmt, denn schon am 4. 6. wurden Oberflächentemperaturen von 17,0° angetroffen und am 1. 7. lagen sie um 17,5°. An diesem letztgenannten Tag lag die Sprungschicht über dem tiefsten Teil des Seebeckens aber höher als bei den Messungen im Jahr 1911, nämlich sie begann zwischen 6 und 7 m mit einem Temperaturabfall von 0,7°, im folgenden Tiefenmeter betrug er 4,0°. Das Epilimnion war also 1963 wärmer, aber es hatte dafür weniger Wassermassen einbeziehen können, wohl besonders infolge der sehr schnellen Erwärmung im Monat Mai.

II. Wärmehaushalt

Die Temperaturmessungen im Laacher See erlauben die Aufstellung der Wärmebilanz für das Jahr 1963; denn mit der unterschiedlichen Höhe der Temperaturen in den einzelnen Jahren ändern sich auch die Größen der Wärmebilanz. Zur Berechnung ist eine Isobathenkarte notwendig, aus der das Wasservolumen der einzelnen Tiefenstufen exakt berechnet werden kann. Zur Zeit liegt für den Laacher See die von HALBFASS entworfene Karte im Maßstab 1 : 25 000 vor. Er lotete den See 1896 aus, wobei er die Entfernung der einzelnen Lotpunkte durch Auszählen von Ruderschlägen bestimmte. Als Übersichtskarte gibt sie eine richtige Darstellung der geomorphologischen Gestalt des Seebeckens. Aber im einzelnen weist sie erhebliche Ungenauigkeiten auf, wie eigene, von Hand aus durchgeführte Lotungen entlang der gespannten Profilleine und an verhältnismäßig windstillen Tagen ergeben haben. Am auffälligsten ist die Tatsache, daß der Höhenrücken, der 500 m östlich des Bootshauses im Seebecken aufragt und auch den Fischern gut bekannt ist, von ihm nicht erlotet wurde. Bis zum Abschluß der hier vorgelegten Arbeit war es jedoch aus technischen Gründen nicht möglich, die geplante Neuauslotung mit einem Echographen durchzuführen. Um nun jedoch eine Größenordnung der Wärmebilanz des Sees im Jahr 1963 geben zu können, soll zunächst auf die Volumenberechnungen von HALBFASS zurückgegriffen werden, die für einen groben Überblick ausreichen.

Tab. 22 gibt die Mitteltemperaturen und den Wärmehalt des Sees an den einzelnen Meßtagen in Megakalorien an und die Wärmeänderung in $\text{gcal cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ zwischen diesen Terminen. Danach war am 9. 2. 1963 die geringste Wärmemenge im See enthalten. Eigenartigerweise stieg sie bei gleichbleibender Mitteltemperatur von $2,3^{\circ}$ bis zum 23. 2. um durchschnittlich $3,8 \text{ gcal cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ an, obwohl während dieser Zeit eine sich verdickende Eisdecke vorhanden war. Vergleicht man die Temperaturprofile vom 23. 2. und 9. 2. an der Boje 2 miteinander, so muß man feststellen, daß die oberen Wassermassen zwischen $0,05$ und $0,15^{\circ}$ zum 23. 2. wärmer geworden waren, ab 35 m abwärts aber zwischen $0,1^{\circ}$ und $0,2^{\circ}$ kälter, die Temperaturen bei 50 m stimmen überein. Die tieferen Wasserschichten haben also Wärme an die oberen abgegeben. Dennoch wäre zu erwarten, daß der Gesamtwärmehalt sich nicht erhöhen kann. Da diese Erhöhung nur sehr minimal ist, kann wohl mit einer Wärmeabgabe des Seebodens selbst gerechnet werden, der sich sicher den Temperaturen des Tiefenwassers anpaßt und im Winter bei sinkenden Wassertemperaturen auch Wärme abgibt. Dieser Wärmegewinn ist so gering, daß er durch die im Winter bei offener Wasserfläche stattfindende Wärmeabgabe überkompensiert wird. Nach dem Eisaufbruch begann eine rasche Wärmeaufnahme im See. Im April waren es durchschnittlich $215,7 \text{ gcal cm}^{-2}\text{d}^{-1}$, und im Mai wurde mit $226,2 \text{ gcal cm}^{-2}\text{d}^{-1}$ der größte Wärmegewinn des gesamten

Jahres erreicht. Im Juni ging er auf 86,4 und im Juli sogar auf 31,8 gcal cm⁻²d⁻¹ zurück. Damit war die Zeit der größten Erwärmung des Epilimnions erreicht, und die Oberflächentemperaturen des Sees nahmen wieder ab. Dennoch konnte zwischen dem 29. 7. und 7. 9. noch ein Wärmegewinn von 4 165 000 Megakalorien, das sind pro Tag 3,15 gcal cm⁻², errechnet werden, was darauf zurückzuführen ist, daß sich zwar die Temperaturen im Epilimnion erniedrigten, aber die des Meta- und Hypolimnions anstiegen. Die Mitteltemperatur des Sees hatte sich gegenüber dem vorangegangenen Meßtermin nicht geändert, sie wies ebenfalls das Jahresmaximum von 8,5° auf. Bis zum 12. 10. gab der See durchschnittlich zunächst nur 61,8 gcal cm⁻²d⁻¹ an die Luft ab; aber in der anschließenden Zeit bis zum 9. 12. waren es dann 117,0 gcal cm⁻²d⁻¹. Der stärkste Abkühlungsvorgang war, wie bereits erwähnt, im Dezember zu verzeichnen. In der Zeit bis zum 9. 1. 1964 wurden pro Tag 235,7 gcal cm⁻² abgegeben. Die Messungen am 23. 2. 1964 schließen die Beobachtungen mit einem vergleichbaren Tag des Vorjahres ab. Während 1963 an diesem Tag der See einen Wärmeinhalt von 252 032 000 Megakalorien hatte, waren es 1964 nur 247 414 000 Megakalorien, auf die Flächeneinheit bezogen also 139,9 cal cm⁻² weniger. Der Grund muß darin gesehen werden, daß der See im Winter 1964 nur für wenige Tage völlig eisbedeckt war und daß er daher, den Lufttemperaturen entsprechend, laufend Wärme abgeben konnte. Das bedeutet also, daß eine Eisdecke als Wärmeschutz für den Gesamtwärmeinhalt des Sees anzusehen ist. Vom 9. 2. bis zum 7. 9. 1963 war die Zeit der Wärmeaufnahme, es wurden 20 091,9 cal cm⁻³ aufgenommen. In der anschließenden Zeit bis zum 23. 2. 1964 hatte der See 20 178,5 cal cm⁻² abgegeben. Wenn man das Gesamtwärmeeinkommen des Jahres in das des Winters, welches zur Erwärmung der Wassermassen auf 4° notwendig ist, und in das des Sommers, d. h. vom Wärmeinhalt bei 4° bis zum Sommermaximum, aufteilt, erhält man die folgenden Größen für 1963:

Wärmeeinkommen des Winters: 5 447 cal cm⁻²

Wärmeeinkommen des Sommers: 14 645 cal cm⁻²

III. Zusammenfassung

Die wenigen möglichen Temperaturvergleiche, die zwischen den Messungen von HALBFASS (1896), THIENEMANN (1910/11) und den eigenen (1962/63) angeführt wurden, zeigen, daß sich die thermischen Verhältnisse des Laacher Sees in den Einzeljahren in Abhängigkeit von den Lufttemperaturen ändern. Doch der Grundcharakter seines thermodynamischen Verhaltens bleibt in allen Jahren erhalten: der See befindet sich zweimal im Jahr – zu Anfang des Frühjahrs und Ende des Herbstes – in Vollzirkulation und weist im Sommer mit direkter Temperaturverteilung und im Winter mit inverser jeweils Zeiten stabiler Schichtung auf. Daher kann man

ihn mit FOREL zu den temperierten Seen zählen oder mit HUTCHINSON und LÖFFLER zum dimiktischen Seetyp - und zwar dabei zu einem See „1. Klasse“, da die Tiefentemperaturen während des ganzen Jahres nur wenig um 4° schwanken. Den beiden Vollzirkulationen kommt eine besondere Bedeutung zu. In diesen Zeiten der Homothermie wird die gesamte Wassermasse des Sees durcheinander gemischt, und damit erfolgt gleichzeitig Sauerstoffzufuhr in den Tiefwasserbereich. Ich erwähne hier in diesem Zusammenhang diese Sauerstoffzufuhr besonders, weil man keinesfalls als Sauerstofflieferanten für einen See große Grundwasserströme anzunehmen braucht, was KURZMANN (1964) infolge des sehr beachtlichen Sauerstoffgehalts selbst des Hypolimnions tat. Man darf dabei nicht vergessen, daß der Laacher See oligotroph und damit arm an pflanzlichem und tierischem Leben ist. Diese Tatsache kommt auch darin zum Ausdruck, daß durch das Finanzamt Mayen im Jahr 1937 nur ein geringer Eigenwert für den Laacher See festgesetzt wurde (nach KRÜMMEL).

Wärmehaushaltsmäßig betrachtet, gehört der Laacher See zu den verhältnismäßig kalten Seen; denn nach R. KELLER liegen die Wärmebudgets in den mittleren Breitenlagen allgemein zwischen 30 000 und 40 000 cal cm⁻² für Seen mit Tiefentemperaturen von etwa 4°C, wovon 20 000 – 30 000 cal cm⁻² nach der Frühjahrszirkulation vereinnahmt werden. Im Laacher See betrug die Wärmeeinnahme 1963 im Winter 5447 cal cm⁻² und im Sommer 14 645 cal cm⁻². Er hatte also ein Gesamtwärmeeinkommen von 20 092 cal cm⁻², und zeigte diesbezüglich dieselbe Eigenschaft, wie die bisher daraufhin untersuchten anderen Eifelmaare. Die Wärmeabgabe im darauffolgenden Herbst und Winter betrug 20 179 cal cm⁻², die Wärmebilanz war dementsprechend in dem untersuchten Einzeljahr nicht ausgeglichen.

Summary

The lake Laach region is situated in the eastern part of the left bank section of the Middle Rhine Highlands. The object of this monograph is the presentation of a comparative climatological and hydrological account of two maare (volcanogenous basins) of this region, the basins of Laach and Wehr. Whereas in the former the bottom of the basin is occupied by Lake Laach and is only drained by an artificial drainage tunnel there is in case of the latter natural drainage and thus the possibility of agricultural usage. The surface of Lake Laach which is on average at 275 m above sea level is at about the same altitude as the bottom of the Wehr basin which at its meteorological station lies at 300 m.

The differences of temperatures between these two basins are unexpectedly high. The average temperature in 1963 was at Wehr $9,6^{\circ}\text{C}$, $3,2^{\circ}\text{C}$ higher than that at Lake Laach. The average minimum temperature in the same year was at Wehr $7,1^{\circ}\text{C}$, $4,4^{\circ}\text{C}$ higher than at Lake Laach; this is explained by accumulation of cold air through air drainage in the Laach basin. However, the difference between average maximum temperatures in the same year amounted to only $2,2^{\circ}\text{C}$ — the annual value of station Laach being $10,0^{\circ}\text{C}$; this demonstrates the influence of the lake.

The main part of the monograph deals with the water regime of the catchment area of Lake Laach. The individual values have been calculated on the basis of measurements during the decade 1954—1963. In this period precipitation at Maria Laach was on average 87 mm below the thirty year mean value which for the series 1930 to 1959 amounted to 653 mm. Of this precipitation within the catchment area 22% was drained away via the tunnel and the remaining 78% were used up by evaporation. In order to check the correctness of the calculated evaporation value the share of evaporation of the lake was separated from that of the surrounding land surface. This was done by calculating the potential evaporation according to the evapotranspiration formulae of THORNTHWAITTE, HAUDE, ALBRECHT and LEEPER and by comparison with evaporation values of other areas. The conclusion was reached that the surface of Lake Laach which amounts to 27% of the total catchment area accounts for 33—36% of the total amount of evaporation. The individual calculated values of the water regime equation seem accordingly to correspond to the actual conditions so that it may be stated that Lake Laach is fed exclusively by precipitation both directly and indirectly via groundwater supplies from the catchment area. Precipitation supplies sufficient water to cover on average losses through evaporation and drain-

nage. There is no need to assume as is frequently done that linked with the issues of carbon dioxide there is also supplementary water supply from primary volcanic wells.

In the last section the results of a one year series of measuring its water temperatures are communicated. The temperature regime of Lake Laach as calculated on that basis shows that it is very similar to those Eifel maare which have been investigated in that respect and that like these it belong to the relatively cold lakes of the mid latitudes.

Literaturverzeichnis

- AHRENS, W.: Die Entstehung des Laacher Sees und die Ausbruchsstelle der weißen Bimssteine des Neuwieder Beckens. Jb. d. Preuß. Geol. L. A., Bd. 49, Berlin 1928.
- Übersicht über die geologischen Verhältnisse des Laacher Seegebietes. Verh. Nat. Hist. V. d. preuß. Rheinl. u. Westf., Jg. 85, Bonn 1928.
 - Die Verbreitung des mittelhheinischen alluvialen Bimssteins und daraus folgende Rückschlüsse auf den Eruptionsmechanismus. Zbl. f. Min. etc., Jg. 1929.
 - Phonolithische Tuffschlote im Laacher-See-Gebiet. Jb. d. Preuß. Geol. L. A., Bd. 50, Berlin 1929.
 - Das Tertiär im nördlichen Laacher-See-Gebiet. Jb. d. Preuß. Geol. L. A., Bd. 50, Berlin 1929.
 - Geologische Skizze des Vulkangebietes des Laacher Sees. Jb. d. Preuß. Geol. L. A., Bd. 51, Berlin 1930.
 - Neuwieder Becken und Vulkanwelt des Laacher Sees. Z. d. Dt. Geol. Ges., Bd. 82, H. 9, 1930.
 - Geologisches Wanderbuch durch das Vulkangebiet des Laacher Sees in der Eifel. Stuttgart 1930.
 - Altersfolge und Kennzeichnung der verschiedenen Trachyttuffe des Laacher-See-Gebietes. N. Jb. f. Min. etc., Beil. Bd. 64, Abt. A (Brauns-Festband), 1931.
 - Die Basaltvulkane des südöstlichen Laacher-See-Gebietes und ihre Lavaströme. Jb. d. Preuß. Geol. L. A., Bd. 53, Berlin 1932.
 - siehe Bülow, K.
 - Der Laacher See. Rhein. Heimatpflege, Bd. 7, 1935.
 - Geologische Karte und Erläuterung zu Blatt Burgbrohl. Berlin 1936.
 - Zur Entstehung des Laacher Sees. Jb. d. Preuß. Geol. L. A., 1937 u. Geol. Rdsch. Bd. 24, 1933.
 - Hydrogeologische Grundlagen der Wasserversorgung im linksrheinischen Schiefergebirge und seiner Umrandung. Hydrogeol. Forsch., Bd. 1, Berlin 1944, Abh. d. Reichsamts f. Bodenforsch., N. F. H. 209, S. 103.
 - Laacher-See-Gebiet. Exkursionsführer z. 40. Jahrestagung d. Geol. Ver., Bonn 1950
- ANGELBIS, Gust.: Über die Entstehung des Neuwieder Beckens. Jb. d. Preuß. Geol. L. A. f. 1882, Berlin 1883.
- ANTONIK, B. und BRANICKI, O.: Ergebnisse 50jähriger Beobachtungen mit dem Wild'schen Evaporimeter in Potsdam. Ber. d. Dt. Wetterdienstes i. d. US-Zone, Nr. 42 (Knoch-Heft), Bad Kissingen 1952, S. 73—77.
- AUFSESS: Die physikalischen Eigenschaften der Seen. Braunschweig 1905.
- BAIER, W.: Neue Ergebnisse von vergleichenden Verdunstungsmessungen im Freiland. Dt. Ber. z. Int. Hydr. Tagung i. Rom 1954, S. 130—145, Bonn 1956.
- BECKER, K.: Der Wehrer Kessel. Eifeljahrbuch 1958.
- BÖER, W.: Über den Einfluß des Lokalklimas auf die Mitteltemperatur. I. Vergleich der Temperaturen in Kaltennordheim und Kalteneber. (Kessellage und Hochflächenlage). Ber. d. Dt. Wetterdienstes i. d. US-Zone, Nr. 42 (Knoch-Heft), Bad Kissingen 1952, S. 217—220.
- BOGOMOLOV: Grundlagen der Hydrogeologie. Berlin 1958.

BRANICKI, O.: siehe Antonik, B.

- BRAUNS, R.: Neue Beobachtungen über die Ausbruchstellen der Bimssteine und die Beschaffenheit des tieferen Untergrundes im Laacher Seegebiet. Sitzb. d. Niederrhein. Ges. f. Nat.- u. Heilkunde z. Bonn, Nat. Abt., 1909.
- Über Laacher Trachyt und Sanidinit. Sitzb. d. Niederrhein. Ges. f. Nat.- u. Heilkunde z. Bonn, Nat. Abt., 1911.
- Der Laacher Trachyt und seine Beziehung zu anderen Gesteinen des Laacher-See-Gebietes. N. Jb. f. Min. etc., Beil. Bd. 41, 1916.
- Die phonolithischen Gesteine des Laacher-See-Gebietes und ihre Beziehung zu anderen Gesteinen dieses Gebiets. N. Jb. f. Min. etc., Beil. Bd. 46, 1921.
- Die Entstehung des Laacher Sees. Rhein. Heimatblätter H. 5, (Am Laacher See), Bonn 1922.
- Die Bedeutung des Laacher Sees in mineralogischer und geologischer Hinsicht. Natur u. Heimat, Nr. 1 — Die Laacher Landsch., Bonn 1926, S. 15-41.
- Die Entstehung des Laacher Sees und die Ausbruchstellen der weißen Bimssteine und des Traß. Zbl. f. Min. etc., Jg. 1929, Abt. B, Nr. 12, S. 593—601.
- Auswürflinge aus dem Laacher-See-Gebiet und ihre wissenschaftliche Bedeutung. Kohlen säurequellen aus diesem Gebiet. Steinbruch u. Sandgrube, Nr. 11, Halle 1930.
- BREHM: Einführung in die Limnologie. Berlin 1930.
- BRINKMANN, R.: Abriss der Geologie, 2. Bde. Stuttgart 1954.
- BROCKAMP, B. und WERMER, M.: Verdunstungsmessungen auf dem Steiner Meer bei Münster i. Westf. Dt. Gewässerkd. Mitt., 1953, H. 6, S. 149—154.
- v. BÜLOW, K. u. AHRENS, W.: Das Alter des Laacher Bimssteinausbruches. Z. d. Dt. Geol. Ges., Bd. 86, Jg. 1934, H. 2.
- CLOOS: Hebung-Spalten-Vulkanismus. Geol. Rdsch., Bd. 30, 1939, S. 405—525.
- CZEPA, O. u. SCHELLENBERGER, G.: Über den Wärmehaushalt des Breiten Lucin- und Haussees bei Feldberg. Acta Hydrophysica, Bd. III, H. 4, 1956, S. 161—180.
- DAMMAN, W.: Zur Frage der Auswertung von Schreiberregmessern. Z. f. Angew. Met., Jg. 55, 1938, S. 162—167.
- v. DECHEN, H.: Geognostischer Führer zu dem Laacher See und seiner vulkanischen Umgebung. Bonn, 1864.
- DORN, P.: Geologie von Mitteleuropa. 2. Aufl., Stuttgart 1960.
- v. DRESSEL, S. J.: Geologisch-geognostische Skizzen der Laacher Vulkangegend. Münster 1871.
- ECKEL, O.: Beitrag zum Studium des Wärmeumsatzes in Seen. Arch. Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Bd. 9, H. 1, Wien 1956.
- ELSTER, J. H. u. SCHMOLINSKY, F.: Morphometrie, Klimatologie und Hydrographie der Seen des südlichen Schwarzwaldes. Archiv f. Hydrobiologie, Suppl.-Bd. 20, H. 2 und 3. Stuttgart 1952 und 1953, S. 157—211 und 375—441.
- ERBE, J.: Untersuchungen zur Bestimmung des Wasservorratsänderungsgliedes in der Wasserbilanzgleichung durch Messungen des Grundfeuchte- und Grundwasserganges. Bes. Mitt. z. Dt. Gewässerkd. Jb., Nr. 21, Koblenz 1957.
- ESKUCHE, U.: Untersuchungen des Bodenwasserhaushalts von Pflanzengesellschaften. Dt. Gewässerkd. Mitt., Sonderheft 1963, S. 17—20.
- FIRBAS, F.: Das absolute Alter der jüngsten vulkanischen Eruptionen im Bereich des Laacher Sees. Die Natwis., Jg. 40, H 2, 1953, S. 54.
- FISCHER, K.: Niederschlag, Abfluß und Verdunstung des Weserquellgebiets. Jb. f. d. Gewässerkd. Norddtschl. Bes. Mitt. Bd. 4, Nr. 3, Berlin 1925.
- FISCHER, K.: Niederschlag, Abfluß und Verdunstung im Weser und Allergebiet. Jb. f. d. Gewässerkd. Norddtschl., Bes. Mitt. Bd. 7, Nr. 2, Berlin 1932.

- FLOHN, H.: Witterung und Klima in Mitteleuropa. Forsch. Dt. Landeskd., Bd. 78, 2. Aufl., Stuttgart 1954.
- FOLLMANN, O.: Die Eifel. Forsch. Dt. Landes- u. Volksk., Bd. 8, H. 3, Stuttgart 1894.
- FOREL, F. A.: Handbuch der Seenkunde. Stuttgart 1901.
- FOSTER, E. E.: Rainfall and Runoff. New York 1948.
- FRIEDRICH, W.: Die Messung der Verdunstung vom Mittellandkanal bei Sehnde in den Jahren 1925—1927. Jb. f. d. Gewässerkd. Norddtschl., Bes. Mitt. Nr. 1, 1930.
- Über die Verdunstung vom Erdboden. GWF 1950, H. 24.
 - Zur Berechnung der Gebietsniederschläge von Flußgebieten. Bes. Mitt. z. Dt. Gewässerkd. Jb. Nr. 4, Bielefeld 1952, S. 56—71.
 - Ergebnisse und Erfahrungen bei Lysimeterbeobachtungen in Deutschland. Bes. Mitt. z. Dt. Gewässerkd. Jb., Nr. 12, S. 79—84, Koblenz 1955.
- FRECHEN, J.: Bericht über die Exkursion bei der Tagung der „Mineralogischen Vereinigung“ in Bonn August/September 1947. Fortschritte der Mineralogie 1947. Bd. 26, S. 135—146.
- FRECHEN, J. u. STRAKA, H.: Die pollenanalytische Datierung der letzten vulkanischen Tätigkeit im Gebiet der Eifelmaare. Natwis., Jg. 37, H. 8, 1950.
- FRECHEN, J.: Die Herkunft der spätglazialen Bimstoffe in mittel- und süddeutschen Mooren. Geol. Jb., Bd. 67, 1952, S. 209—230.
- Vulkane der Westeifel. In: Hopmann-Frechen-Knetsch: Die vulkanische Eifel. Bonn 1959.
 - Führer zu vulkanologisch-petrographischen Exkursionen im Siebengebirge am Rhein, Laacher Vulkangebiet und Maargebiet der Westeifel. Bonn 1962.
- GEIGER, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Die Wissenschaft, Bd. 78, hrsg. v. Westphal, W., 4. Aufl., Braunschweig 1961.
- HAEFKE, F.: Physische Geographie Deutschlands. Berlin 1959.
- HAHN, A.: Wahrscheinlichkeitstheoretische Bestimmung und Erörterung der Abflußkurve. Bes. Mitt. z. Dt. Gewässerkd. Jb., Nr. 3, Bielefeld 1951.
- Statistische Verfahren der Gewässerkunde. Bes. Mitt. z. Dt. Gewässerkd. Jb., Nr. 8, Koblenz 1953.
- HALBFASS: Die noch mit Wasser gefüllten Maare der Eifel. Verh. Nat. Hist. V. Rheinl. u. Westf., Jg. 53, S. 310—335, Bonn 1896 und P. M., Jg. 43, 1897, S. 149—153.
- HASTENRATH, S.: Ergebnisse von Temperaturmessungen im Gmünder Maar/Eifel. Geofisica Pura e Applicata Vol. 52 (1962/II), S. 231—234.
- HAUDE, W.: Verdunstungsmenge und Evaporationskraft eines Klimas. Ber. d. Dt. Wetterdienstes i. d. US-Zone, Nr. 42 (Knoch-Heft), Bad Kissingen 1952, S. 225—229.
- Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration. Mitt. d. Dt. Wetterdienstes Nr. 8 (Bd. 1) Bad Kissingen 1954.
 - Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise. Mitt. d. Dt. Wetterdienstes Nr. 1, Bd. 2, Bad Kissingen 1955.
- HEYER, E.: Witterung und Klima. Leipzig 1963.
- HOPMANN, P. M.: Der Laacher See und sein Vulkangebiet. Wittlich 1931.
- Die wissenschaftliche Erforschung des Laacher Vulkangebietes. Geol. Jb., Bd. 69, 1954.
 - Vulkane des Laacher-See-Gebietes. In: Hopmann-Frechen-Knetsch: Die vulkanische Eifel. Bonn 1959.

- HORST, H.: Die physikalische Bedeutung der Koeffizienten der Fischer'schen Wasserhaushaltsgleichungen. Bes. Mitt. z. Dt. Gewässerkd. Jb., Nr. 12, Koblenz 1955, S. 55—68.
- HUTCHINSON, G. E.: A Treatise on Limnology. Vol. I; New York — London 1957.
- KALWEIT, H.: Der Wasserhaushalt. 2 Bde., Berlin 1953.
- KELLER, H.: Niederschlag, Abfluß und Verdunstung in Mitteleuropa. Jb. f. d. Gewässerkd. Norddtschl., Bes. Mitt., Bd. 1, Nr. 4, Berlin 1906.
- KELLER, R.: Zum Wasserverbrauch von Vegetation und Wirtschaft. Erdkd., Bd. II, 1948, S. 93—100.
- Natur und Wirtschaft im Wasserhaushalt der rheinischen Landschaften und Flußgebiete. Forsch. Dt. Landes., Bd. 57, Remagen 1951.
 - Wald- und Wasserhaushalt. Erdkd., Bd. VII, 1953, S. 52—57.
 - Gewässer und Wasserhaushalt des Festlandes. Leipzig 1962.
- KERN, H.: Ergebnisse von Schneeverdunstungsmessungen. Bes. Mitt. z. Dt. Gewässerkd. Jb., Nr. 12, Koblenz 1955, S. 69—72.
- KIRWALD, E.: Über Wasser und Wasserhaushalt im Ruhrgebiet. Essen 1955.
- KNETSCH, GEORG: Kohlenäure, Vulkane, Erzlagerstätten des Rheinischen Gebirges. Geol. Rdsch., Bd. 30, 1939, S. 777—789.
- KNOCH, K.: Zur Methodik klimatologischer Forschung. Tät. Ber. Pr. Met. Inst. 1924, S. 49—59.
- Die Normalperiode 1901—1930. Met. Rdsch. 1947, H. 1/2, S. 10—23.
- KOEHNE, W.: Grundwasserkunde. 2. Aufl., Stuttgart 1948.
- KRAUS, H.: Untersuchungen und Entwicklungsarbeiten mit Thermistoren. Wiss. Mitt. d. Met. Inst. d. Univ., Nr. 3, München 1956.
- KRÜMMEL, P. BEDA: Die Gutswirtschaft der Abtei Maria Laach. Andernach 1948.
- KUPRIANOW, B. B.: Über experimentelle Untersuchungen der Elemente des Wasserhaushaltes in der UdSSR. Z. f. Met., Jg. 12, H. 1/2, Berlin 1958, S. 42—46.
- KURZMANN, G. E.: Limnologische Voruntersuchungen zur Erstellung eines Seepumpwerkes in Maria Laach. wasser, luft und betrieb, 1964, 8. Jg. H. 2, S. 76—82.
- LOUIS, H.: Über die älteste Formenentwicklung im Rheinischen Schiefergebirge. Münchner Geogr. Hefte, Nr. 2, 1953.
- MACHATSCHKE: Physiogeographie des Süßwassers. Berlin u. Leipzig 1919.
- MARTIUS, S.: Beiträge zu den Fragen nach der Ursprungsstelle der weißen Bimssteintuffe, dem Ursprungsort und der Entstehungsweise des Trasses. Verh. Nat. Hist. V. Rheinl. Westf., Jg. 68, Bonn 1912, S. 381—472.
- MAURER, J.: Die Verdunstung auf den Seen am Nordfuß der Alpen während der großen Hitze- und Dürrezeit 1911. Met. Z., Bd. 28, 1911, S. 545—555.
- MEINZER, O. E.: Hydrology. Physics of the earth IX, New York 1942.
- MEISENBURG, U.: siehe Schmidt-Ries, H.
- MICHELS, F. X.: Die Herkunft der basaltischen Auswürflinge im weißen Bims des Niedermendiger Grubenfeldes. Z. d. Dt. Geol. Ges., Bd. 103, Hannover 1952.
- MÖLLER, L.: Hydrographische Arbeiten am Sacrower See bei Potsdam. Z. Ges. Erdk., Berlin 1928, Sonderband 1828—1928, S. 535—551.
- Stechlin-See und Sacrower See. Archiv f. Hydrobiol., Bd. 29, H. 1, Stuttgart 1936.
- MOORE, W. H.: siehe Mortimer, C. H.
- MORTIMER, C. H.: A review of temperature measurement in limnology. Mitt. d. Int. Ver. f. theor. und angew. Limnologie. Nr. 1, Stuttgart 1953.
- and MOORE, W. A.: The use of thermistors for the measurement of lake temperatures. Mitt. d. Int. Ver. f. theor. u. angew. Limnologie, Nr. 2, Stuttgart 1953.

- MÜCKENHAUSEN, E.: Die stratigraphische Gliederung des Löß-Komplexes von Kärlich im Neuwieder Becken. Fortschr. Geol. Rheinl.-Westf., 4, 1959, S. 238—300.
- MÜLLNER, J.: Der jährliche Gang der Wasserwärme in den obersten 50 Metern des Achensees. Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Bd. 39, H. 3/4, Leipzig 1939.
- NATERMANN, E.: Der Wasserhaushalt des oberen Emsgebietes nach dem Au-Linien-Verfahren. hrsg. v. Ministerium f. Ernähr., Landwi. u. Forsten d. Landes Nordrh.-Westf., Düsseldorf 1958.
- NEUMANN, J.: On the annual variation of evaporation from lakes in the middle latitude. Verh. d. Int. Ver. f. theor. u. angew. Limnologie, Bd. 12, Stuttgart 1955, S. 106—107.
- NEUMANN, K. L.: Fragen zum Problem der Großfaltung im Rheinischen Schiefergebirge. Z. Ges. E. Berlin, 1935, S. 321—353.
- NÖGGERATH, J.: Die Entstehung und Ausbildung der Erde, gesammelte, populäre Flugblätter. Stuttgart 1847.
- v. OEYNHAUSEN, C.: Erläuterungen zu der Geognostisch-geographischen Karte der Umgebung des Laacher See. Berlin 1847.
- PHILIPPS, A.: Der Laacher See. Natur u. Heimat, Nr. 1 — Die Laacher Landschaft, Bonn 1926, S. 1—14.
- PRESS, H.: Wasserhaushalt. In: Taschenbuch d. Wasserwirtschaft, hrsg. v. Press. H. 2. Aufl. Hamburg 1960, S. 187—204.
- RAHM, G.: Naturkundliche Wanderungen am Eifelmaar. Aus Natur u. Kultur der Eifel, Heft 2, Bonn 1921.
- RAUFF, H.: Das Vulkangebiet des Laacher Sees. Z. d. Dt. Geol. Ges., 58, 1906, S. 255—277.
- REICHEL, E.: Entwurf von Verdunstungskarten, erläutert am Beispiel der Iberischen Halbinsel. Ber. d. Dt. Wetterdienstes i. d. US-Zone, Nr. 42 (Knoch-Heft), Bad Kissingen 1952, S. 234—238.
- RUTTNER, F.: Grundriß der Limnologie. 3. Aufl., Berlin 1962.
- SCHAFFERNAK, F.: Hydrographie. Wien, 1935.
- SCELLENBERGER, G.: siehe Czepa, O.
- SCHMIDT, W.: Über den Energiegehalt der Seen. Int. Revue d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr., Leipzig 1913, Hydrogr. Suppl. z. Bd. 6, H. 1, S. 1—25.
— Über die Temperatur- und Stabilitätsverhältnisse von Seen. Geogr. Ann., Bd. 10, 1928, S. 145—177.
- SCHMIDT-RIES, H.: Beiträge zur Physiographie der Eifelmaare. Gewässer und Abwasser, 1954/55, H. 9/10, S. 7—112.
— Untersuchungen über den Gashaushalt der Eifelmaare. Gewässer und Abwasser, H. 13, 1956, S. 41—47.
— Untersuchungen über den Wärmehaushalt der Eifelmaare. Gewässer und Abwasser, H. 22, 1958, S. 14—26, H. 24, 1959, S. 74—98, H. 26, 1959.
- SCHMOLINSKY, F.: Untersuchungen über die Verdunstung des Schluchsees. Arch. f. Hydrobiol., Suppl. Bd. 20, Bd. 1, H. 1, Stuttgart 1951, S. 118—143.
— siehe Elster, H. J.
- SCHROEDER, G.: Die Korrelationsrechnung und ihre Anwendung in der Wasserwirtschaft. Hrsg. v. d. Bundesanstalt f. Gewässerkd., Bielefeld 1950.
— Landwirtschaftlicher Wasserbau. 3. Aufl., Berlin 1958.
- SCHWARZMANN, H.: Ergebnisse und Erfahrungen an einer Lysimeteranlage in Karlsruhe. Bes. Mitt. z. Dt. Gewässerkd. Jb., Nr. 12, Koblenz 1955, S. 79—84.
- STEINHÄUSER, F.: Ein Beitrag zur Anwendung der beschreibenden Statistik in der Klimatologie. Met. Z., Bd. 52, 1935, S. 206—213.

- STEINHÄUSSER, H.: Verdunstung, Sättigungsdefizit und Niederschlag. Met. Rdsch., Jg. 3, H. 9/10, 1950, S. 206.
- STRAKA, H.: Zur spätquartären Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. Arb. z. Rhein. Landeskunde, Bonn 1952.
- Pollenanalytische Datierung zum Alter des Maarvulkanismus der Eifel. Etrait de „inqua“, IV.e Congrès International — Roma-Pisa, 1953.
 - siehe Frechen, J.
 - und DE VRIES, L.: Eine Radiocarbon-Datierung zum Alter der Eifelmaare. Die Nat.wiss., Jg. 43, H. 1, 1956.
 - 2 C¹⁴-Bestimmungen zum Alter der Eifelmaare. Natwiss. Rdsch., Jg. 10, H. 3, 1957, S. 109—110.
- STRECK, O.: Wasserwirtschaft und Gewässerkunde. Berlin — Göttingen — Heidelberg, 1953.
- SZESZTAY, K.: Water balance survey of lakes and river basin in Hungary. Publication No. 51 de l'Association internationale d'hydrologie scientifique, Gentbrugge 1960, S. 579—593.
- THIENEMANN, A.: Physikalische und chemische Untersuchungen in den Maaren der Eifel. Verh. Nat. Hist. V. Rheinl.-Westf., Jg. 70, 1913 (1914), S. 250—302, Jg. 71, 1914 (1915) S. 273—389.
- Die Binnengewässer Mitteleuropas. Die Binnengewässer, Bd. I, Stuttgart 1925.
 - Die Bedeutung des Laacher Sees für die Tierkunde und Seenkunde. Natur u. Heimat Nr. 1 — Die Laacher Landschaft, Bonn 1926, S. 42—49.
 - Binnenseen in Natur und Kultur. Berlin — Göttingen — Heidelberg 1955.
- THORNTHWAITTE, C. W.: An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev. Bd. 38, 1948, S. 55—94.
- TILMANN, N.: Die Vulkane der Eifel und die Notwendigkeit ihres Schutzes. Eifel-festschrift 1913.
- TRAUTMANN, E.: Stark- und Dauerregen in Nordbayern. Mitt. d. Dt. Wetterdienstes Bd. 4, Nr. 26, Offenbach 1961.
- TROLL, C.: Das Wasser als pflanzengeographischer Faktor. In: Handbuch der Pflanzenphysiologie, hrsg. von W. Ruhland, Bd. 3, Pflanze und Wasser, Berlin — Göttingen — Heidelberg 1956, S. 750—786.
- UHLIG, S.: Berechnung der Verdunstung aus klimatologischen Daten. Mitt. des Dt. Wetterdienstes, Nr. 6 (Bd. 1) Bad Kissingen, 1954.
- Berechnung monatlicher Mittelwerte der Gebietsverdunstung nach einer Methode von Kalweit. Mitt. d. Dt. Wetterdienstes Nr. 15 (Bd. 3), Bad Kissingen 1956.
 - Wasserhaushaltsbetrachtungen nach Thornthwaite. Z. f. Acker- und Pflanzenbau, Bd. 109, H. 4, 1959, S. 384—407.
- ULE, W.: Physiographie des Süßwassers. Leipzig und Wien, 1925.
- VOLKER, A.: Bilan d'eau du Lac Ijssel. Association Internationale d'Hydrologie Scientifique; Assemblée générale d'Oslo, Bd. 1, 1948, S. 220—326.
- VÖLZING, K.: Der Traß des Brohltales. Jb. d. Preuß. Geol. L. A., Berlin 1907.
- DE VRIES, L.: siehe Straka, H.
- WECHMANN, A.: Die Auswertung gewässerkundlicher Meßergebnisse, Berlin 1952.
- Eigenschaften des Wassers. Klima und Wetter. Gelände und Boden. Gewässer. In: Taschenbuch der Wasserwirtschaft, hrsg. v. Press, H., 2. Aufl., Hamburg 1960, S. 30—80.
- WEGELER, J.: Das Kloster Maria Laach, Geschichte u. Urkunden-Buch. Bonn 1854.
- WERMER, H.: siehe BROCKAMP, B.
- WILHELM, F.: Vorläufiger Bericht über die Temperatur- und Sauerstoffaufnahme im Schliersee 1956. Gewässer und Abwässer, 1958, H. 19, S. 40—65.

- WUNDT, W.: Gewässerkunde. Berlin — Göttingen — Heidelberg 1953.
- ZORELL, F.: Beiträge zur Kenntnis der oberbayrischen Osterseen. Mitt. Geogr. Ges. in München, Bd. 32—33, 1939—41, S. 19.
- Die wichtigsten Regeln für Abflußmessungen mit dem Flügel.* Hrsg. v. d. Generaldirektion Schifffahrt. Forschungsanstalt für Schifffahrt-, Gewässer- und Bodenkunde in Berlin, Berlin 1948.
- Richtlinien für Abflußmessungen.* Hrsg. v. d. Gewässerkundlichen Anstalten des Bundes und der Länder. Koblenz 1958.
- DIN 4049, Blatt 1, Gewässerkunde.* Fachausdrücke und Begriffserklärungen. Teil 1 quantitativ. Berlin 1954.
- Ergänzungsheft zum Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch für das Land Rheinland-Pfalz.* Abflußjahr 1954. Mainz 1956.
- Deutsche Meteorologische Jahrbücher.*
- Die Großwetterlagen Mitteleuropas — Monatsberichte.*
- Monatsschnellberichte* des Deutschen Wetterdienstes für Rheinland-Pfalz und Saarland.
- Klimakunde des Deutschen Reiches, Bd. II.* Bearbeitet v. Reichsamt f. Wetterdienst. Berlin 1939.
- Anleitung für die Beobachter an den Wetterbeobachtungsstellen des Deutschen Wetterdienstes.* Bad Kissingen 1951.
- Topographische Karte 1 : 25 000*
 Blatt 5509 Burgbrohl
 Blatt 5510 Neuwied
 Blatt 5609 Mayen
 Blatt 5610 Bassenheim
- Topographische Karte 1 : 50 000*
 Blatt L 5508 Ahrweiler
 Blatt L 5708 Mayen
- Topographische Karte 1 : 100 000*
 Blatt 482 Mayen
- Geologische Karte 1 : 25 000*
 Blatt 5509 Burgbrohl
 Blatt 5510 Neuwied
 Blatt 5609 Mayen
 Blatt 5610 Bassenheim

Tabellenanhang

Tab. 1: Monats-, Jahres- und Halbjahreswerte der Lufttemperatur [°C] an den Stationen Laacher See u. Wehr

	a.) Mitteltemperaturen an den Stationen Laacher See und Wehr						b.) Temperaturabweichungen vom langjährigen Mittel an der Station Laacher See	
	Laacher See		Wehr					
	1962	1963	1959	1960	1962	1963	1962	1963
N		3,1		5,5		5,4		-1,1
D		-1,7		4,8		1,2		-1,9
J		-6,1		2,5		-3,6		-5,6
F		-4,8		3,6		-1,9		-4,7
M		3,5		7,1		6,5		-0,3
A	6,6	7,1	11,3	10,0	8,0	10,8	-1,3	-0,8
M	9,2	9,3	13,3	14,2	12,2	13,2	-2,9	-2,8
J	13,9	14,2	17,5	17,5	17,1	17,9	-1,3	-1,0
J	14,7	16,4	21,4	16,7	17,2	19,8	-2,2	-0,5
A	15,7	14,7	18,7	17,4	18,4	18,2	-0,7	-1,7
S	12,9	13,3	16,6	14,3	15,1	15,9	-0,6	-0,2
O	9,6	7,6	12,0	11,4	11,8	11,3	+0,9	-1,1
Jahr	—	6,4	—	10,4	—	9,6	—	-1,8
Winter	—	0,2	—	5,6	—	3,1	—	-2,4
Sommer	12,7	12,6	16,6	15,3	15,3	16,1	-1,1	-1,2

Tab. 2: Häufigkeitsverteilung der Tagesmitteltemperaturen [$^{\circ}$ C] in den Jahren und Halbjahren an den Stationen Wehr und Laacher See.

	—15,1 bis —20,0	—10,1 bis —15,0	—5,1 bis —10,0	—0,1 bis —5,0	0,0 bis 5,0	5,1 bis 10,0	10,1 bis 15,0	15,1 bis 20,0	20,1 bis 25,0	25,1 bis 30,0
a.) Wehr										
Jahre										
1960		1	3	13	63	93	82	96	15	
1963			20	41	50	53	83	89	26	3
Winterhalbjahre										
1960		1	3	13	63	78	22	2		
1963			20	41	50	40	29	1		
Sommerhalbjahre										
1959						12	50	78	41	3
1960						15	60	94	15	
1962						21	69	68	26	
1963						13	54	88	26	3
b.) Laacher See										
Jahr										
1963	1	8	27	44	60	83	89	48	5	
Winterhalbjahr										
1963	1	8	27	44	53	45	3			
Sommerhalbjahre										
1962					2	48	78	54	2	
1963					7	38	86	48	5	

Tab. 3: Monats-, Jahres- und Halbjahresmittel der Maximumtemperaturen [°C] an den Stationen Steinbergerhof, Wehr und Laacher See.

	1959		1960		1961	1962			1963		
	Sth.	Wehr	Sth.	Wehr	Sth.	Sth.	Wehr	Laach	Sth.	Wehr	Laach
N			5,3	7,3	8,3	6,2			4,3	7,0	5,4
D			3,9	6,3	2,1	3,5			1,0	3,8	1,7
J			2,1	4,5	1,5	3,5			-5,5	-2,0	-3,6
F			2,2	4,6	7,6	2,7			-3,1	0,6	-2,0
M			8,2	10,3	10,1	1,6			5,9	8,4	6,9
A			11,6	13,8	12,8	10,4	13,2	10,5	11,9	14,1	11,4
M	16,5	18,4	16,4	19,0	13,0	12,3	14,9	13,2	13,7	16,1	12,8
J	20,0	22,1	19,8	21,8	18,6	17,9	20,9	18,2	18,1	21,2	18,1
J	24,4	27,2	17,4	20,1	17,8	17,5	20,0	18,2	20,9	23,0	21,0
A	21,4	23,5	18,9	21,6	18,1	19,2	21,9	19,8	19,1	21,4	19,0
S	20,5	22,7	16,2	18,5	21,1	16,2	18,7	17,0	17,0	19,0	16,4
O	15,4	17,3	11,2	13,6	14,3	13,9	15,9	14,1	12,3	14,0	12,0
Jahr	—	—	11,1	13,5	12,1	10,4	—	—	9,7	12,2	10,0
Winter	—	—	5,6	7,8	7,1	4,7	—	—	2,4	5,3	3,3
Somm. 19,7	21,9		16,7	19,1	17,2	16,2	18,7	16,8	16,9	19,1	16,6

Tab. 4: Häufigkeitsverteilung der Tagesmaximumtemperaturen [°C] der Jahre und Halbjahre an den Stationen Steinbergerhof, Wehr und Laacher See.

		—15,1 bis —20,0	—10,1 bis —15,0	—5,1 bis —10,0	—0,1 bis —5,0	0,0 bis 5,0	5,1 bis 10,0	10,1 bis 15,0	15,1 bis 20,0	20,1 bis 25,0	25,1 bis 30,0	30,1 bis 35,0	35,1 bis 40,0
Jahre													
Steinbergerhof													
1960				4	14	66	81	78	87	32	4		
1961					16	53	76	97	84	22	17		
1962				3	28	71	83	70	73	32	5		
1963	1	3		21	33	60	55	75	80	31	6		
Wehr													
1960				2	6	46	84	70	81	65	11	1	
1963				7	33	58	39	74	81	64	8	1	
Laacher See													
1963				17	41	62	48	83	79	29	6		
Winter													
Steinbergerhof													
1960				4	14	65	67	26	5	1			
1961					16	53	57	46	9				
1962				3	28	69	64	8	7	2			
1963	1	3		21	33	59	38	22	4				
Wehr													
1960				2	6	46	78	37	10	3			
1963				7	33	58	36	34	13				
Laacher See													
1963				17	41	58	35	27	3				

Tabelle 4, Fortsetzung

	—15,1 bis —20,0	—10,1 bis —15,0	—5,1 bis —10,0	—0,1 bis —5,0	0,0 bis 5,0	5,1 bis 10,0	10,1 bis 15,0	15,1 bis 20,0	20,1 bis 25,0	25,1 bis 30,0	30,1 bis 35,0	35,1 bis 40,0
Sommer												
Steinbergerhof												
1959					2	7	25	69	58	20	3	
1960					1	14	52	82	31	4		
1961						19	51	75	22	17		
1962					2	19	62	66	30	5		
1963					1	17	53	76	31	6		
Wehr												
1959						4	16	50	67	42	4	1
1960						6	33	71	62	11	1	
1962						8	52	57	49	18		
1963						3	40	68	64	8	1	
Laacher See												
1962						17	62	64	34	7		
1963					4	13	56	76	29	6		

Tab. 5: Monatliche Extremtemperaturen [°C] an den Stationen Laacher See, Wehr und Steinbergerhof.

a.) Maxima										b.) Minima											
Laacher See		Wehr				Steinbergerhof				Laacher See		Wehr				Steinbergerhof					
1962	1963	1959	1960	1962	1963	1959	1960	1961	1962	1963	1962	1963	1959	1960	1962	1963	1959	1960	1962	1963	
N	14,0		12,5		16,0		12,0	12,0	9,0	13,5		-4,0		-2,0		-0,5		-7,0		-6,5	
D	9,5		11,0		11,5		8,5	9,0	13,0	9,0		-13,0		-2,0		-8,0		-5,0		-16,5	
J	2,0		13,0		4,0		11,0	8,0	9,0	1,0		-21,0		-13,0		-12,0		-16,0		-24,0	
F	2,5		16,5		5,0		14,5	14,5	7,0	2,0		-19,5		-6,0		-10,0		-11,5		-18,0	
M	14,0		16,5		14,5		14,5	18,5	10,0	12,5		-14,0		-2,0		-4,0		-6,5		-9,5	
A	22,0	18,5	24,0	23,0	24,0	20,0	21,5	20,0	21,0	17,5	-2,0	-4,0	-0,5	2,5	2,5	1,5		-2,5	-2,0	-2,5	
M	23,5	21,5	25,5	25,0	25,5	24,5	24,0	22,5	20,0	22,5	-0,0	-0,5	3,0	1,5	3,0	5,0		-2,0	-3,5	-2,5	-0,5
J	26,5	23,0	29,0	30,5	29,5	25,0	27,0	27,0	27,0	25,5	22,5	3,0	3,5	7,5	8,0	7,0	11,5	4,5	1,0	0,0	5,5
J	27,5	27,5	36,0	25,5	29,0	29,5	32,0	22,5	30,0	27,5	27,0	7,0	8,0	12,0	7,0	10,0	11,5	6,0	0,0	4,5	6,9
A	26,0	29,0	29,0	27,5	30,0	31,5	27,0	25,0	29,0	26,5	28,5	7,0	6,0	8,5	10,0	11,0	11,5	5,5	5,0	3,5	4,0
S	29,5	24,0	31,0	23,0	31,5	24,5	28,0	21,5	28,0	28,0	25,0	5,5	4,0	6,0	3,5	7,0	9,0	0,5	-5,0	2,0	3,0
O	24,0	19,5	23,0	19,5	25,5	22,0	21,0	17,5	20,5	23,5	5,81	0,0	-2,5	3,0	3,0	4,0	4,0	-2,5	-5,5	-2,0	-1,0

Tab. 6: Monats-, Jahres- und Halbjahresmittel der Minimumtemperaturen [°C] an den Stationen Steinbergerhof, Wehr und Laacher See.

	1959		1960		1962			1963		
	Sth.	Wehr	Sth.	Wehr	Sth.	Wehr	Laach	Sth.	Wehr	Laach
N			1,5	3,8				-0,8	4,3	0,9
D			0,2	3,5				-4,5	-0,1	-3,5
J			-3,8	0,4				-10,7	-5,2	-8,9
F			-4,0	0,1				-9,5	-4,0	-8,7
M			0,7	4,5				-1,4	3,0	-1,7
A		6,8	1,7	6,1	2,6	7,5	3,0	3,7	7,8	2,7
M	7,4	9,3	5,0	9,9	4,4	9,6	5,6	5,4	9,2	4,4
J	10,2	12,4	7,2	12,9	7,4	13,1	8,9	9,9	14,7	9,9
J	12,7	15,8	6,9	12,6	8,7	13,7	10,7	10,8	15,9	11,1
A	12,6	14,4	8,6	14,3	10,8	14,9	11,5	10,2	15,6	10,9
S	7,7	10,9	6,2	11,8	6,5	12,0	9,1	9,6	13,7	9,4
O	4,0	8,4	2,3	8,9	4,8	9,9	6,9	4,7	9,7	5,2
Jahr			2,7	7,4				2,3	7,1	2,7
Winter			-0,6	3,1				-3,9	1,0	-3,2
Sommer	9,1	11,9	6,0	11,7	7,1	12,2	8,8	8,4	13,1	8,5

Tab. 7: Häufigkeitsverteilung der Tagesminimumtemperaturen [°C] der Jahre und Halbjahre an den Stationen Wehr, Laacher See und Steinbergerhof.

	—20,1 bis —25,0	—15,1 bis —20,0	—10,1 bis —15,0	—5,1 bis —10,0	—0,1 bis —5,0	0,0 bis 5,0	5,1 bis 10,0	10,1 bis 15,0	15,1 bis 20,0	20,1 bis 25,0
Jahre										
Steinbergerhof										
1960		2	8	14	62	173	85	22		
1963	2	17	13	39	43	97	95	54	5	
Wehr										
1960			3	12	12	108	101	109	20	1
1963			6	22	49	66	73	99	48	2
Laacher See										
1963	1	8	24	29	48	95	99	60	1	
Winter										
Steinbergerhof										
1960		2	8	13	54	102	3			
1963	2	17	13	39	40	58	12			
Wehr										
1960			3	12	12	98	54	3		
1963			6	22	49	60	36	8		
Laacher See										
1963	1	8	24	29	42	63	14			
Sommer										
Steinbergerhof										
1959					4	44	54	70	11	1
1960				1	8	71	82	22		
1962					7	59	73	42	3	
1963					3	39	83	54	5	
Wehr										
1959						6	63	80	34	1
1960						10	47	106	20	1
1962						4	58	84	36	2
1963						6	37	91	48	2
Laacher See										
1962					1	32	90	57	4	
1963					6	32	85	60	1	

Tab. 8: Zahl der Frost-, Eis- und Sommertage an den Stationen Wehr, Steinbergerhof, Laacher See und langjährige Mittelwerte an der Station Maria Laach—Kloster (1928/1953).

	Zahl der Frosttage										Zahl der Eistage						Zahl der Sommertage							
	N	D	J	F	M	A	M	S	O	J	N	D	J	F	M	J	A	M	J	J	A	S	O	J
1959																								
Wehr					1	0	0	0									3	8	22	13	7	0		53
Steinbergerhof						1	0	3									0	3	16	9	4	0		32
1960																								
Wehr	3	2	10	8	2	0	0	0	0	25	0	0	8	0	0	8	2	9	2	4	0	0		17
Steinbergerhof	6	13	20	20	13	5	3	2	4	86	3	3	9	3	0	18	0	5	0	1	0	0		6
1961																								
Steinbergerhof											0	9	7	0	0	16	0	3	4	3	9	0		19
1962																								
Wehr						0	0	0	0								1	7	4	6	2	1		21
Steinbergerhof					25	4	2	0	5		0	9	5	6	11	31	0	1	3	1	1	0		6
Laacher See					4	1	0	0									0	3	3	1	1	0		8
1963																								
Wehr	2	16	29	25	5	0	0	0	0	77	0	7	22	11	0	40	0	3	6	6	0	0		15
Steinbergerhof	19	22	30	28	9	3	1	0	2	114	2	9	27	20	0	58	0	0	4	3	1	0		8
Laacher See	10	22	29	28	9	6	4	0	2	110	2	10	26	20	0	58	0	0	4	4	0	0		8
Kloster Laach																								
1928/53	5,5	15,6	16,4	15,2	11,4	1,6	0,2	0	1,2	67,1	0,8	9,0	10,2	6,5	1,1	27,6	0,1	1,7	4,3	7,2	5,6	1,5	0	20,4

Tab. 9: Eintrittszeiten des ersten und letzten Frostes der Jahre an den Stationen Steinbergerhof, Wehr und Laacher See.

Frostperiode:	1959	1960	1962	1963	1964
Steinbergerhof	— 5. 5.	26. 10.—4. 5.	— 2. 5.	16. 10.— 3. 5.	23. 10.
Wehr	—21. 4.	24. 11.—8. 3.	—20. 3.	22. 11.—23. 3.	10. 12.
Laacher See			— 1. 5.	1. 11.— 7. 5.	29. 10.

Tab. 10: Mittlere und extreme Niederschlagssummen der Monate, Halbjahre und Jahre an den Stationen Wassenach und Maria Laach—Kloster. (Werte in mm).

Mittlere Niederschlagssummen															
	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Jahr	Wint.	Somm.
Wassenach (278 m NN)															
1891—1930	42	48	41	38	39	43	47	62	76	53	51	53	593	251	342
1930—1959 (ohne 1945/46)	49	44	51	44	38	51	55	73	65	62	48	42	621	277	345
Maria Laach (293 m NN)															
1930—1959 (ohne 1945/46)	52	47	51	46	40	54	54	74	65	66	50	49	648	290	358
1930—1959	54	48	50	48	39	54	56	75	65	66	51	48	653	292	360
1922—1959	54	46	48	48	38	54	56	70	65	65	50	53	646	287	360
Größte Niederschlagssummen															
Wassenach															
1891—1930	137	109	90	98	81	93	118	178	168	142	136	123	844		
1930—1959 (ohne 45/46)	129	94	120	120	97	142	148	132	130	174	84	158	802	443	418
Maria Laach															
1930—1959 (ohne 45/46)	124	96	100	116	94	138	126	135	134	173	101	160	807	452	497
Kleinste Niederschlagssummen															
Wassenach															
1891—1930	3	9	7	4	4	0	6	14	7	14	5	0	295		
1930—1959 (ohne 45/46)	4	7	14	4	9	11	19	13	11	4	9	8	441	107	205
Maria Laach															
1930—1959 (ohne 45/46)	4	10	12	6	9	10	16	11	9	5	9	7	435	117	173

Tab. 11: Niederschlagssummen [mm] der Monate, Halbjahre und Jahre an den Stationen Maria Laach, Steinbergerhof, Wassenach und Wehr.
 Maria Laach (315 m NN)

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Jahr	Winter	Sommer
1954	4,0	38,3	61,1	20,5	22,4	46,2	38,0	63,1	61,9	94,2	76,0	52,8	578,5	192,5	386,0
1955	28,3	92,3	52,9	69,0	36,9	11,0	60,8	96,5	47,3	45,5	36,7	23,4	600,6	290,4	310,2
1956	25,8	52,3	36,3	18,6	38,3	57,3	39,2	102,7	73,2	58,5	84,9	56,5	643,6	228,6	415,0
1957	27,7	31,3	36,3	77,9	39,9	16,1	36,6	83,2	71,8	53,5	86,9	17,8	579,0	229,2	349,8
1958	34,5	25,3	46,7	76,1	33,4	31,9	124,9	46,6	55,9	106,7	30,7	81,4	694,1	247,9	446,2
1959	46,1	50,2	45,8	9,0	42,0	44,1	65,8	39,8	24,4	41,7	6,7	25,8	441,4	237,2	204,2
1960	25,4	46,4	41,2	29,1	17,6	55,3	39,7	28,0	49,2	113,1	43,1	66,4	554,5	215,0	339,5
1961	40,7	63,9	74,9	30,8	21,0	44,1	50,7	97,3	50,8	25,8	39,9	51,0	590,9	275,4	315,5
1962	51,2	54,5	42,2	49,2	43,3	46,8	34,0	8,8	58,8	45,0	38,5	12,8	485,1	287,2	197,9
1963	40,5	78,6	19,9	14,8	25,1	23,8	55,0	54,2	45,4	59,5	36,5	46,0	499,3	202,7	296,6
1954/ 1963	32,4	53,3	45,7	39,5	32,0	37,7	54,5	62,0	53,9	64,4	48,0	43,4	566,7	240,6	326,1
D1	-20	5	-5	-6	-8	-16	1	-12	-11	-2	-2	-6	-81	-49	-32

Steinbergerhof (465 m NN)

1958								55,6	52,4	125,7	27,3	89,6			
1959	54,4	59,1	53,3	5,9	40,1	64,3	68,2	78,5	24,2	59,3	11,7	37,7	556,7	277,1	279,6
1960	35,6	58,6	46,5	27,7	19,8	63,3	48,8	40,1	70,0	107,2	49,1	68,7	635,4	251,5	383,9
1961	46,3	79,2	48,2	37,5	44,4	44,1	54,4	101,5	76,1	31,0	47,3	65,5	675,5	299,7	375,8
1962	68,5	65,3	58,3	84,3	69,2	66,5	41,2	17,0	60,5	50,0	60,3	9,6	650,7	412,1	238,6
1963	56,0	145,4	26,3	15,7	35,6	28,0	55,6	65,5	64,6	53,6	31,3	49,0	626,6	307,0	319,6

Tabelle 11, Fortsetzung
Wassenach (305 m NN)

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Jahr	Winter	Sommer
1954	4	33	62	18	20	39	45	69	60	91	49	50	540	176	364
1955	25	80	58	59	35	11	47	104	57	51	40	24	591	268	323
1956	27	51	59	19	46	76	48	92	58	49	84	53	662	278	384
1957	36	40	31	76	44	17	52	82	76	46	83	17	600	244	356
1958	44	24	43	64	20	36	130,5	43,7	34,9	91,8	27,0	68,0	626,9	231,0	395,9
1959	52,5	50,5	39,1	3,5	40,6	52,5	82,6	22,5	31,2	38,3	10,0	24,3	437,8	238,7	199,1
1960	35,9	47,6	44,2	31,1	19,2	54,0	54,9	28,0	47,5	111,2	44,1	78,0	595,7	232,0	363,7
1961	35,5	64,7	77,6	31,9	20,8	45,1	51,7	116,8	60,0	26,6	40,1	55,6	626,4	275,6	350,8
1962	58,1	56,1	49,2	71,2	58,5	43,5	47,5	13,6	51,3	47,7	38,6	15,3	550,6	336,6	214,0
1963	42,5	62,6	24,1	20,7	28,8	23,9	64,3	51,6	32,3	76,8	70,8	47,5	545,9	202,6	343,3
1954/ 1963	36,1	51,0	48,7	39,4	33,3	39,8	62,4	62,3	50,8	62,9	48,7	43,3	577,6	248,3	329,4
D1	-13	7	-2	-5	-5	-11	7	11	-14	1	1	1	-43	-29	-16
D2	-6	3	8	1	-6	-3	15	0	-25	10	-2	-10	-15	-3	-13

Wehr (300 m NN)

1958								58,0	38,9	100,6	24,6	77,9			
1959	45,4	59,8	45,6	5,7	33,7	51,0	60,3	38,0	22,0	42,4	8,1	43,4	455,4	241,2	214,2
1960	32,5	52,2	54,3	31,5	17,1	52,9	45,0	40,7	65,9	111,6	38,6	73,0	615,3	240,5	374,8
1962						57,9	35,4	13,7	52,5	49,9	36,8	11,9			200,2
1963	39,3	80,9	18,9	13,4	32,7	23,3	49,6	61,5	56,3	46,3	28,0	46,8	497,0	208,5	288,5

Tab. 12: Niederschlagsmessungen [mm] der Ergänzungsstationen.

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Jahr	Winter	Sommer
Glees (264 m NN)															
1959				3,8	32,6	46,6	65,6	26,7	24,0	41,8	5,5	31,8			195,4
1960	30,8	43,6	46,1	28,6	15,5	61,9	42,8	28,7	47,5	104,2	37,0	72,2	558,9	226,5	332,4
1961	27,2	79,1	73,4	34,0	28,5	40,0	48,5	90,5	58,5	24,7	35,0	41,7	581,1	282,2	298,9
1962	44,3	44,5	38,6	67,9	62,4	38,2	38,1	11,9	43,7	44,0	32,3	10,6	476,5	295,9	180,6
1963	44,9	78,4	24,2	20,7	22,7	25,6	51,6	51,0	53,0	47,8	51,8	42,7	514,4	216,5	297,9
Brenk (355 m NN)															
1958								46,0	52,8	114,7	24,6	85,8			
1959	51,5	59,6	60,4	6,3	38,7	58,2	74,4	90,7	16,1	70,2	9,9	45,0	581,0	274,7	306,3
1960						55,6	60,6	58,4	61,9	108,0	48,7	76,1			413,7
1961	47,1	76,5	(90,1)	47,4	45,0	42,3			73,0	46,9	51,4	56,6			
1962	53,9	63,6	53,8	92,3	63,5	69,6	46,8	38,9	65,8	55,8	42,7	12,1	658,8	396,7	262,1
1963	50,5	109,9	37,2	19,9	34,7	27,6	61,6	68,1	41,5	46,2	30,6	48,4	576,2	279,8	296,4
Niederzissen (209 m NN)															
1958									26,5	86,9	25,7	80,6			
1959	52,2	56,1	38,4	6,5	47,1	58,1	61,5	72,0	23,3	29,4	7,0	34,3	485,4	258,4	227,5
1960	36,5	56,0	45,5	29,0	8,0	54,8	54,0	61,4	76,6	82,8	43,5	61,0	609,1	229,8	379,3
1961	50,6	49,8	82,5	35,5											
1962									58,7	52,8	29,4	9,8			
1963	34,1		34,9	18,7	32,9	25,5	68,7	80,4	38,7	39,0	31,4	34,0			292,2
Galenberg (340 m NN)															
1960	35,4	53,1	46,4	26,0	14,1	48,2	54,5	56,7	74,7	118,0	44,0	73,8	644,9	223,2	421,7
1961	32,9	64,5	111,3	42,2	20,6										

Tab. 13: Anzahl der Tage mit Niederschlag in den einzelnen Monaten des Jahres 1963.

	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O
Wassenach	22	16	12	11	17	15	20	18	11	17	10	22
Maria Laach	20	16	11	8	18	14	18	15	7	15	11	13
Wehr	21	15	10	13	20	17	18	19				13
Steinbergerhof			20	12	17	17	21	19	13	20	15	20
Glees	15	19	11	8	16	12	17	19	7	16	12	10
Brenk	20	15	12	13	16	13	19	18	9	17	12	12
Niederzissen			(11)	12	16	14	(12)	13	8	15	11	11

Tab. 14: Anzahl der Tage mit Niederschlag und Einteilung der Niederschläge in Klassen.

		Jahr	Summe	0,1—1,0	1,1—10,0	>10,1 mm						
		Jahr	Summe	0,1—1,0	1,1—10,0	>10,1 mm	Jahr	Summe	0,1—1,0	1,1—10,0	>10,1 mm	
Maria Laach	1963	176	81	83	12		Wassenach	1962	196	82	107	7
Glees	1963	162	64	87	11			1961	226	96	118	12
Brenk	1963	176	67	95	14			1960	227	92	130	5
Wassenach	1963	191	91	91	9			1959	178	93	77	8

Tab. 15: Extreme Tagesniederschläge [mm].

Datum	M. Laach	Was.	Sth.	Wehr	Brenk	N.zis.	Glees	Wehr-Süd
12. 10. 58	21,5	21,3	14,9	14,8	13,3	16,3		
17. 10. 58	28,5	15,4	29,6	28,4	28,2	12,8		
17. 4. 59	22,5	31,1	31,7	28,2	27,1		30,0	
1. 5. 59	32,3	36,3	27,6	19,8	23,8		14,5	
23. 6. 59	0,6	0,3	44,1	17,0	53,4	55,0	6,0	
31. 10. 59	16,7	17,5	24,7	34,6	32,1	18,0	26,5	
2./3. 6. 61	60,3	71,3	51,2				55,7	
13. 2. 62	26,4	38,4			40,5		30,6	
4. 7. 63	24,6	17,1	23,3		17,6	8,6	33,0	29,3
7. 8. 63	25,1	38,4	8,3		5,6	3,4	13,0	12,4
6. 10. 63	10,9	10,2	14,3	12,3	13,1	(1,5)	11,2	12,0
7./8. 10. 63	26,8	26,0	25,9	26,5	27,1	26,9	25,4	27,4
11. 8. 58	3,1	0,2	0,1	.	.	.		
12. 8.	20,3	14,7	15,6	16,9	13,5	17,5		
13. 8.	11,2	7,6	6,3	7,4	6,0	2,0		
14. 8.	3,0	3,1	6,6	4,0	4,1	8,0		
15. 8.	18,7	13,2	13,4	14,0	11,5	3,6		
16. 8.	4,6	.	17,7	8,5	12,6	5,0		
17. 8.	0,6	10,5	0,8	4,7	1,0	2,0		
18. 8.	0,1		

Tab. 16: Verdunstungsgrößen an den Stationen Laacher See und Wehr.

a.) Verdunstungshöhen der Monate, Jahre und Halbjahre an der Station Laacher See (Werte in mm).

		N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Jahr	Winter	Sommer
Thornthwaite	(Mittel)	16,2	0,7	0	0	19,6	45,8	81,8	104,1	114,4	103,2	72,6	40,4	598,8	82,3	516,5
Thornthwaite	(1963)	13,5	0	0	0	20,4	45,2	66,5	100,6	116,5	96,4	74,2	38,2	571,5	79,1	492,4
Haude	(1963)	14,8	12,4	6,3	1,2	36,7	49,3	60,3	76,0	107,5	75,4	36,3	25,0	501,2	120,7	380,5
Albrecht	(1963)	11,8	12,7	8,5	12,3	27,1	24,0	34,7	54,1	68,8	39,1	25,4	17,9	336,4	96,4	240,0
Leeper	(1963)	21,9	9,7	0,1	2,9	23,0	34,0	41,5	61,2	71,5	63,5	57,3	35,6	422,2	91,6	330,6

b.) Prozentuale Verteilung der Jahresverdunstungshöhen auf die Monate und Halbjahre an der Station Laacher See

Thornthwaite	(Mittel)	2,6	0,1	0	0	3,3	7,6	13,7	17,4	19,1	17,2	12,1	6,7	99,8	13,6	86,2
Thornthwaite	(1963)	2,1	0	0	0	3,6	7,9	11,6	18,6	20,4	16,9	13,0	6,7	100,8	13,6	87,2
Haude	(1963)	2,9	2,8	1,3	0,2	7,3	10,0	12,0	15,2	21,4	15,0	7,2	5,0	100,3	26,2	74,1
Albrecht	(1963)	3,5	3,8	2,5	3,7	8,1	7,1	10,3	16,1	20,5	11,6	7,6	5,3	100,1	28,7	71,4
Leeper	(1963)	5,2	2,3	0,0	0,7	5,5	8,1	9,8	14,5	16,9	15,0	13,6	8,4	100,0	21,8	78,2

c.) Verdunstungshöhen der Monate, Jahre und Halbjahre an der Station Wehr (Werte in mm).

Thornthwaite	1960	17,3	13,6	6,9	10,9	30,7	50,6	87,5	111,4	108,2	102,2	69,9	47,5	656,7	130,0	526,7
	1963	16,7	2,8	0	0	29,6	55,2	79,8	115,6	131,5	107,5	78,4	46,0	663,1	104,3	558,8
Albrecht	1959						35,9	43,2	64,4	100,4	61,1	76,5	48,3			393,9
	1960	12,9	10,5	10,8	15,5	23,7	35,1	49,8	62,0	58,5	51,4	35,0	24,8	390,0	108,5	281,5
	1962						29,4	43,7	72,0	62,8	75,8	49,2	32,4			335,9
	1963	15,0	18,1	8,7	13,1	34,5	46,3	59,8	75,8	91,0	82,3	47,4	33,0	525,0	135,7	389,3

Tab. 17: Prozentuale Verteilung der Verdunstungshöhen der Sommerhalbjahre auf die Monate.

	M	J	J	A	S	O		M	J	J	A	S	O
a.) Station Laacher See							b.) Station Wehr						
Thornthwaite							Albrecht						
(langj.)	15,8	20,2	22,1	20,0	14,1	7,8	1959	11,0	16,3	25,5	15,5	19,4	12,3
Thornthwaite							1960	17,7	22,0	20,8	18,3	12,4	8,8
1963	13,5	20,4	23,6	19,6	15,1	7,8	1962	13,0	21,4	18,7	22,6	14,6	9,6
Leeper							1963	15,4	19,5	23,4	21,1	12,2	8,5
1963	12,6	18,5	21,6	19,2	17,3	10,8	Thornthwaite						
Haude							1960	16,6	21,2	20,5	19,4	13,3	9,0
1963	15,9	19,9	28,3	19,8	9,5	6,6	1963	14,3	20,7	23,5	19,2	14,0	8,2
Albrecht							Wildsche Waage						
1963	14,5	22,5	28,7	16,3	10,6	7,5	1959	14,0	19,3	25,5	14,5	15,8	10,9
1962	13,5	22,4	18,7	20,8	14,7	9,9	1960	18,7	20,8	20,3	16,7	11,8	11,4
Wildsche Waage							1963	17,6	19,1	21,8	17,3	13,3	11,4
1959	15,9	18,1	25,7	15,2	14,3	10,8	c.) Station Steinbergerhof						
1962	17,9	28,8	14,6	19,9	12,1	6,8	Wildsche Waage						
1963	18,7	22,6	29,4	14,9	9,8	4,9	1963	17,1	17,3	22,5	20,9	12,1	10,1

Tab. 18: Relative Luftfeuchtigkeit und Sättigungsdefizit der Monate, Halbjahre und Jahre an den Stationen Laacher See und Wehr.

	Relative Luftfeuchtigkeit [%]						Sättigungsdefizit [mmHg]					
	Laacher See		Wehr				Laacher See		Wehr			
	1962	1963	1959	1960	1962	1963	1962	1963	1959	1960	1962	1963
N		87		88		86		0,74		0,81		0,94
D		81		90		78		0,77		0,64		1,10
J		82		88		85		0,52		0,66		0,53
F		74		83		78		0,83		1,01		0,88
M		72		81		71		1,65		1,44		2,10
A	77	80	77	76	77	70	1,68	1,51	2,26	2,21	1,85	2,91
M	76	76	77	75	75	68	2,09	2,11	2,63	3,03	2,66	3,64
J	70	72	73	74	69	69	3,57	3,40	4,05	3,90	4,53	4,77
J	77	70	68	75	74	68	2,88	4,19	6,11	3,56	3,82	5,54
A	76	81	77	79	71	68	3,21	2,38	3,72	3,13	4,60	5,01
S	79	86	66	82	76	78	2,34	1,60	4,81	2,20	3,09	2,98
O	83	86	72	85	81	80	1,52	1,09	2,94	1,51	1,97	2,01
J		79		81		75		1,73		2,01		2,70
Winter		79		84		78		1,00		1,13		1,41
Sommer	77	79	72	78	74	72	2,55	2,46	4,04	2,89	3,45	3,99

Tab. 19: Wasserhaushaltsgrößen vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle der Monate, Halbjahre und Jahre in den Jahren 1954—1963 (Werte in mm).

Monate	N	A	R	B	D	N	A	R	B	D
1954						1956				
N	4,4	8,4	0	10,8	6,8	N	25,7	4,1	0	0
D	35,8	8,3	0	0	27,5	D	56,8	5,2	5,4	0
J	57,1	14,5	8,1	0	34,5	J	45,4	6,3	10,8	0
F	16,0	7,9	2,7	0	5,4	F	14,2	8,0	10,8	0
M	20,8	8,3	0	2,7	15,2	M	40,0	8,7	5,4	0
A	43,2	7,7	2,7	0	32,8	A	68,3	8,1	10,8	0
M	35,5	7,6	0	2,7	30,6	M	42,7	7,5	5,4	0
J	58,9	9,6	13,5	0	35,8	J	87,3	10,1	5,4	0
J	57,9	8,8	0	16,2	65,3	J	60,3	15,4	0	8,1
A	88,2	10,1	5,4	0	72,7	A	53,5	13,4	0	13,5
S	71,1	12,3	0	5,4	64,2	S	82,3	12,9	8,1	0
O	49,3	10,9	0	2,7	41,1	O	52,4	11,9	0	2,7
1955						1957				
N	26,3	7,4	0	5,4	24,3	N	26,6	10,6	0	8,1
D	86,4	8,1	18,9	0	59,4	D	32,2	8,6	8,1	0
J	49,5	9,4	5,4	0	34,7	J	34,3	11,5	0	0
F	64,5	8,5	13,5	0	42,5	F	69,2	19,1	2,7	0
M	34,4	10,5	0	0	23,9	M	45,1	18,7	5,4	0
A	11,5	8,5	0	0	3,0	A	15,8	17,8	0	8,1
M	56,8	10,3	0	0	46,5	M	35,6	19,7	0	21,6
J	90,8	10,2	10,8	0	69,8	J	83,0	14,5	0	2,7
J	44,2	10,7	0	8,1	41,5	J	73,0	15,7	0	8,1
A	42,5	10,6	0	5,4	37,3	A	48,1	15,6	0	16,2
S	34,0	9,0	0	13,5	38,5	S	77,9	13,5	0	0
O	20,2	5,2	0	10,8	25,8	O	17,7	13,4	0	5,4

Tabelle 19, Fortsetzung

	N	A	R	B	D		N	A	R	B	D
1958						1960					
N	34,9	10,9	0	8,1	32,1	N	28,4	1,9	5,4	0	21,1
D	26,5	8,4	0	5,4	23,5	D	43,8	3,0	10,8	0	30,0
J	38,0	9,1	8,1	0	20,8	J	44,6	5,8	10,8	0	28,0
F	71,5	9,2	5,4	0	56,9	F	29,6	6,0	8,1	0	15,5
M	24,8	14,3	10,8	0	-0,3	M	16,8	7,2	0	0	9,6
A	28,2	13,4	5,4	0	9,4	A	45,2	9,1	2,7	0	33,4
M	117,7	11,8	27,0	0	78,9	M	41,3	8,6	10,8	0	21,9
J	44,6	14,9	0	16,2	45,9	J	28,7	8,2	0	16,2	36,7
J	41,3	12,2	0	13,5	42,6	J	62,6	5,8	0	5,4	62,2
A	94,1	9,3	0	2,7	87,5	A	84,4	(5,7)	10,8	0	(67,9)
S	27,3	6,6	0	13,5	34,2	S	41,7	(8,5)	0	5,4	(38,6)
O	69,7	7,3	8,1	0	54,3	O	69,1	(10,0)	5,4	0	(53,7)
1959						1961					
N	41,2	11,1	0	0	30,1	N	34,4		0	2,7	
D	51,3	11,1	5,4	0	34,8	D	60,5			8,1	
J	44,9	12,4	8,1	0	24,4	J	72,9		2,7	0	
F	4,0	12,1	0	5,4	-2,7	F	31,0		2,7	0	
M	36,1	14,7	5,4	0	16,0	M	13,4		0	5,4	
A	78,4	16,5	8,1	0	53,8	A	35,1				
M	30,7	14,3	0	8,1	24,5	M	47,5		45,9		0
J	26,1	11,4	0	16,2	30,9	J	93,6				
J	38,9	7,2	0	27,0	58,7	J	50,4		0	10,8	
A	24,6	5,3	0	2,7	22,0	A	21,3		0	17,6	
S	7,2	3,2	0	21,6	25,6	S	34,7		0	4,2	
O	32,5	2,1	0	10,8	41,2	O	43,2		0	10,8	

Tabelle 19, Fortsetzung

	N	A	R	B	D		N	A	R	B	D
1962						1963					
N	43,1		0	0		N	40,5		2,7	0	
D	46,1	}				D	74,2		18,9	0	
J	35,9			27,0	0	J	22,1		0	0	
F	50,9	}				F	17,8		0	0	
M	50,5			13,5	0	M	27,9		18,9	0	
A	39,6					A	18,4		2,7	0	
M	28,8		0	2,7		M	48,8		10,8	0	
J	8,6		0	21,6		J	45,9		0	10,8	
J	50,6		0	2,7		J	40,5		0	13,5	
A	41,3		0	12,3		A	61,2		0	8,1	
S	36,4		0	9,5		S	35,1		0	5,4	
O	13,1		0	8,1		O	41,1		1,5	0	

Tabelle 19, Fortsetzung

Jahre

Jahr	N	A	R	B	D	Jahr	N	A	R	B	D
1954	538,2	114,4	32,4	40,5	431,9	1959	415,9	121,4	27,0	91,8	359,3
1955	561,1	108,4	48,6	43,2	447,3	1960	536,2	(80)	64,8	27,0	(418,4)
1956	628,9	111,6	62,1	24,3	479,5	1961	538,0		59,4	51,5	
1957	558,6	178,7	16,2	70,2	433,9	1962	444,9		40,5	56,9	
1958	618,6	127,4	64,8	59,4	485,8	1963	473,5		55,5	37,8	

Winterhalbjahre

Sommerhalbjahre

Jahr	N	A	R	B	D	Jahr	N	A	R	B	D
1954	177,3	55,1	13,5	13,5	122,2	1954	360,9	59,3	18,9	27,0	309,7
1955	272,6	52,4	37,8	5,4	187,8	1955	288,5	56,0	10,8	37,8	259,5
1956	250,4	40,4	43,2	0	166,8	1956	378,5	71,2	18,9	24,3	312,7
1957	223,3	86,3	16,2	16,2	137,0	1957	335,3	92,4	0	54,0	296,9
1958	223,9	65,3	29,7	13,5	142,4	1958	394,7	62,1	35,1	45,9	343,4
1959	255,9	77,9	27,0	5,4	156,4	1959	160,0	43,5	0	86,4	202,9
1960	208,4	33,0	37,8	0	137,6	1960	327,8	(47)	27,0	27,0	(280,8)
1961	247,3			(8,1)		1961	290,7			(43,4)	
1962	266,1		40,5	0		1962	178,8		0	56,9	
1963	200,9		43,2	0		1963	272,6		12,3	37,8	

Tab. 20: N-A-U-Werte vom Einzugsgebiet des Pegels Welschwiesenmühle (Wehrer Kessel) (Werte in mm).

	N	A	U		N	A	U
1959				1962			
Sept.	9,0	7,2	1,8	Juni	14,5	7,2	7,3
Okt.	42,0	5,2	36,8	Juli	53,6	6,5	47,1
1960				August	49,9	4,3	45,6
Nov.	33,3	1,5	31,8	1963			
Dez.	53,8	0,9	52,9	Mai	51,1	6,4	44,7
März	17,8	3,9	13,9	Juni	62,5	6,0	56,5
April	55,5	2,3	53,2	Juli	58,4	6,0	52,4
Mai	46,0	2,4	43,6	August	48,1	5,7	42,4
Juni	40,6	1,3	39,3	Sept.	28,8	6,4	22,4
1962				Okt.	47,4	7,1	40,3
Mai	36,9	9,0	27,9	Sommer	296,3	37,6	258,7

Tab. 21: Wassertemperaturen [°C] im Metalimnion des Laacher Sees im Jahre 1963.

Tiefe [m]	4. 6. 1963	1. 7. 1963	29. 7. 1963	7. 9. 1963
3— 4	0 —1,4			
4— 5	0 —2,4			
5— 6	0,9—2,3			
6— 7	0,9—1,9	0,1—3,8	1,6—3,9	
7— 8	0,5—2,5	2,6—4,9	2,4—5,6	
8— 9	0,8—2,6	1,5—4,2	1,3—3,9	
9—10	0,1—2,8	0,5—2,4	0,7—3,2	0,8—3,7
10—11	0,1—1,9	0,6—1,6	0,2—2,3	2,8—8,6
11—12		0,2—1,7	0,3—1,7	0,1—3,4
12—13		0,2—0,9	0,1—0,9	0,4—1,4
13—14		0 —0,7	0 —0,5	0,1—0,9
14—15		0 —0,6	0 —0,4	0 —0,6

Abb. 22: Wärmehalt des Laacher Sees.

	Wärmehalt		Anderungen des Wärmehalts	Mitteltemperatur des Seewassers
	in Mega-cal.	in cal · cm ⁻²	in cal · cm ⁻² · d ⁻¹	in °C
26. 1. 1963	251 530 000	7 622,1	— 27,2	2,3
9. 2.	250 272 000	7 584,0	+ 3,8	2,3
23. 2.	252 032 000	7 637,3	+ 91,0	2,3
8. 4.	384 204 000	11 642,5	+215,7	3,6
6. 5.	583 512 000	17 682,2	+226,3	5,4
4. 6.	800 028 000	24 243,3	+ 86,3	7,4
1. 7.	879 722 000	26 658,2	+ 31,9	8,2
29. 7.	909 148 000	27 549,9	+ 3,2	8,5
7. 9.	913 304 000	27 675,9	— 61,8	8,5
12. 10.	841 890 000	25 511,8	—117,0	7,8
9. 12.	618 000 000	18 727,3	—235,7	5,8
9. 1. 1964	376 924 000	11 421,9	— 85,3	3,5
23. 2.	247 414 000	7 497,4		2,3

Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde

Herausgegeben vom Geographischen Institut der Universität Bonn

durch C. Troll und KH. Paffen

Schriftleitung: Hans Voigt

- Heft 1: *Straka, Herbert*: Zur spätquartären Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. 1952. 116 S., 7 Abb., 5 Tafeln und 23 Tabellen. Vergriffen.
- Heft 2: *Kötter, Heinrich*: Die Textilindustrie des deutsch-niederländischen Grenzgebietes in ihrer wirtschaftsgeographischen Verflechtung. 1952. 86 S. und 18 Abb. DM 3.50
- Heft 3: *Schwickerath, Hildegard*: Die Basaltindustrie zwischen Rhein, Sieg und Wied. 1953. 59 S., 13 Abb. und 1 Kartenbeilage. DM 3.50
- Heft 4: *Sins, Gabriele*: Die Baumschulen des Rheinlandes mit besonderer Betonung der Verhältnisse von Meckenheim. 1953. 69 S., 14 Abb. und 2 Kartenbeilagen. DM 4.—
- Heft 5: *Schneider, Matthias*: Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft im Gebiet der Erftquellflüsse (Nordeifel). 1953. 89 S. und 30 Abb. DM 5.—
- Heft 6: *Kremer, Elisabeth*: Die Terrassenlandschaft der mittleren Mosel als Beitrag zur Quartärgeschichte. 1954. 100 S., 28 Abb., 11 Profile, 5 Tab. und 2 Karten im Anhang. DM 5.—
- Heft 7: *Emonds, Hubert*: Das Bonner Stadtklima. 1954. 64 S., 35 Abb. und 6 Tabellen. DM 4.—
- Heft 8: *Barners, Ernst*: Landnutzung und agrargeographische Struktur des Bitburger Landes. 1955. 83 S., 40 Abb., 11 Tab. und 1 mehrfarbige Nutzflächenkartierung als Beilage. DM 6.—
- Heft 9: *Kufferath-Sieberin, Günter*: Die Zuckerindustrie der linksrheinischen Bördenlandschaft. 1955. 44 S., 13 Abb. und 3 mehrfarbige Kartenbeilagen. DM 5.—
- Heft 10: *Heyn, Erich*: Zerstörung und Aufbau der Großstadt Essen. 1955. 149 S., 22 Abb., 15 Bilder im Anhang und 1 Kartenbeilage. DM 6.—
- Heft 11: *Herzog, Wilhelm*: Die Rieselfeldkulturen der Stadt Dortmund. Kultur-geographische Auswirkungen städtischer Abwasserwirtschaft. 1956. 58 S., 15 Abb., 12 Diagramme und 1 mehrfarbige Karte. DM 6.—
- Heft 12: *Ballenstiefen, Willi*: Die Agrarlandschaft der Wittlicher Senke und ihrer Nachbargebiete. 1957. 137 S., 67 Abb., 16 Tab. im Anhang und 2 Bodennutzungskarten als Beilage. DM 8.—
- Heft 13: *Pley, Herbert*: Garten- und Feldgemüsebau am mittleren Niederrhein. 1958. 107 Seiten mit 6 Abbildungen u. 1 Landnutzungskarte. DM 10.80
- Heft 14: *Bohling, Günther*: Die Rindviehwirtschaft in den Agrarlandschaften des nördlichen Rheinlandes. 1959. 93 S., 2 Abb. u. eine mehrfarbige Landnutzungskarte. DM 12.—
- Heft 15: *Panhuyzen, Helene*: Die Entwicklung der Agrarlandschaft im Raume Straelen seit 1800 unter besonderer Berücksichtigung des Gemüse- und Blumenanbaus. 1961. 107 S. 13 Abb., 6 Diagr., 2 Kartenbeilagen. DM 11.20
- Heft 16: *Arnold, Paul*: Die Kalkindustrie am Nordrand des Rheinischen Schiefergebirges. 1961. 112 S. 24 Abb. 10 Karten und 7 Tabellen. DM 9.60
- Heft 17: *Gildemeister, Retnhard*: Wald, Bauernland und Holzindustrie im östlichen und mittleren Hunsrück. 1962. 142 S., 11 Abb., 2 farb. Kartenbeilagen. DM 16.—
- Heft 18: *Wenzel, Irmund*: Odlandentstehung und Wiederaufforstung in der Zentraleifel. 1962. 119 S., 2 Abb. DM 8.—
- Heft 19: *Bauer, Hermann Josef*: Landschaftsökologische Untersuchungen im ausgekohlten rheinischen Braunkohlenrevier auf der Ville. 1963. 101 S., 14 Fig., 19 Tab., 3 Kurven, 30 Abb. a. Kunstdrucktafeln. DM 9.50
- Heft 20: *Krause, Werner*: Eine Grünland-Vegetationskarte der südbadischen Rheinebene und ihre landschaftsökologische Aussage. 1963. 77 S., 18 Abb., 3 Karten als Beilage. DM 15.—
- Heft 21: *Galvão, Maria do Carmo Corrêa*: Das Ruwerggebiet. Landschaftswandel und Sozialstruktur. (Mit einem Kartenband). Im Druck.

Beilage

zu

INGRID HENNING,

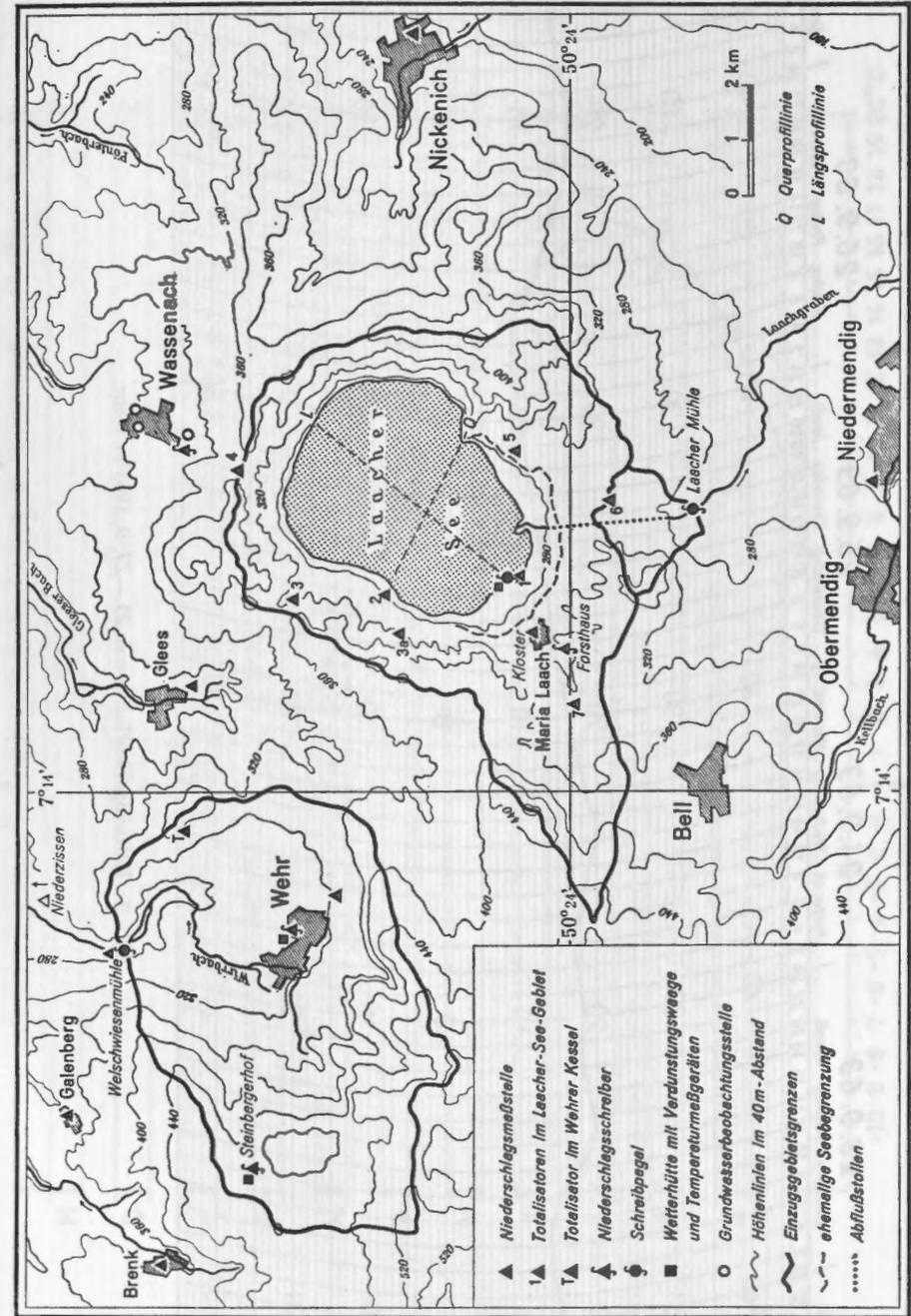
Das Laacher-See-Gebiet,

eine Studie zur Hydrologie und Klimatologie

Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde, Heft 22

Verzeichnis der Abbildungen

	Seite
Karte 1	Übersichtskarte des Laacher-See-Gebietes 3
Abb. 1	Lufttemperaturkurve vom 23.—27. 9. 1963 in Wehr 4
Abb. 2	Häufigkeitsverteilung der Monatsmitteltemperaturen 1929—1953 an der Station Maria Laach 5
Abb. 3	Ganglinien der Pentadenmittel der Tagesmitteltemperaturen an den Stationen Wehr und Laacher See von April 1962 bis Oktober 1963 6
Abb. 4	Ganglinien der Pentadenmittel der Extremtemperaturen an den Stationen Wehr, Laacher See und Steinbergerhof 7
Abb. 5	Ganglinien der Tagesmitteltemperaturen an den Stationen Wehr und Laacher See vom 18. 12. 1962 bis 8. 3. 1963 8
Abb. 6	Ganglinien der Niederschlagssummen an den Stationen Maria Laach-Kloster (1922—1959) und Wassenach (1930—1959) 9
Abb. 7	Häufigkeitsverteilung der Monatsniederschlagssummen an den Stationen Maria Laach-Kloster und Wassenach 1930—1959 10
Abb. 8	Monatliche Niederschlagssummen in Prozent der langjährigen Monatsmittel an den Stationen Maria Laach und Wassenach, November 1953 bis Oktober 1963 11
Abb. 9	Ganglinie des Pegels Laacher See vom 6.—9. 8. 1963 12
Abb. 10	Ganglinie des Pegels Laacher See vom 3.—5. 8. 1963 12
Abb. 11	Monatssummen der Abflußhöhen und Gebietsniederschläge im Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle und Wasserstandsganglinien des Laacher-Seespiegels 13
Abb. 12	Wasserstandsganglinie des Laacher-Seespiegels und Monatssummen der Niederschläge an den Stationen Wassenach (Oktober 1917 bis Oktober 1921) und Maria Laach-Kloster (Nov. 1921 bis Juni 1926) 14
Abb. 13	Vorratsänderungen im Laacher See der Jahre und Halbjahre 1954 bis 1963 15
Abb. 14	Ganglinien der Monatsmittel des Wasserstandes am Pegel Laacher See und der mittleren monatlichen Abflußpenden des Einzugsgebietes des Pegels Laacher Mühle, November 1953 bis Juli 1960 16
Abb. 15	Ganglinien wöchentlicher Wasserstandsablesungen am Pegel Laacher See und an Wirtschaftsbrunnen in Wassenach und wöchentliche Niederschlagssummen an der Station Wassenach, November 1958 bis Januar 1961 17
Abb. 16 I	Wasserhaushaltsgrößen vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle der Monate, 1954—1963 18
Abb. 16 II	Wasserhaushaltsgrößen vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle der Jahre und Halbjahre, 1954—1963 19
Abb. 17	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 23. 2. 1963 20
Abb. 18 I	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 6. 5. 1963 20
Abb. 18 II	Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 6. 5. 1963 21
Abb. 19 II	Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 4. 6. 1963 21
Abb. 19 I	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 4. 6. 1963 22
Abb. 20 I	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 1. 7. 1963 22
Abb. 20 II	Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 1. 7. 1963 23
Abb. 21 II	Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 29. 7. 1963 23
Abb. 21 I	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 29. 7. 1963 24
Abb. 22	Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 7. 9. 1963 24
Abb. 23	Tautochronen im Laacher See im Jahr 1963 25
Abb. 24	Jahresgang der Isothermen im Laacher See im Jahr 1963 25



Karte 1: Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes

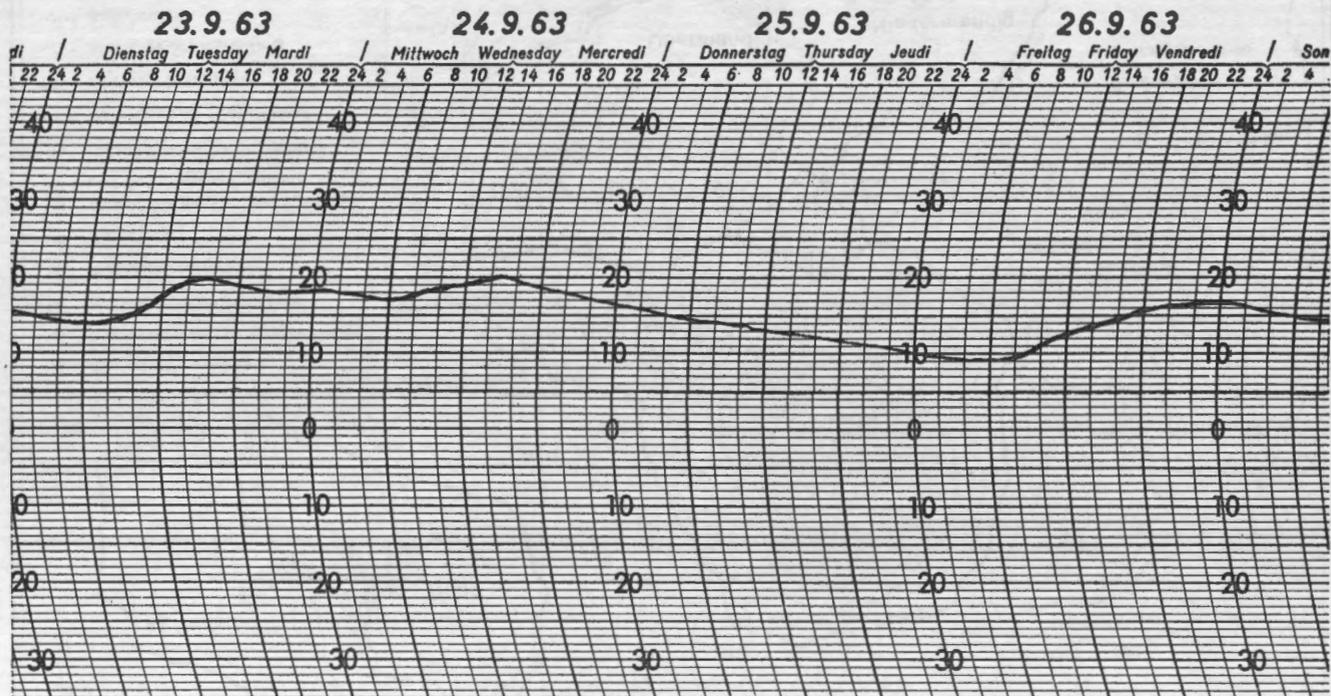


Abb. 1: Lufttemperaturkurve vom 23.—27. 9. 1963 in Wehr.

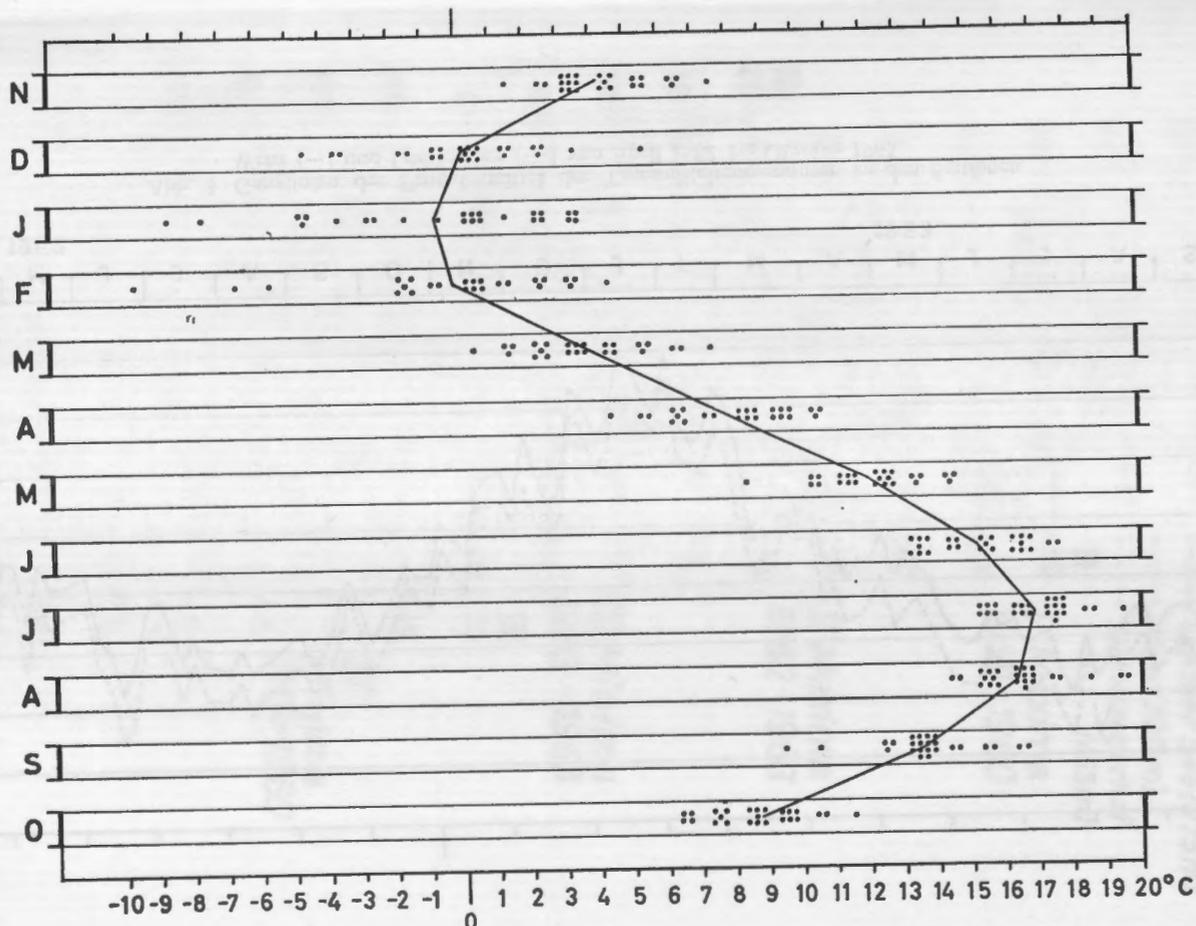


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung der Monatsmitteltemperaturen und die langjährigen Monatsmitteltemperaturen (Polygonzug) der Jahre 1929—1953 an der Station Maria Laach — Kloster.

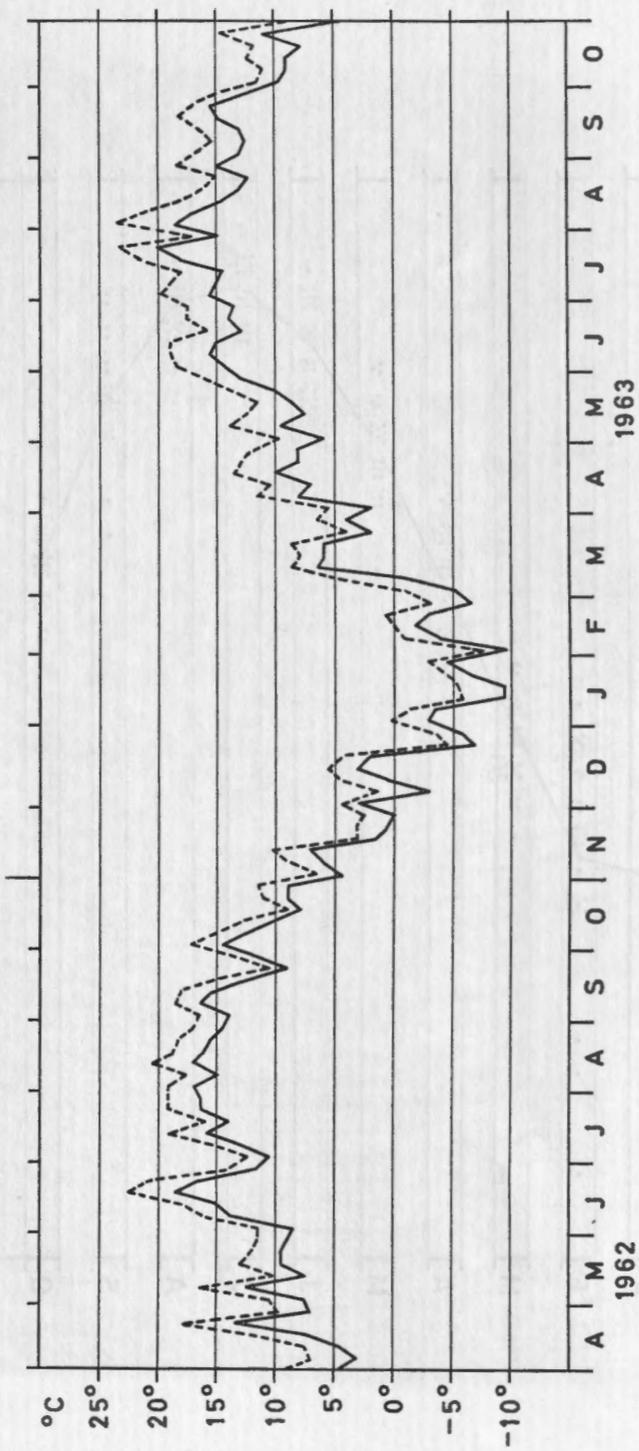
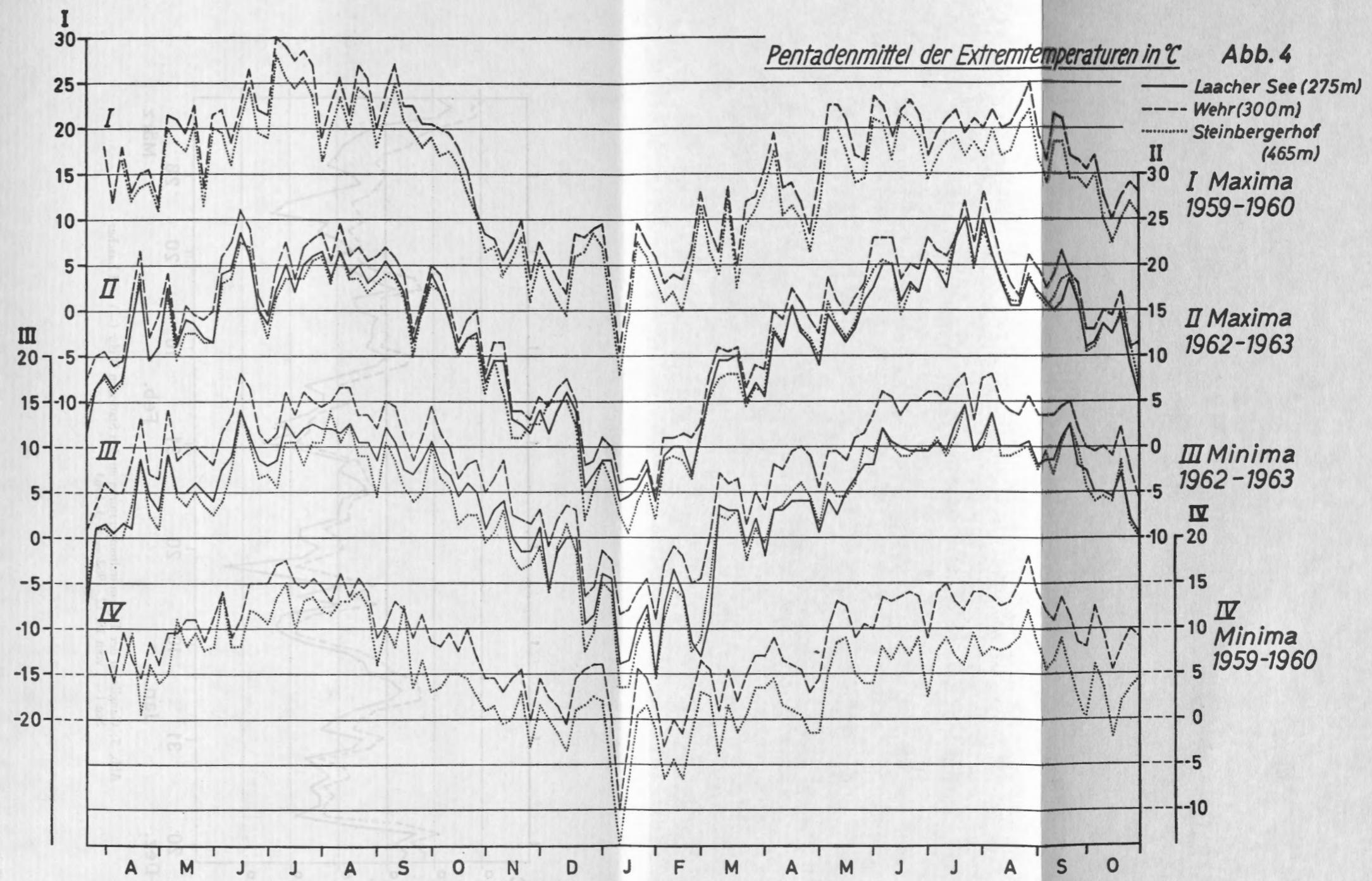


Abb. 3. Ganglinien der Pentadenmittel der Tagesmitteltemperaturen an den Stationen Wehr (---) und Laacher See (—) von April 1962 bis Oktober 1963.



Pentadenmittel der Extremtemperaturen in °C **Abb. 4**

— Laacher See (275m)
 --- Wehr (300m)
 Steinbergerhof (465m)

I Maxima 1959-1960

II Maxima 1962-1963

III Minima 1962-1963

IV Minima 1959-1960

Abb. 4: Ganglinien der Pentadenmittel der Extremtemperaturen an den Stationen Wehr, Laacher See und Steinbergerhof.

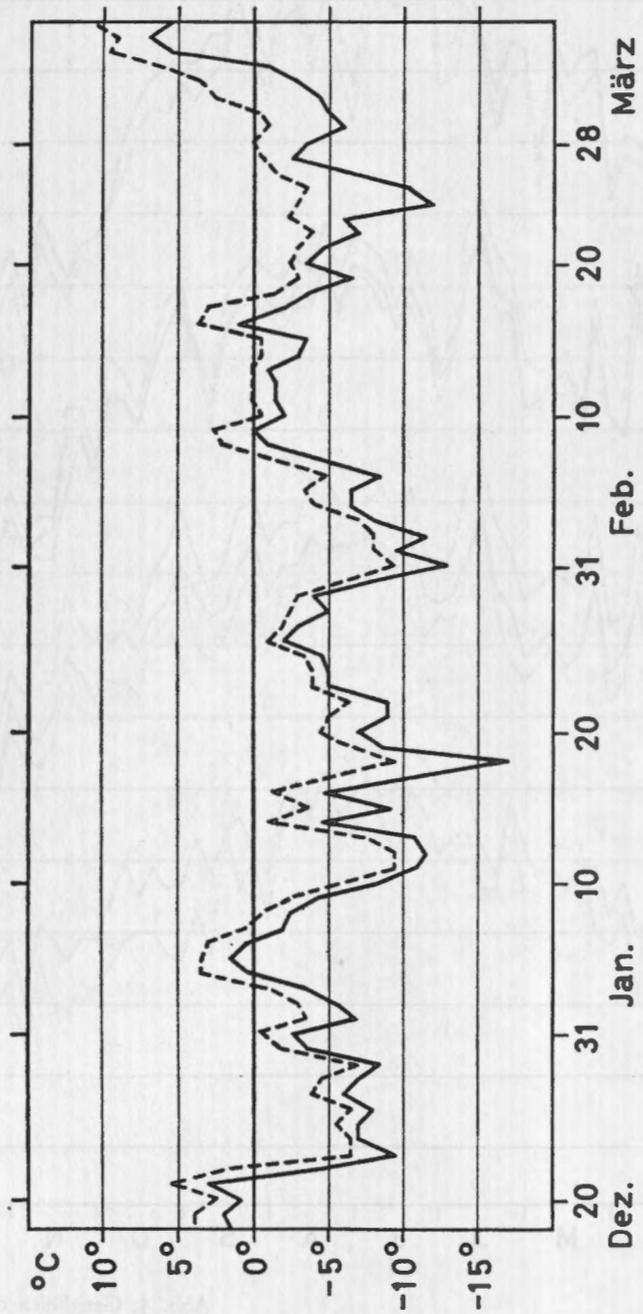


Abb. 5: Ganglinien der Tagesmitteltemperaturen an den Stationen Wehr (—) und Laacher See (---) vom 18. 12. 1962 — 8. 3. 1963.

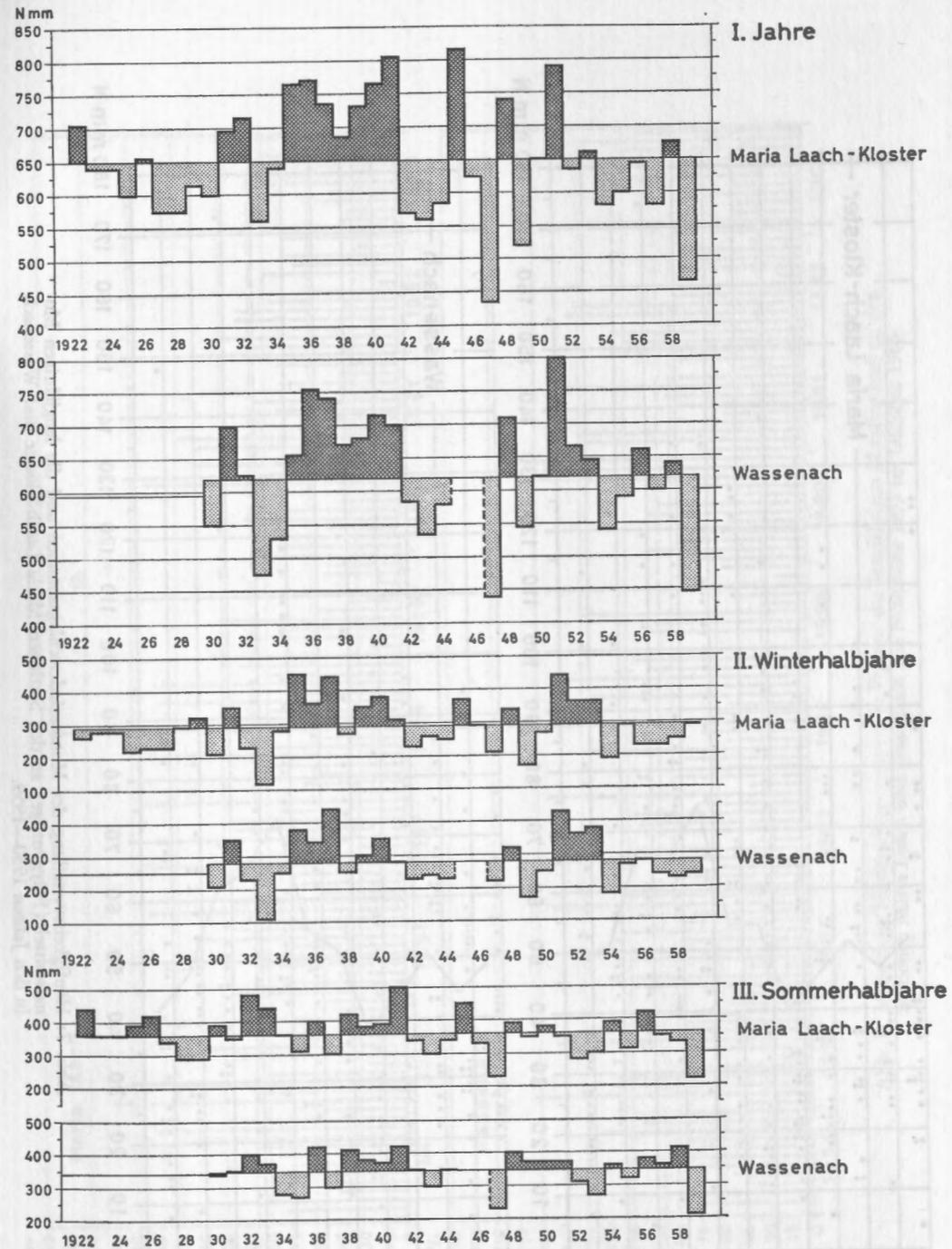


Abb. 6: Ganglinien der Niederschlagssummen an den Stationen Maria Laach-Kloster (1922—1959) und Wassenach (1930—1959) und ihre Abweichungen von langjährigen Mittelwerten.

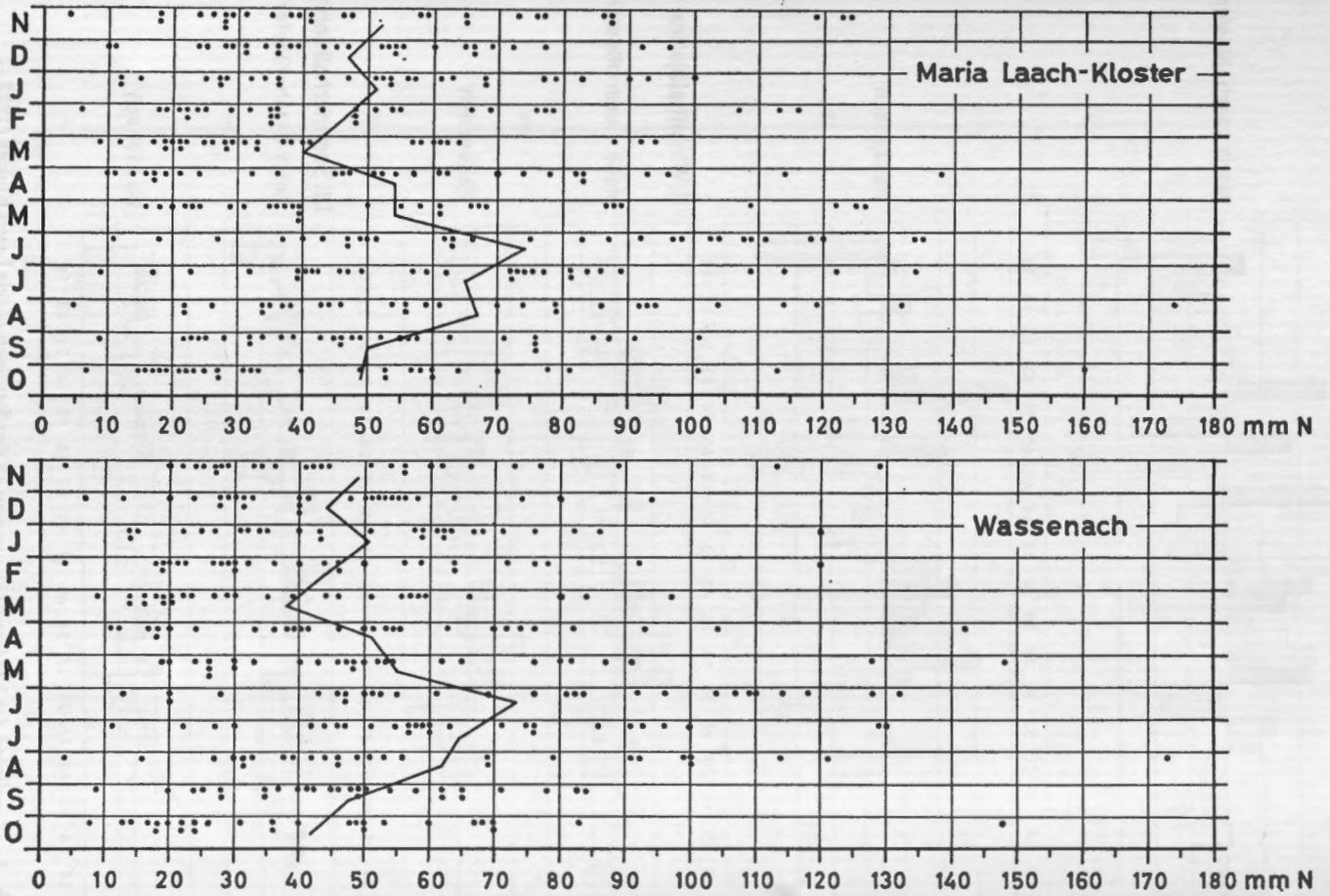


Abb. 7: Häufigkeitsverteilung der Monatsniederschlagssummen und die langjährigen Monatsmittel (Polygonzüge) an den Stationen Maria Laach-Kloster und Wassenach in den Jahren 1930—1959.

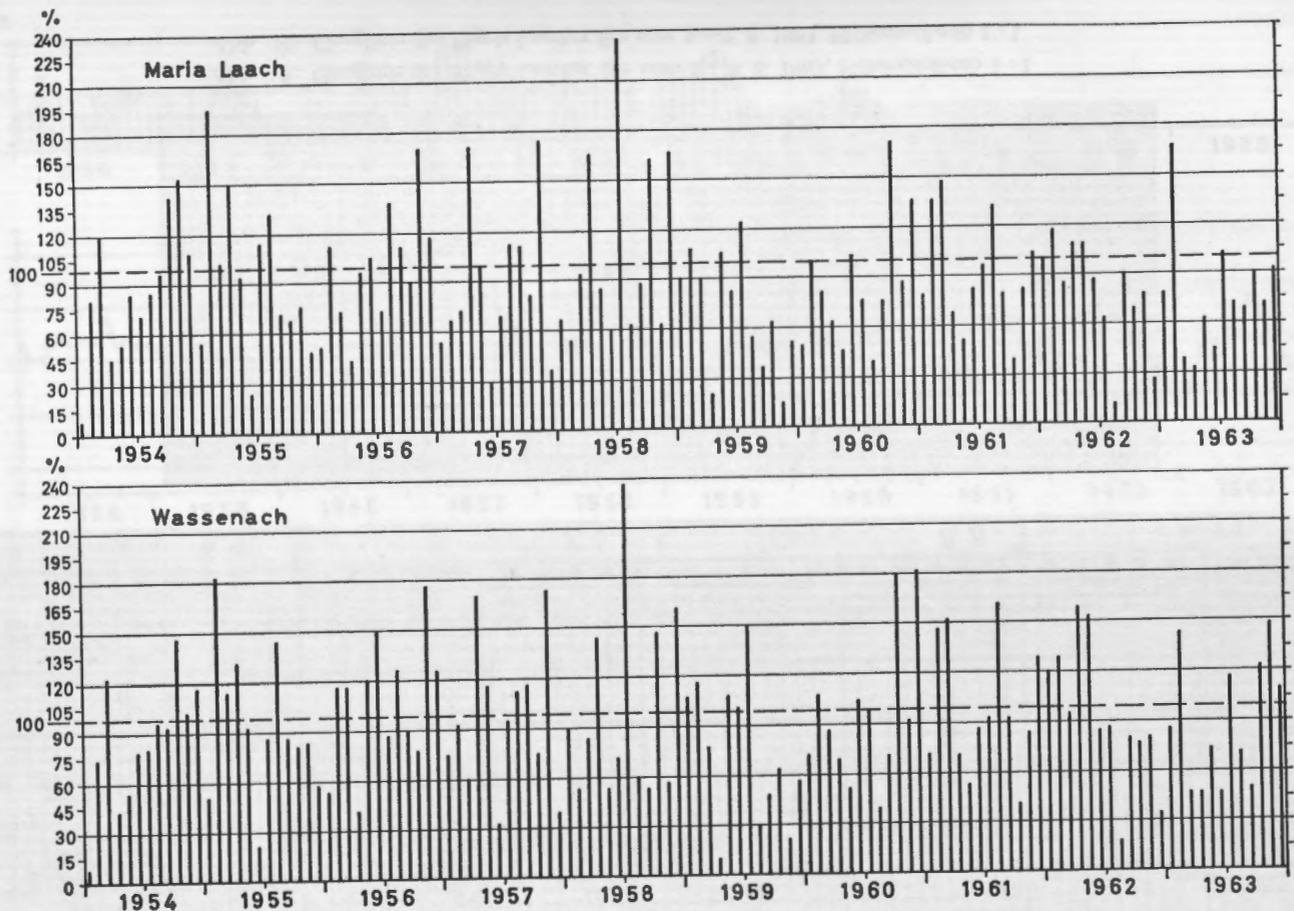


Abb. 8. Monatliche Niederschlagssummen in Prozent der langjährigen Monatsmittel an den Stationen Maria Laach und Wassenach von November 1953 bis Oktober 1963.

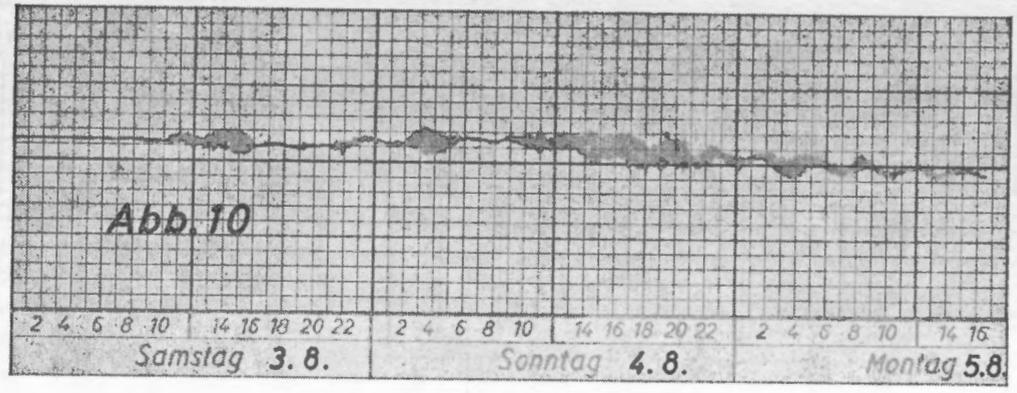
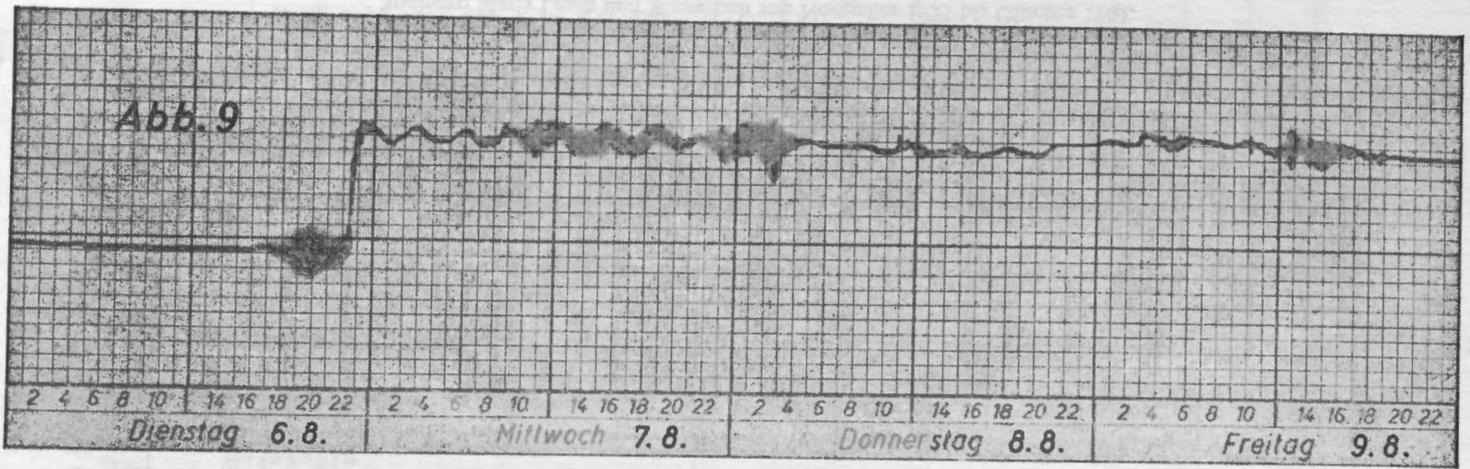


Abb. 9: Ganglinie des Pegels Laacher See vom 6.—9. 8. 1963, Höhenmaßstab 1 : 1
 Abb. 10: Ganglinie des Pegels Laacher See vom 3.—5. 8. 1963, Höhenmaßstab 1 : 1

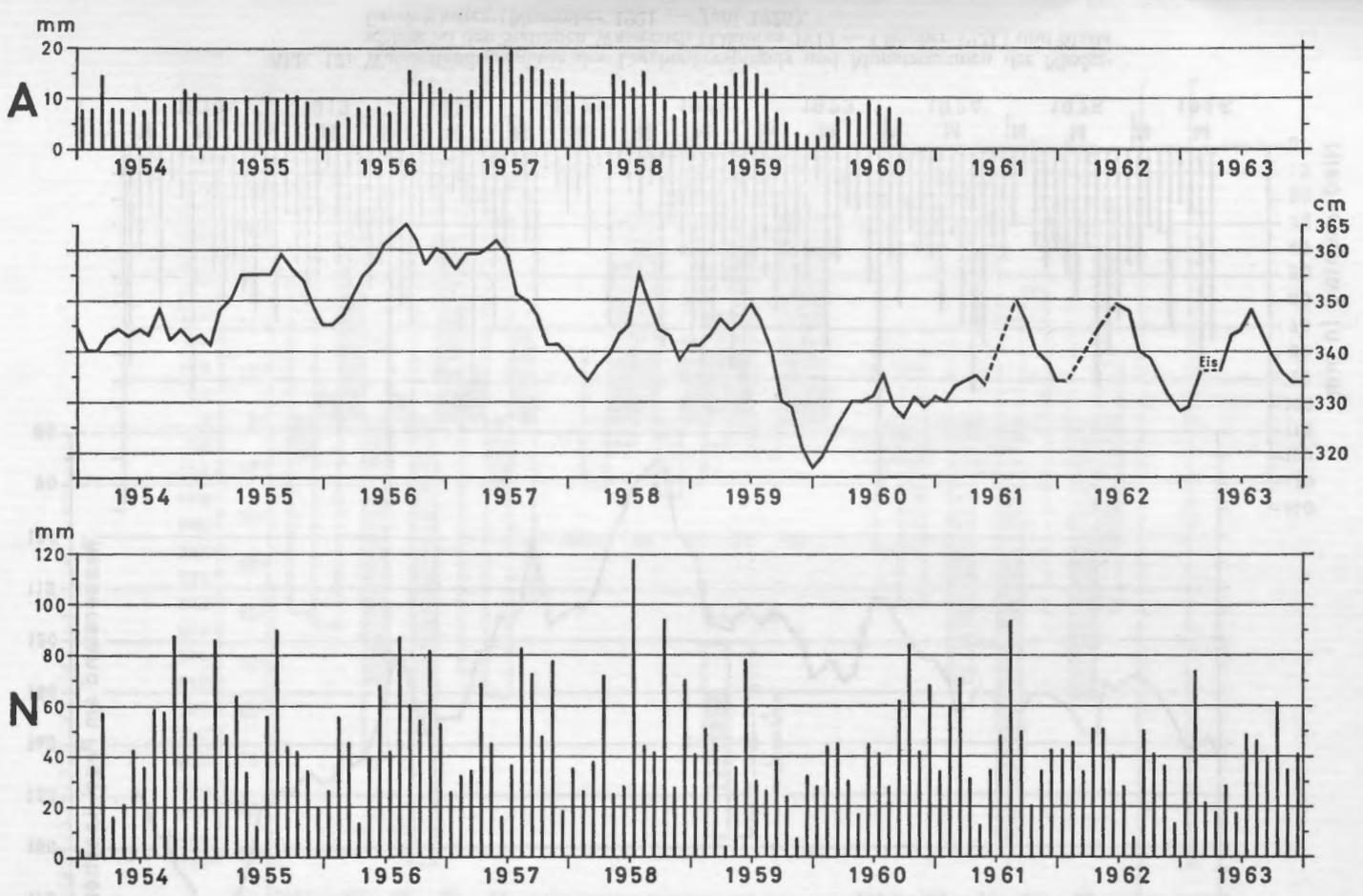


Abb. 11: Monatssummen der Abflußhöhen (A) und Gebietsniederschläge (N) im Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle und Wasserstandsganglinie des Laacher-See-spiegels.



Abb. 12: Wasserstandsganglinie des Laacher-Seespiegels und Monatssummen der Niederschläge an den Stationen Wassenach (Oktober 1917 — Oktober 1921) und Maria Laach-Kloster (November 1921 — Juni 1926).

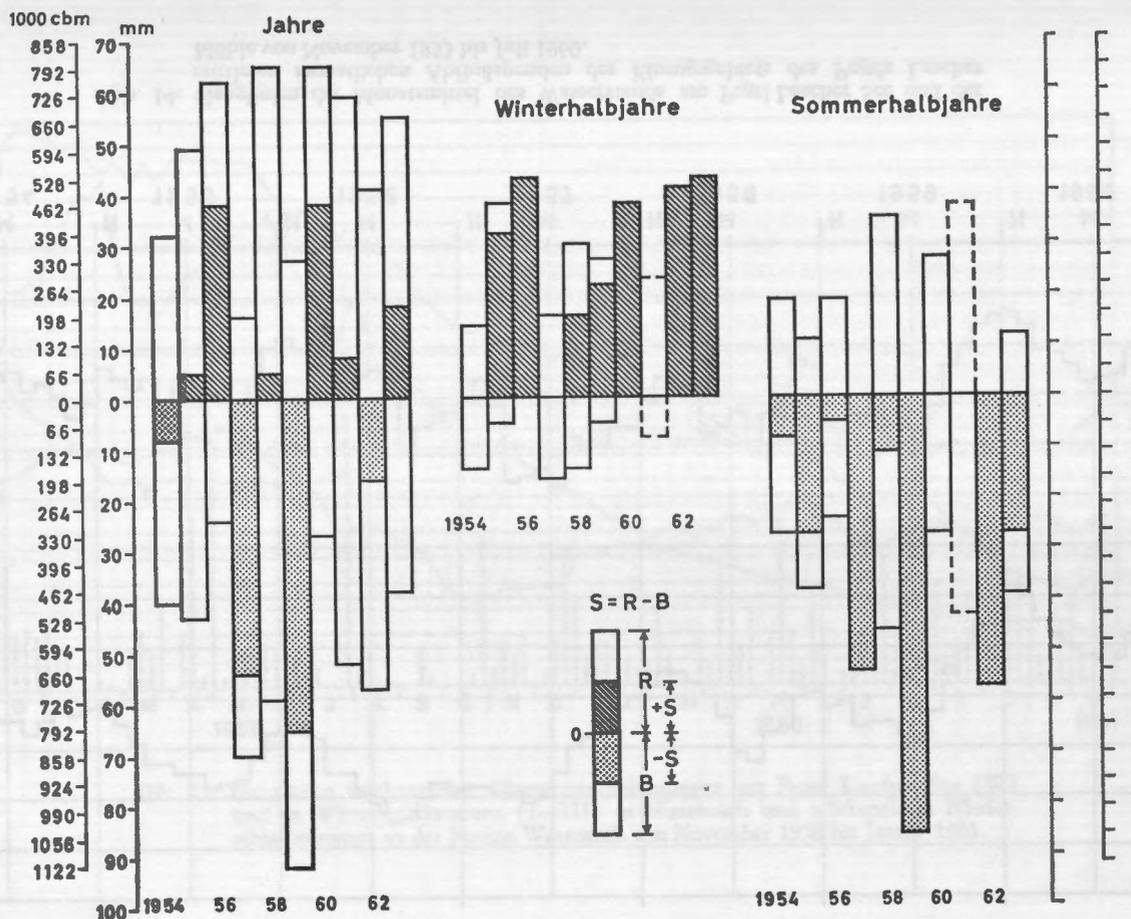


Abb. 13: Vorratsänderungen im Laacher See der Jahre und Halbjahre 1954—1963.

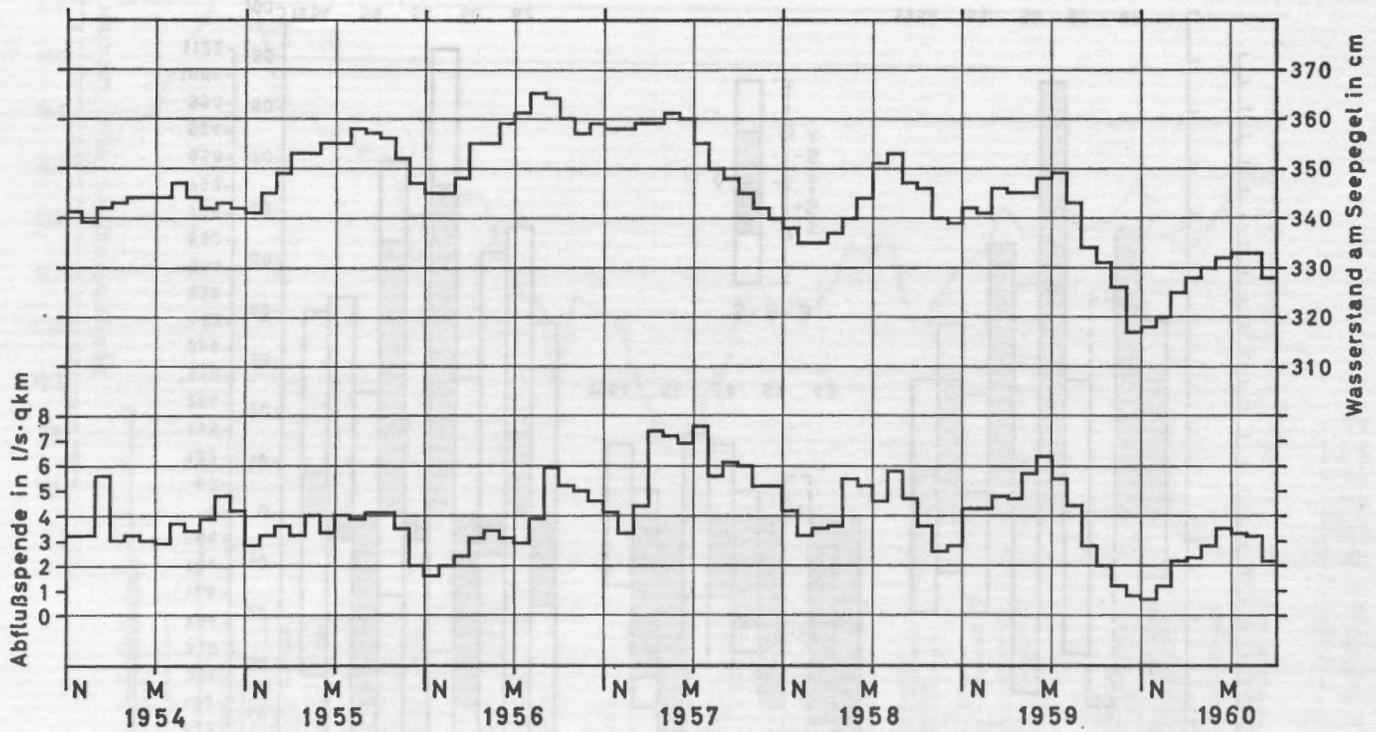


Abb. 14: Ganglinien der Monatsmittel des Wasserstands am Pegel Laacher See und der mittleren monatlichen Abflußpenden des Einzugsgebiets des Pegels Laacher Mühle von November 1953 bis Juli 1960.

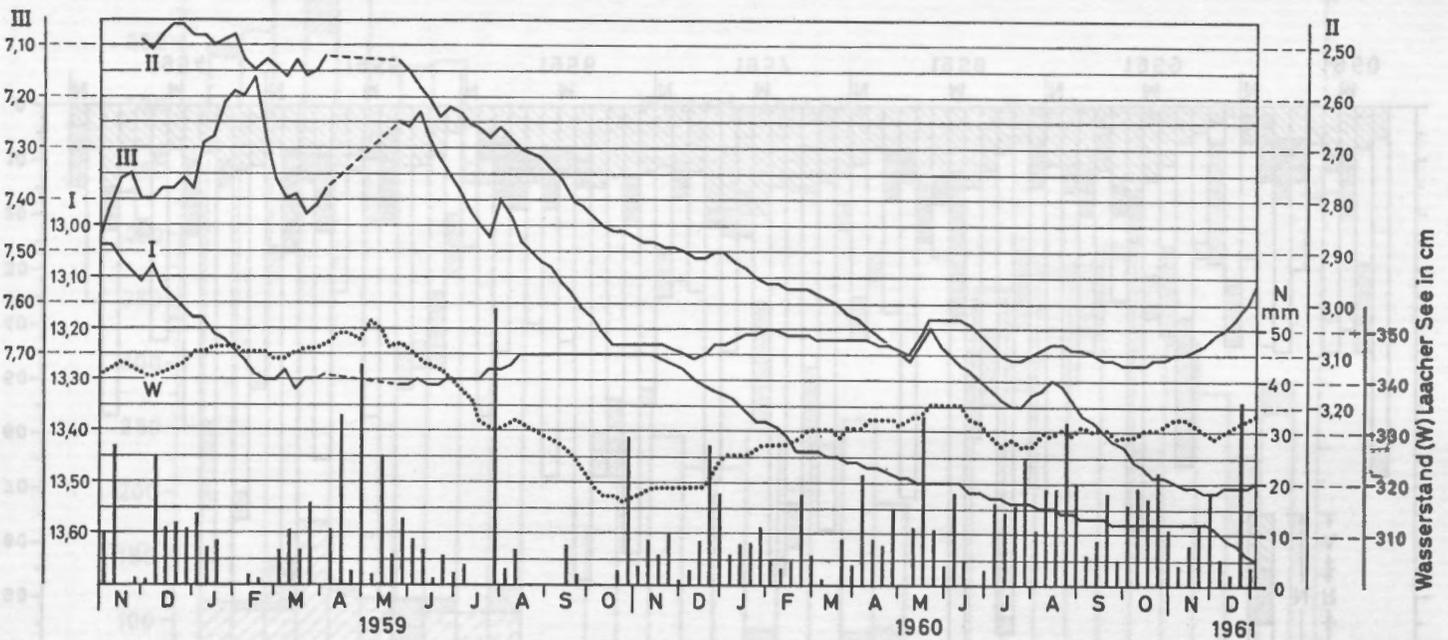


Abb. 15: Ganglinien wöchentlicher Wasserstandsablesungen am Pegel Laacher See (W) und an Wirtschaftsbrunnen (I—III) in Wassenach und wöchentliche Niederschlagssummen an der Station Wassenach von November 1958 bis Januar 1961.

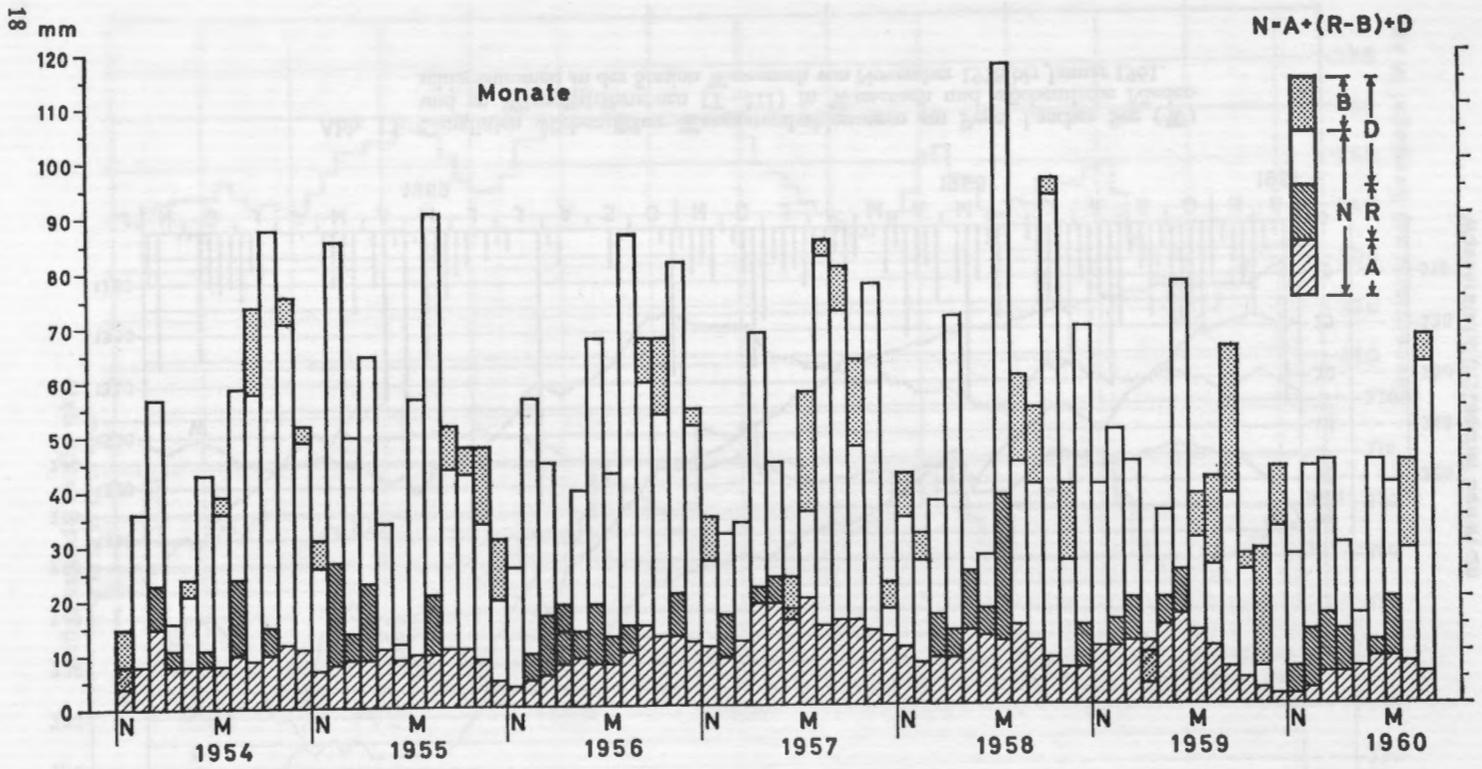


Abb. 16 I: Wasserhaushaltsgrößen vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle der Monate in den Jahren 1954—1963.

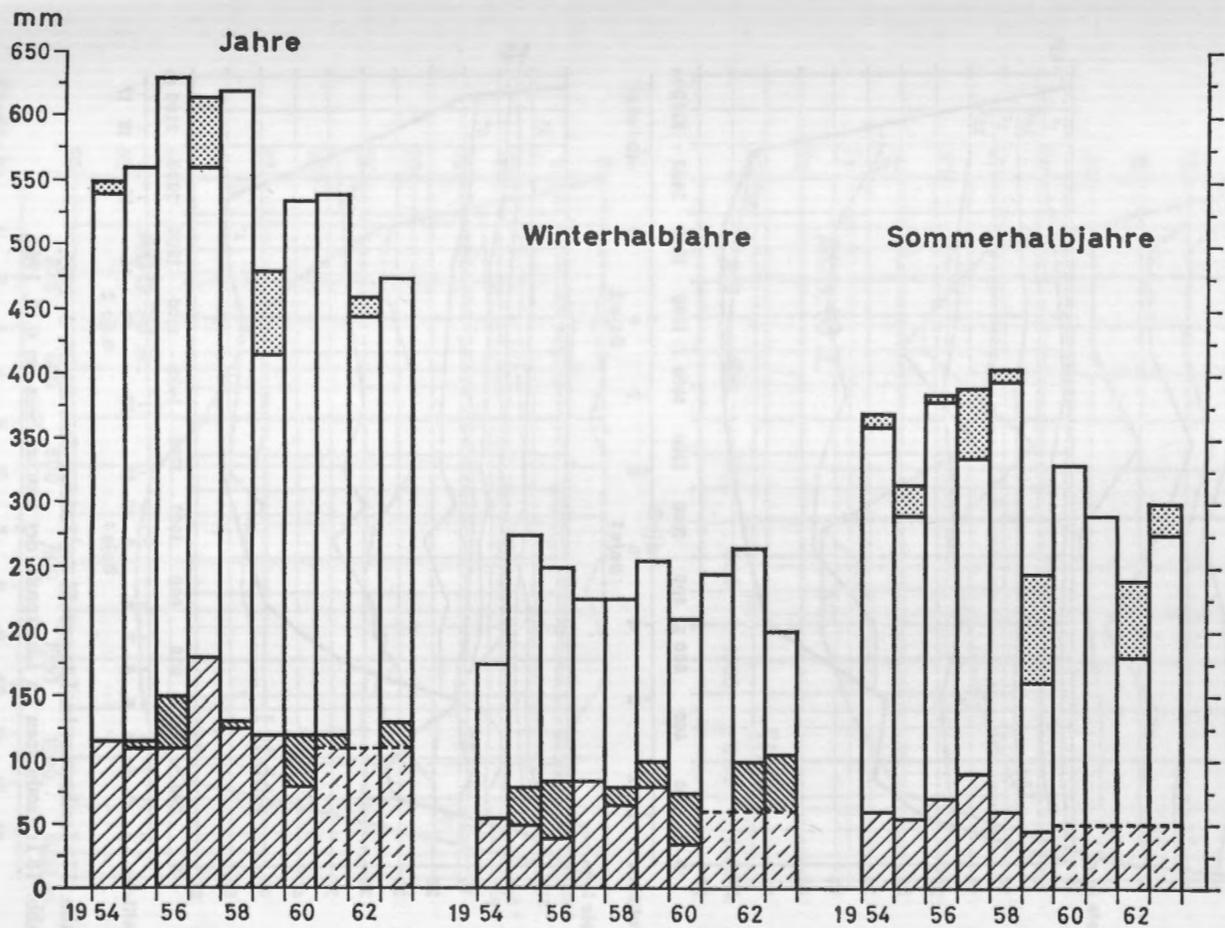


Abb. 16 II: Wasserhaushaltsgrößen vom Einzugsgebiet des Pegels Laacher Mühle der Jahre und Halbjahre 1954—1963.

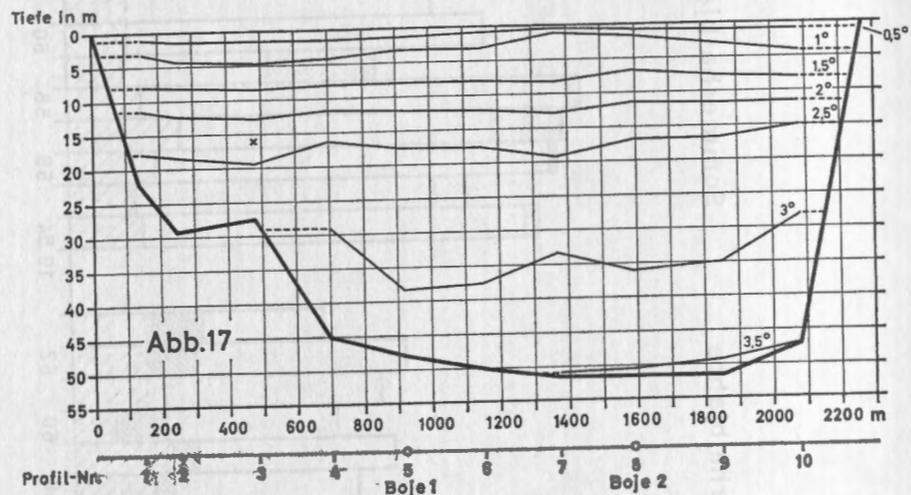


Abb. 17

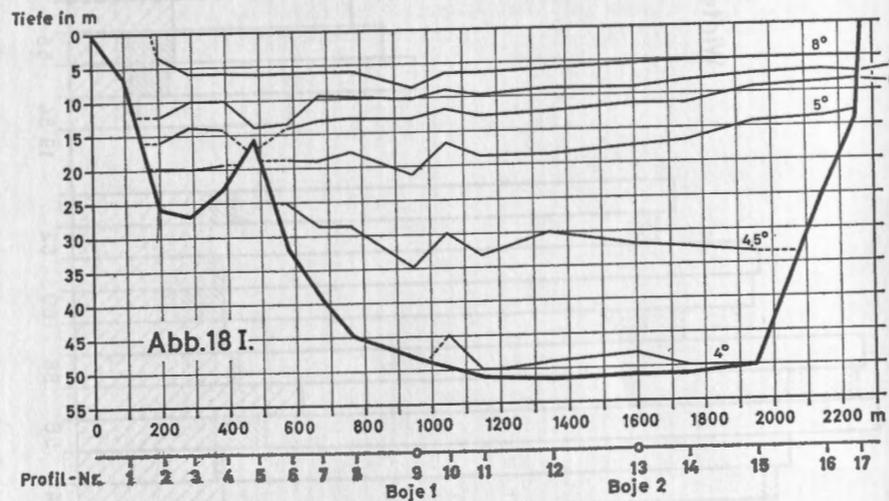


Abb. 18 I.

Abb. 17: Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 23. 2. 1963.
Abb. 18 I: Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 6. 5. 1963.

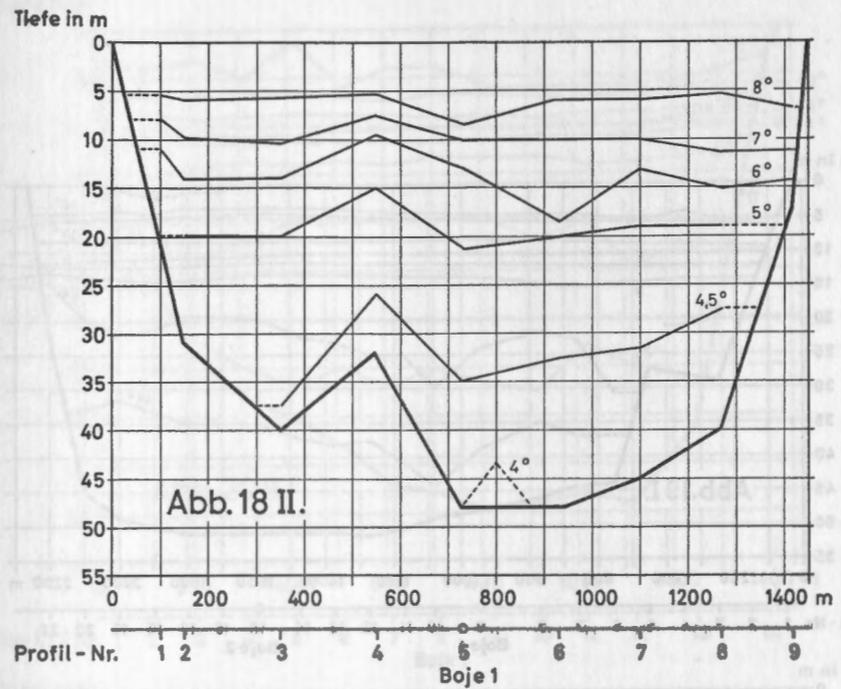


Abb. 18 II.

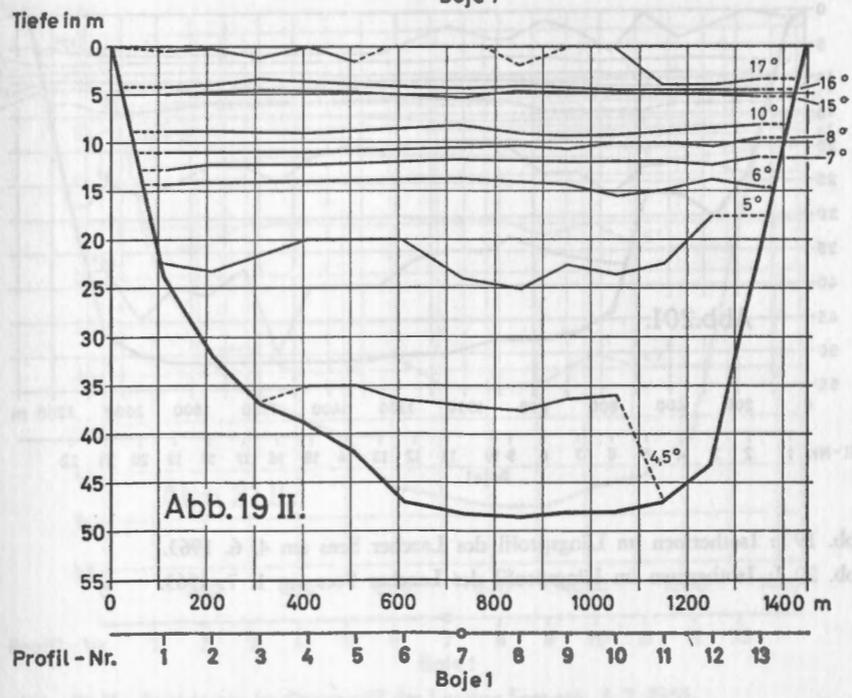


Abb. 19 II.

Abb. 18 II: Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 6. 5. 1963.
Abb. 19 II: Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 4. 6. 1963.

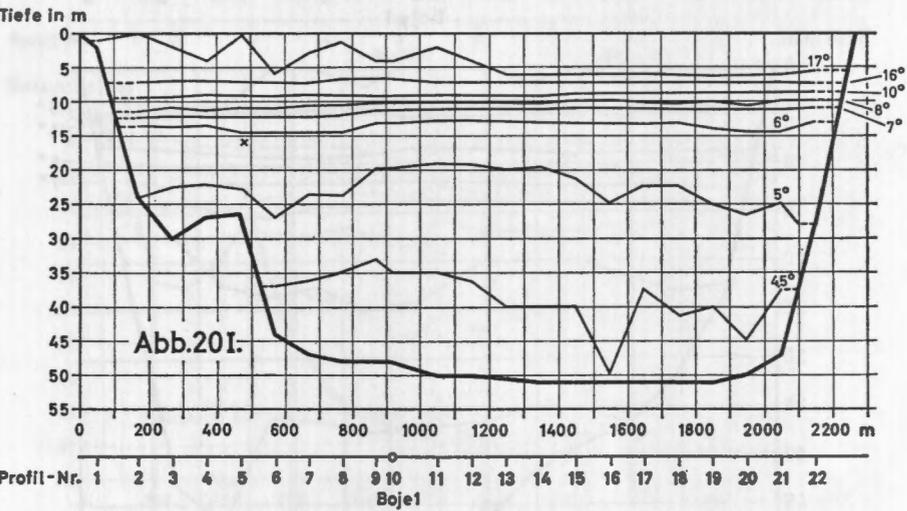
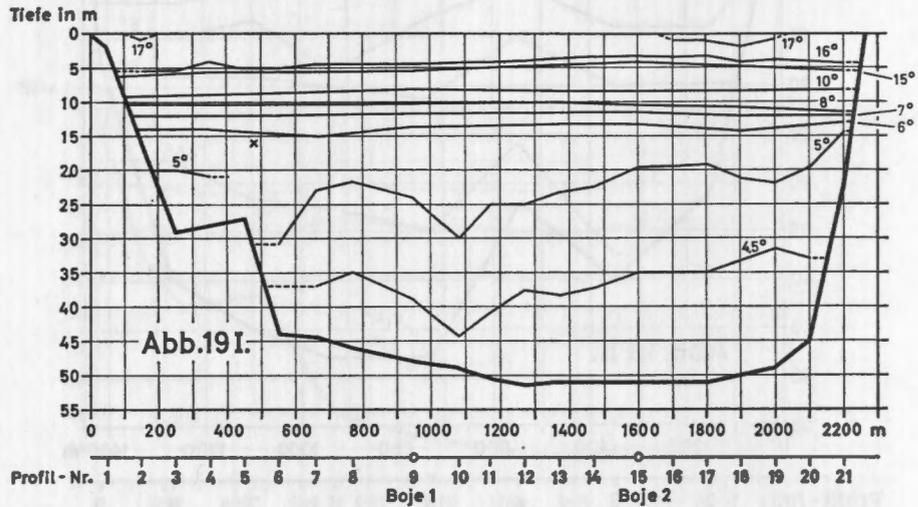


Abb. 19 I: Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 4. 6. 1963.

Abb. 20 I: Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 1. 7. 1963.

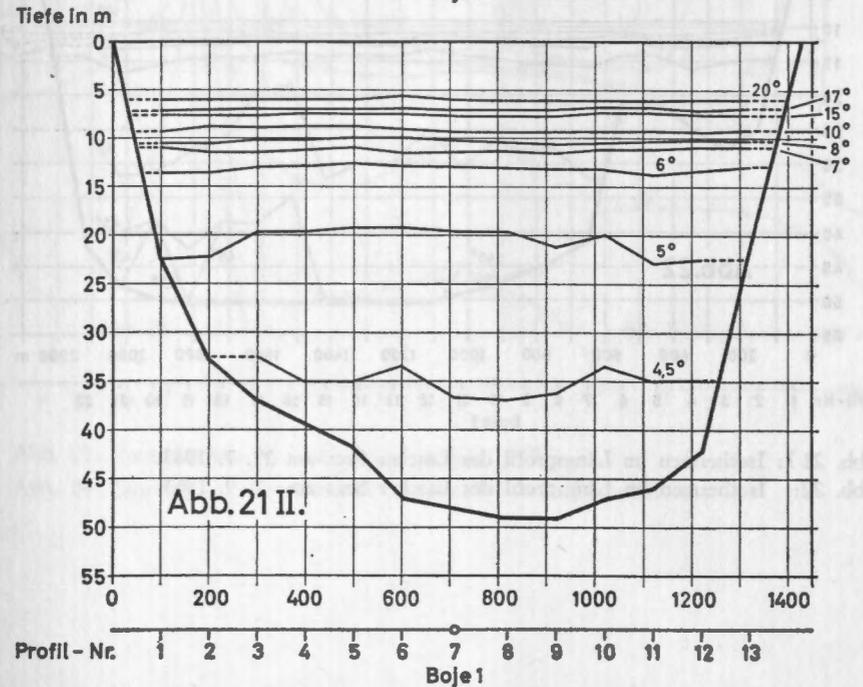
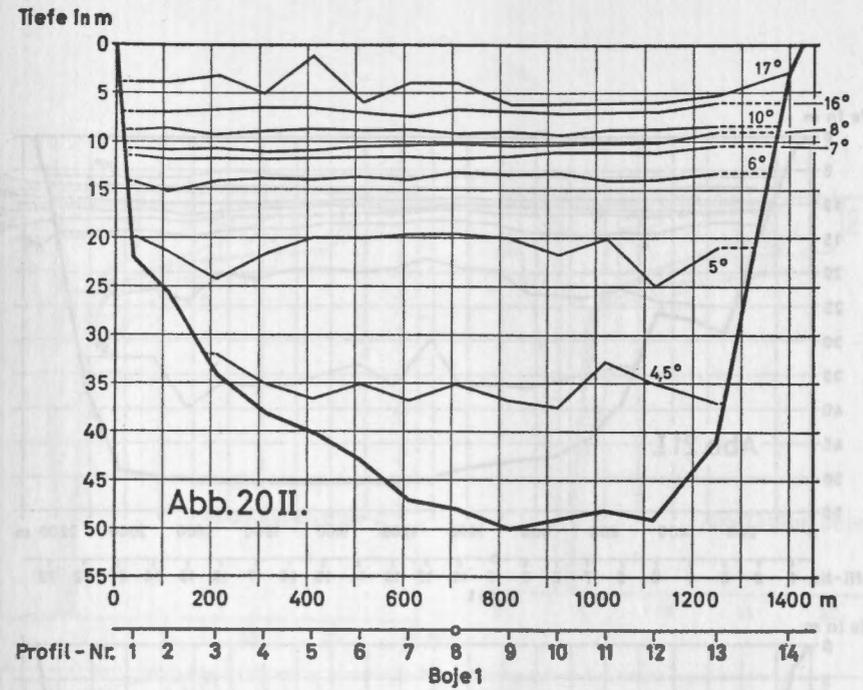


Abb. 20 II: Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 1. 7. 1963.

Abb. 21 II: Isothermen im Querprofil des Laacher Sees am 29. 7. 1963.

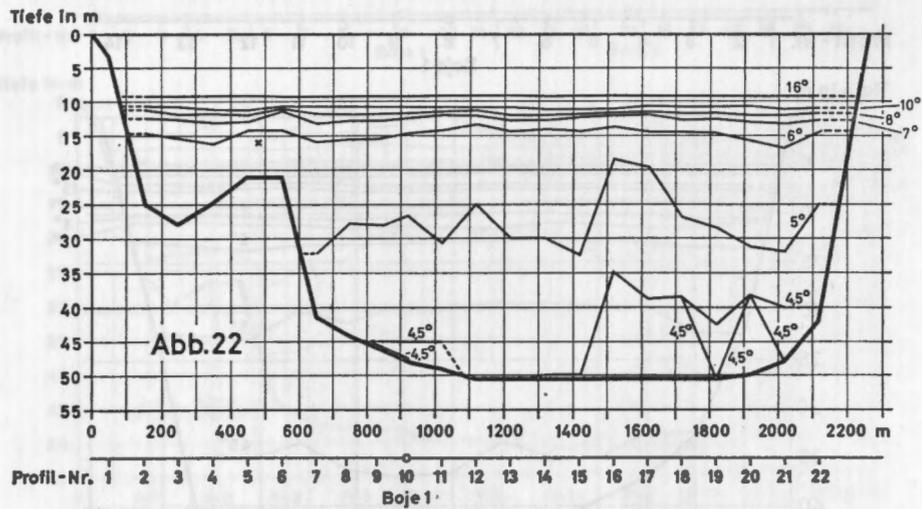
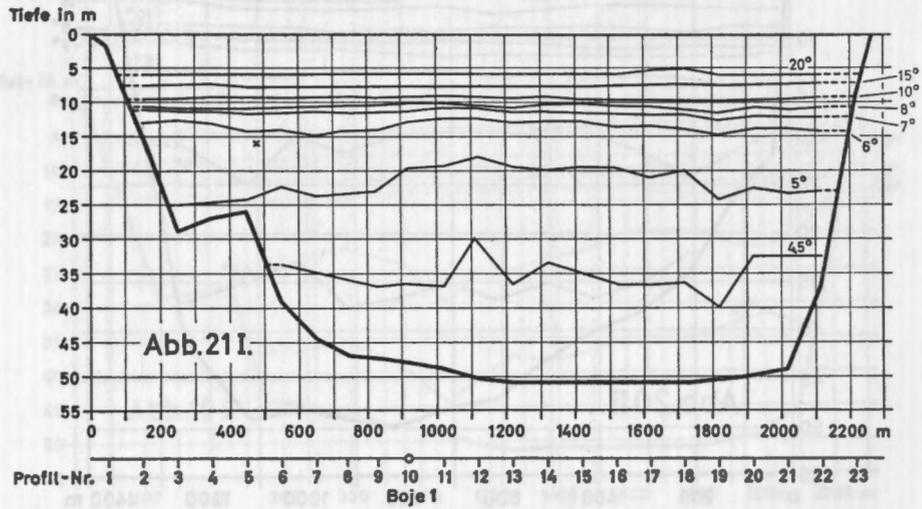


Abb. 21 I: Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 29. 7. 1963.
 Abb. 22: Isothermen im Längsprofil des Laacher Sees am 7. 9. 1963.

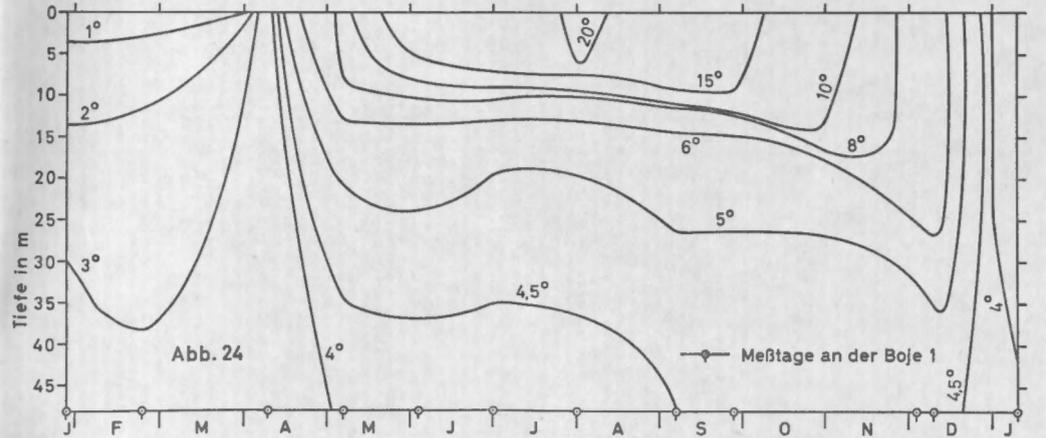
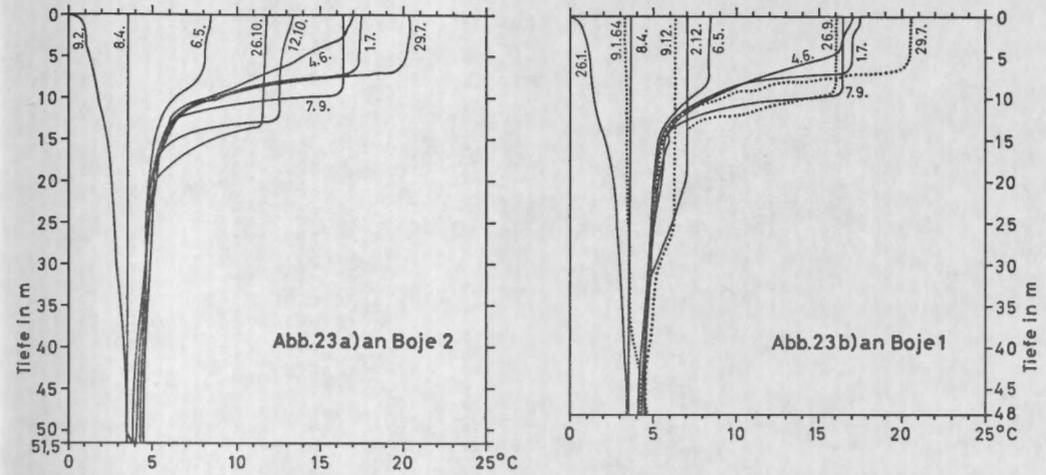


Abb. 23: Tautochronen im Laacher See im Jahr 1963.
 Abb. 24: Jahresgang der Isothermen im Laacher See im Jahr 1963.