

14
Oberösterreichisches
Landesmuseum

I 91690/52

WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN
AUS DEM BURGENLAND

HEFT 52

VERDUNSTUNGSSTUDIEN IM SCHILFGURTEL
DES NEUSIEDLERSEE

VON
TILL DARNHOFER



HERAUSGEGEBEN VOM BURGENLÄNDISCHEN LANDESMUSEUM
IN EISENSTADT

WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN
AUS DEM BURGENLAND

VERDUNSTUNGSSTUDIEN IM
SCHILFGÜRTEL DES
NEUSIEDLERSEE

VON
TILL DARNHOFER

HEFT 52

(NATURWISSENSCHAFTEN, HEFT 34)

EISENSTADT, 1973

HERAUSGEGEBEN VOM
BURGENLÄNDISCHEN LANDESMUSEUM, EISENSTADT
(Amt der Bgld. Landesregierung, Abt. XII/3)

OÖLM LINZ



+XOM372170X

BURGENLÄNDISCHES LANDESMUSEUM, A-7000 EISENSTADT
MUSEUMGASSE 5, BURGENLAND
ÖSTERREICH

I 91690 / 52

Oberösterreichisches
Landesmuseum Linz / D.
Bibliothek

Inv. Nr. P 16 / 1074

Schriftleitung: Dr. A. J. Ohrenberger, Dr. H. Schmid

Für den Inhalt verantwortlich:

Dr. Till Darnhofer

B. P. 136 Bamalco MALI

Jeder Nachdruck, auch auszugsweise,
nur mit Genehmigung des Herausgebers
Rötzer-Druck, Eisenstadt, Bundesstraße 50

INHALTSVERZEICHNIS

| | Seite |
|---|-------|
| I. EINLEITUNG | 7 |
| II. LAGE UND AUFBAU DER SCHILFSTATION RUST | 9 |
| 1. Lage | 9 |
| 2. Aufbau der Station | 11 |
| a) Bestimmung der Verdunstung mit Verdunstungswannen | 11 |
| b) Instrumente zur Berechnung nach dem Wärmehaushalt | 16 |
| c) Instrumente zur Berechnung nach der Austauschformel | 18 |
| III. KLIMA UND MIKROKLIMA DES SCHILFGÜRTELS BEI RUST | 29 |
| 1. Strahlungsverhältnisse im und über dem Schilfbestand | 29 |
| a) Die Sonnenscheindauer in Rust | 30 |
| b) Globalstrahlung und Reflexion | 31 |
| c) Strahlungsverhältnisse im Schilfbestand | 37 |
| d) Strahlungsbilanz | 41 |
| 2. Die Temperaturverhältnisse im Raume Rust | 43 |
| 3. Die Luftfeuchtigkeit im Ort Rust und im Schilfgürtel | 55 |
| 4. Niederschlag im und am Schilfgürtel | 59 |
| 5. Windrichtung und -stärke an der Station Rust in den Jahren 1967 und 1968 | 65 |
| 6. Die Temperatur, der Pegelstand und der Wärmehalt des Neusiedlersees im Schilfgürtel bei Rust | 73 |
| IV. VERDUNSTUNGSERGEBNISSE DER VERSCHIEDENEN WANNENMETHODEN | 85 |
| 1. Fehlerquellen der Verdunstungsmessung | 86 |
| a) Fehlerquellen des Wasserstandes | 86 |
| b) Unterschiede der meteorologischen Parameter zwischen Wanne und See | 87 |
| 2. Temperaturverhältnisse in den Verdunstungswannen | 89 |

| | |
|---|-----|
| 3. Einfluß der meteorologischen Parameter auf die Verdunstung | 92 |
| 4. Ergebnisse der Verdunstungsmessungen | 98 |
| | |
| V. BERECHNUNG DER VERDUNSTUNG UNTER ANWENDUNG DER WÄRMEHAUSHALTSGLEICHUNG | 110 |
| 1. Berechnung der Verdunstung aus der Wärmehaushaltsgleichung unter Verwendung der Bowenbeziehung | 110 |
| 2. Berechnung der Verdunstung aus der Wärmehaushaltsgleichung unter Berücksichtigung des Windeinflusses | 120 |
| a) Berechnung der Wärmeübergangszahl mit Hilfe der Windgeschwindigkeit | 123 |
| b) Berechnung der Wärmeübergangszahl mit Hilfe der potentiellen Temperatur | 129 |
| | |
| VI. VERDUNSTUNGSBERECHNUNGEN NACH DER AUSTAUSCHMETHODE | 133 |
| | |
| VII. GEGENÜBERSTELLUNG UND DISKUSSION DER VERDUNSTUNGSERGEBNISSE | 137 |
| | |
| VIII. ZUSAMMENFASSUNG | 149 |
| | |
| IX. LITERATURNACHWEIS | 151 |

Im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade (1965—75) werden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik seit 1966 im Gebiet des Neusiedlersees meteorologische Untersuchungen durchgeführt.

Im Vordergrund dieses Programmes steht das Problem der Verdunstung. In dieser Arbeit sollen die Zusammenhänge von Verdunstung an freier und an mit Schilf bestandener Wasseroberfläche untersucht werden.

Der Großteil des Neusiedlersees ist von einem Schilfgürtel umgeben, sodaß durch die Verdunstung des Schilfes, beziehungsweise durch die Evapotranspiration, ein weiterer wesentlicher Verlust an Wasser gegeben ist. Um diesen Betrag näher untersuchen zu können, mußte in diesem Schilfgürtel eine Meßstation errichtet werden.

Auf Grund der günstigen meßtechnischen Voraussetzungen und der Homogenität des Schilfgürtels wurde 1966 diese Meßstation in der Nähe von Rust ($47^{\circ} 48' N$, $16^{\circ} 40' E$) errichtet.

Im Frühjahr 1967 wurde an der Zentralanstalt in Wien die instrumentale Ausrüstung soweit vorbereitet, daß im Sommer 1967 Verdunstungsbestimmungen mittels Wannerverdunstung und nach der Wärmehaushalts- und der Austauschmethode möglich wurden.

Ziel der vorliegenden Dissertation ist es, die verschiedenen Methoden und ihre Ergebnisse für die Verdunstungsbestimmung im Schilfgürtel näher zu untersuchen.

II. LAGE UND AUFBAU DER SCHILFVERDUNSTUNGSSTATION RUST

In diesem Kapitel soll auf die näheren Verhältnisse des Aufstellungs-ortes mit seinem Schilfbestand und auf die notwendige technische Installation der Meßgeräte, die einen wesentlichen Arbeitsaufwand an dieser Dissertation darstellt, eingegangen werden.

1. LAGE DER STATION

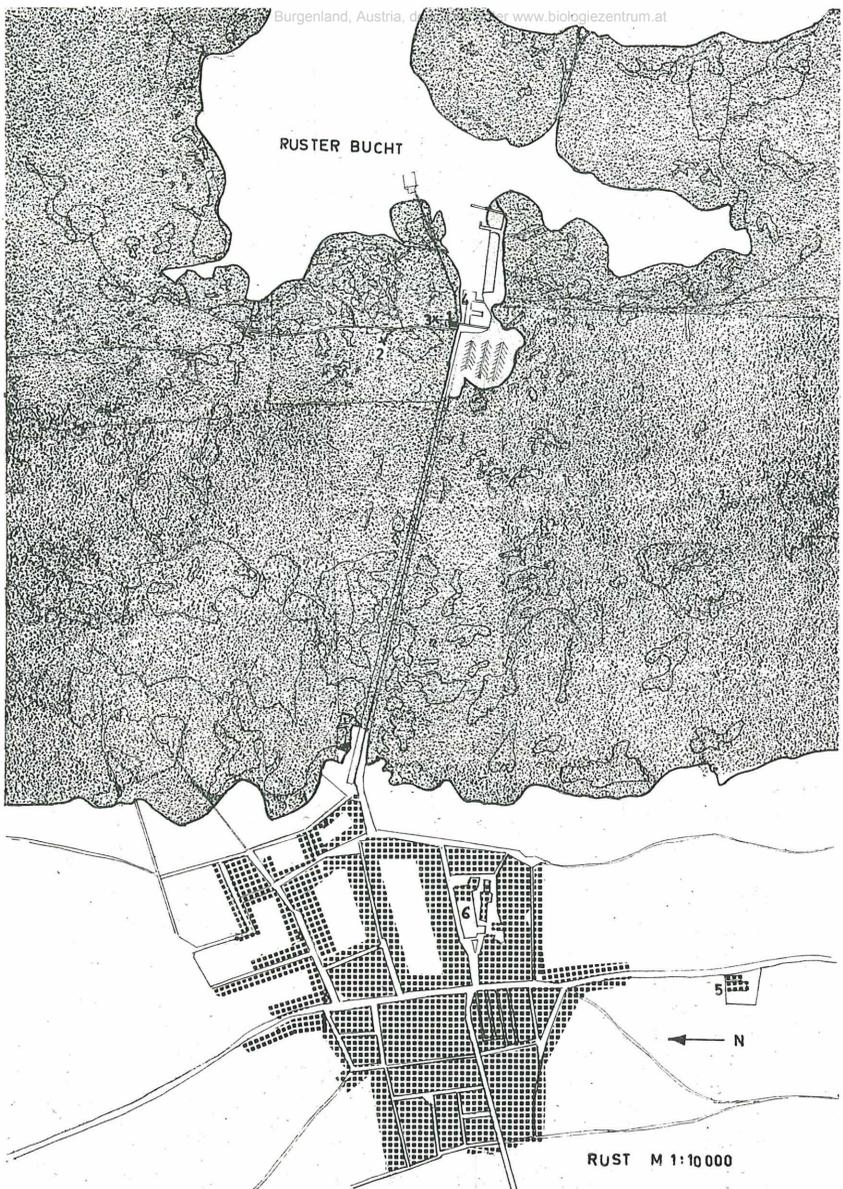
Für die Errichtung einer Meßstation im Schilf mußte ein Platz gesucht werden, der eine gute Homogenität des Schilfbestandes gewährleistet. Da der Hauptbestand an Schilf am Westufer des Neusiedlersees zu finden ist, fiel die Wahl auf Rust. Hier hat der Schilfgürtel eine Mächtigkeit von 1 km, kann sich aber auch bis zu 2 km ausdehnen.

Bei Rust kann man auf einem Straßendamm, der zu einer Badeanstalt führt, den Schilfgürtel durchqueren. Am Ende dieser künstlichen Dammstraße konnte außerdem für die Unterbringung der Registriergeräte die Hütte der Biologischen Station der Burgenländischen Landesregierung zur Verfügung gestellt werden, in der auch ein Kraftstromanschluß vorhanden war.

Ein weiterer Grund, der für die Errichtung der Station in Rust sprach, war, daß auch das Pflanzenphysiologische Institut der Universität Wien in Rust zahlreiche Untersuchungen durchführte. Damit war in weiterer Form eine Zusammenarbeit mit ähnlicher Zielsetzung gegeben.

Geographisch liegt die Freistadt Rust (121 m NN) am Fuße der Osthänge des Ruster Hügelzuges, dessen Kamm in nord-südlicher Richtung verläuft und dessen höchste Erhebung 200 m NN beträgt.

Die landseitige Schilfgrenze ist zufolge der Kultivierung Schwankungen unterworfen. In einer Entfernung von 800 m vom Ufer wurde die Station im Schilfbestand errichtet. Die Entfernung von der Station zur freien Wasserfläche ist stark von der Richtung abhängig, da östlich der Meßanlage die Ruster Bucht tief in den Schilfgürtel einschneidet. (Siehe



Lageskizze)

- 1 Station
- 2 Meßmast
- 3 Meßstelle des Wassertemperaturprofils
- 4 Windregistrierung (Restaurant)
- 5 Polizeistation Rust
- 6 Alte Klimastation im Ort

Abbildung 1: Lage der Station Rust im Schilfgürtel

Der Gerätebedarf der Station richtet sich nach den Methoden, die zur Bestimmung der Verdunstung führen, und erfordert, da es sich bei der Verdunstung um eine sehr komplexe Größe handelt, die Erfassung einer Vielfalt meteorologischer Elemente.

Die Bewältigung der auftauchenden meßtechnischen Probleme, vom Geber bis zur Registrieranlage, erfordert einerseits überlegungsmäßig und andererseits praktisch einen Großteil der aufzuwendenden Arbeit.

Wie schon kurz in der Einleitung erwähnt, stehen zur Bestimmung der Verdunstung verschiedene Methoden zur Verfügung. Diese Methoden sind:

- a) Bestimmung der Verdunstung mit Verdunstungswannen
- b) Bestimmung nach der Wärmehaushaltsgleichung
- c) die Austauschmethode

Anschließend an die technische Beschreibung dieser Methoden wird noch auf verschiedene Zusatzinstrumentierungen eingegangen.

a) *Bestimmung der Verdunstung mit Verdunstungswannen*

Im Rahmen der Entwicklung der Meteorologie wurden für verschiedene Zwecke Verdunstungsmesser gebaut. Hauptsächlich ging der Impuls von der Agrarmeteorologie aus. Häufig verwendete Instrumente, wie Piche-Röhrchen (1) oder die Wildsche Waage (2), kamen auf Grund der Tatsache, daß es sich hierbei ausschließlich um relativ messende Geräte handelt, nicht in Betracht.

Ein weiteres Relativgeräte für die direkte Bestimmung der Verdunstung ist die Verdunstungswanne. Wegen ihrer Einfachheit werden sie heute in verschiedenen Formen, die von der WMO (3) empfohlen werden, auf der ganzen Welt verwendet.

Die Verwendung von Wannen an Land ist wegen des Temperaturunterschiedes Wanne—Boden problematisch, weiters auch deshalb, weil der Wanne ständig Wasser zur Verfügung steht, während dies beim Boden meist nicht der Fall ist.

Werden Wannen bei der Bestimmung der Verdunstung von Wasserflächen (Seen) eingesetzt, so lassen sich einigermaßen brauchbare und nicht zu hohe Verdunstungswerte erwarten, da es sich in beiden Fällen um potentielle Evaporation handelt. Die Brauchbarkeit verschiedener Wannen wurde insbesondere von A. R. Konstantinov untersucht (4).

In Rust standen folgende Wannentypen zur Verfügung:

Class A-Pan (CAP)

Class A-Pan gespült

GGI — ähnliche Wannen (Sunken Pans)

Schilfwannen

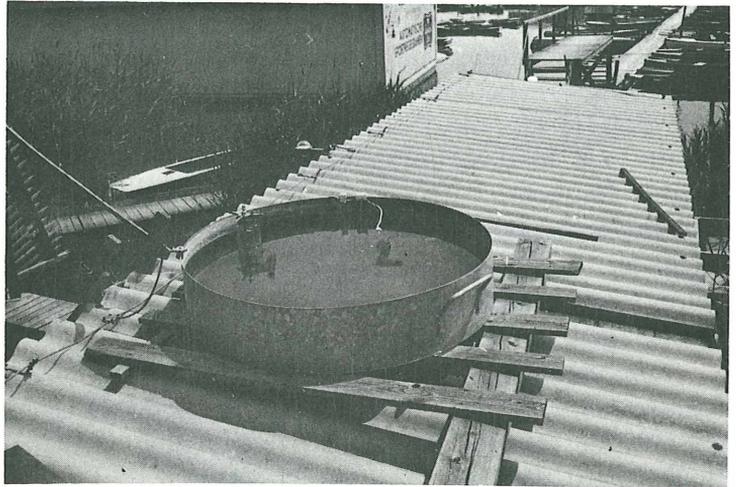
Die Nomenklatur entspricht der internationalen Typenbezeichnung nach der Empfehlung der WMO (3).

Im folgenden wird auf die verschiedenen Typen und ihre Aufstellung, die ja nicht unwesentlich ist, eingegangen. Die Bearbeitung der Ergebnisse folgt in Kapitel IV.

Class A Wanne

Die Class A Wanne ist eine internationale Standardwanne. Auf Grund einer Empfehlung der WMO (3) wird sie in den meisten Ländern der Erde, die sich mit Verdunstungsproblemen beschäftigen, verwendet.

Der Durchmesser beträgt 121 cm und die Höhe 25,5 cm. In Rust wurde 1966 eine Wanne dieses Typs am Hüttendach der Station aufgestellt (Abb. 2).



- 1 Beruhigungsglas mit Mikrometerschraube
- 2 Temperaturfühler

Abbildung 2: Class A Wanne am Hüttendach

Gespülte Class A Wanne

Um die großen Temperaturunterschiede zwischen See und der Wanne zu verhindern, wird eine gespülte Class A Wanne verwendet (Abb. 3).

Die eigentliche Verdunstungswanne, von einer zweiten Wanne umgeben, wird mittels einer Pumpe mit Seewasser umspült. Bei einer Förderleistung der Pumpe von 25 l/min, was einen kompletten Wasseraustausch in der Hüllwanne innerhalb von 5 Minuten ergibt, konnten nur mehr Temperaturdifferenzen von einigen Zehntel-Grad festgestellt werden.

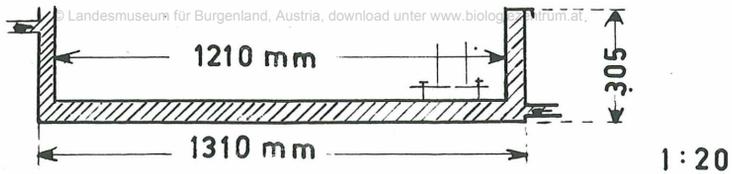


Abbildung 3: Skizze einer gespülten Class A Wanne

Mit dieser Wanne, die auf einer Plattform, die etwa 50 cm über der Wasserfläche in dichtem Schilfbestand aufgestellt worden war, konnte den natürlichen Verhältnissen der Verdunstung der freien Wasserfläche möglichst nahe gekommen werden.

Der jeweilige Wasserstand in beiden Wannen wurde mit einer auf einem Beruhigungsglas aufliegenden Mikrometerschraube gemessen.

Wannen nach dem Muster der Sowjetischen GGI Verdunstungswannen

Bei GGI-Wannen handelt es sich um relativ kleine Wannen mit $0,3 \text{ m}^2$ (GGI 3000) beziehungsweise $0,05 \text{ m}^2$ (GGI 500) Verdunstungsfläche und einer Tiefe bis zu einem Meter.

Da die Temperatur im Schilfbestand vor allem im Sommer eine starke vertikale Schichtung aufweist, scheint diese Art von Wannen (Abb. 4) günstig zu sein, da man sie schwimmend installieren kann.

Um sie im dichten Schilfbestand verwenden zu können, wurde eine kleinere Ausführung der sowjetischen GGI 3000 Wanne gebaut. Die Verdunstungsfläche beträgt 707 cm^2 und die Höhe 50 cm. Hartschaumringe sorgen für die Schwimmfähigkeit der Wannen (Abb. 4).

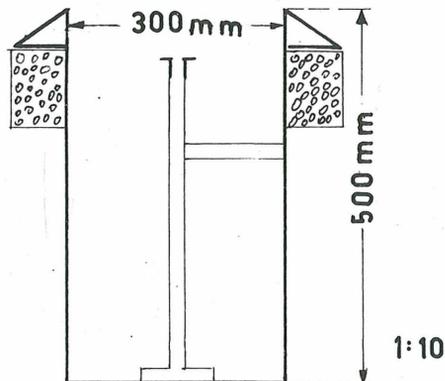


Abbildung 4: Skizze der Verdunstungswanne nach GGI 500, frei schwimmend

Die Wasserstandsänderung wurde mit Hilfe von Meßkännchen und Mensur bestimmt. Der Meßvorgang läuft so ab, daß das auf der Unterseite verschließbare Kännchen auf eine fixe Auflagefläche gesetzt wird, die sich unter dem Wasserspiegel der Wanne befindet. Sobald der Wasserstand im Kännchen gleich dem äußeren ist, wird das Ventil geschlossen

und die Wassermenge mit der Mensur bestimmt. Durch entsprechende Kalibrierung der Mensur kann der Wasserstand in mm abgelesen werden. Diese Teilung wurde fallweise durch Zugabe einer bestimmten Wassermenge in die Wanne überprüft.

Diese volumetrische Wasserstandsbestimmung weist nach sowjetischen Untersuchungen (3) gegenüber der Bestimmung mit der Mikrometerschraube keine Unterschiede in der Genauigkeit auf.



Abbildung 5: Kännchen mit Mensur

Drei derartige Verdunstungswannen wurden in verschieden dichtem Schilfbestand eingesetzt.

„Schilfwannen“

Die Verdunstung im Schilfgürtel setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: aus der Verdunstung der Wasseroberfläche und aus dem Wasserverlust durch pflanzliche Transpiration, eben der Evapotranspiration.

Zur Erfassung beider Komponenten wurden sogenannte „Schilfwannen“ installiert.

1966 wurden erstmalig in einer großen Blechwanne (2×1 m und 1 m tief) Schilfrhizome eingepflanzt. Diese Wanne wurde im dichten Schilfbestand abgesenkt und der Wasserstand wie bei den GGI-Wannen täglich bestimmt. Der Schilfbestand in dieser Wanne entwickelte sich gut, doch infolge zu schwacher Konstruktion zerbarst die Wanne.

1968 wurde diese Wanne durch zwei runde ersetzt, die ebenfalls 2 m² Fläche hatten. Die Tiefe dieser Wannen betrug 75 cm. Als Aufstellungsort wurde eine vom Schilf umgebene Fläche nahe dem Meßmast (siehe Abb. 1 und 7) gewählt. Mit Hilfe einer Aufhängevorrichtung, die auf vier Piloten aufliegt, können die Wannen horizontalisiert und höher und tiefer gesetzt werden.

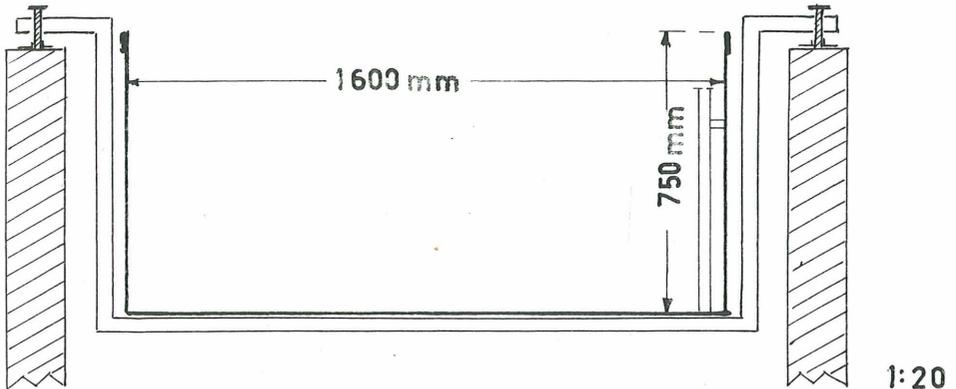


Abbildung 6: Skizze der Schilfwanne mit Aufhängevorrichtung



Abbildung 7:
Die beiden Schilfwannen vom Meßmast aus gesehen. Der Bestand an Schilf ist frisch gepflanzt.

Die Messung des Wasserstandes erfolgte wieder mit Meßkännchen und Mensur.

Die Verwendung der verschiedenen Wannentypen ermöglicht, einerseits einen Anschluß an den internationalen Standard, andererseits eine weitgehende Anpassung an die lokalen Gegebenheiten. Ersteres wird mit der Class-A-Pan erreicht, letzteres mit den Sonderkonstruktionen.

Durch die Verwendung von Wannen, die mit Schilf bepflanzt wurden, lassen sich beide Komponenten des Wasserverlustes, die Verdunstung direkt vom Wasser und die pflanzliche Transpiration, gemeinsam abschätzen.

Bei Verdunstungsmessungen mit Hilfe von Wannen sind außer subjektiven Beobachtungsfehlern noch jene Fehlerquellen laut Konstantinov der „biologische Faktor“ zu beachten.

b) Instrumente zur Berechnung nach dem Wärmehaushalt

Die Wärmehaushaltsgleichung wurde wegen der Verwendbarkeit für den Rechner in folgender Gestalt verwendet:

$$E = \frac{Q + G}{(1 + B) L}$$

Es bedeutet:

E die Verdunstung in cm/h

Q die Strahlungsbilanz in cal/cm² h

G die Änderung des Wärmehaltes im Untergrund

L die Verdampfungswärme (590 cal/g)

B die Bowen-Beziehung

Die wichtigsten Komponenten in dieser Gleichung sind die Strahlungsbilanz (Q), die Energieänderung im Untergrund (G), und die Bowen-Beziehung (B).

Die Bowen-Beziehung ergibt sich als Gleichung:

$$B = \frac{H}{V} = \frac{0,61 p}{1000} \left(\frac{T_s - T_L}{E_s - e_L} \right) \text{ wobei}$$

H den Wärmeumsatz mit der Luft, V die Verdunstungsenergie,

p den Luftdruck in mb, T_s die Seeoberflächentemperatur in °C,

T_L die Lufttemperatur in °C, E_s den Sättigungsdampfdruck bei T_s in mb, e_L den Dampfdruck der Luft in mb darstellen.

Zur Erfassung der Strahlungsbilanz (Q) wurde ein Bilanzmesser benötigt, wobei zur Auflösung der einzelnen Strahlungskomponenten noch die kurzwellige Ein- und Ausstrahlung bestimmt wurde.

Für den Wärmeumsatz im Wasser (G) wurde ein Temperaturprofil im Wasser aufgebaut.

Zur Berechnung von B (Bowen-Beziehung) konnten die Meßdaten aus der Klimahütte, beziehungsweise der Seeoberflächentemperatur herangezogen werden.

b1 Strahlungsmessgeräte:

Zur Messung von Globalstrahlung, Albedo und der kurzweligen Strahlungsverhältnisse im Schilf wurden Sternpyranometer nach Linke, Bauart Dirmhirn (6) verwendet, die Wellenlängen bis zu 3 μ erfassen. Die Sternpyranometer wurden von der Firma Schenk, Wien geliefert und hatten eine Empfindlichkeit von: 2,0, 8,0, 2,0 mV/cal.

Registriert wurde mit einem Fallbügelschreiber der Firma Schenk mit Drehspulenmeßwerk (Innenwiderstand 5 Ohm), wobei ein entsprechendes Abgleichen des Schreibers notwendig war.

Das Pyranometer zur Messung der Globalstrahlung war am Hütten-dach der biologischen Station angebracht, dasjenige zur Messung der Albedo an einem Ausleger des Meßmastes.

Zur Messung der Strahlungsverhältnisse im Schilf war das Sternpyranometer zirka 50 cm über dem Wasser im dichten Schilfbestand montiert.

Zur Messung der Strahlungsbilanz wurde ein Bilanzmesser nach Konstruktion der Zentralanstalt für Meteorologie verwendet, der von Dr. Mahringer und Dr. Motschka beschrieben und entwickelt wurde. (7)

Die Strahlungsumsätze an der oberen und unteren Hälfte wurden getrennt registriert, was den Vorteil hat, daß die einzelnen langwelligen Strahlungskomponenten und die Oberflächentemperatur berechnet werden können. Bei einem Bilanzmesser dieses Typs wird auch noch die Gehäuse-temperatur mit einem Widerstandsthermometer registriert.

Zur Abdeckung der Empfängerfläche wurden Lupolenhauben verwendet. Kondensationsvorgänge wurden durch Stickstoffspülung verhindert. Die Empfindlichkeit des Bilanzmessers beträgt 24 mV/cal und ist im kurzwelligen und langwelligen Strahlungsbereich gleich.

Registriert wurde 1967 mit einem Kompensographen Type Speedomax der Firma Leeds-Northrup, mit einer Empfindlichkeit von 2 mV über die Skala. 1968 wurde auf einem Kompensographen Philips Transokomp 288, mit ebenfalls 2 mV über die Skala, wobei jeweils noch ein Spannungsteiler eingebaut wurde, gearbeitet. Bei beiden Geräten konnte der Nullpunkt verschoben werden, so daß die 2 mV auf $-0,5$ bis $1,5$ mV aufgeteilt waren.

In der Abbildung 8 ist die Aufstellung des Strahlungsbilanzmessers zu sehen. Er war auf einem 2 m langen Ausleger des Meßmastes ungefähr 3 m über der Schilfobergrenze montiert.



Abbildung 8:
Strahlungsbilanzmesser und Sternpyranometer für Albedo.

Regelmäßige Eichungen aller Strahlungsmeßgeräte (mindestens einmal pro Monat) gewährleisteten einwandfreie Daten.

b2 W a s s e r t e m p e r a t u r p r o f i l

Zur Erfassung der Wärmeumsätze im Wasser ist die Messung der Wassertemperatur in mehreren Tiefen notwendig.

In Rust wurde die Wassertemperatur im Schilfbestand in 5 Tiefen gemessen: 15 cm, 30 cm, 45 cm, 60 cm (Boden) unter der Wasseroberfläche und 50 cm im Schlamm. Diese Tiefenangaben beziehen sich auf einen Pegelstand von 154 cm. Die starken Wasserstandsschwankungen des Neusiedlersees müssen außerdem bei Berechnungen berücksichtigt werden.

Als Geber wurden Nickel-Norm Meßwiderstände (100 Ohm = Null Grad Celsius) verwendet, die wasserdicht in Messinggehäuse eingebaut waren. (Abb. 9)

Registriert wurde auf einem Sechsfarben Fallbügelschreiber der Firma Schenk, Wien, mit einem Drehschulmeßwerk und Brückenschaltung in Dreileiterausführung.

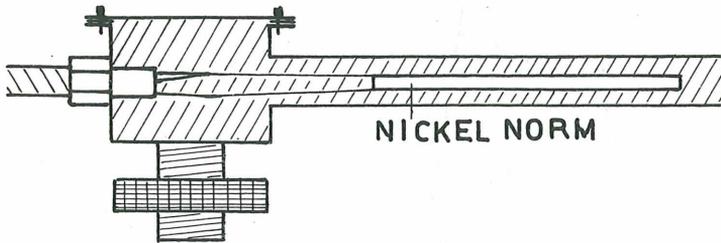


Abbildung 9: Schnitt durch einen Wassertemperaturfühler

Das Auflösungsvermögen des Registriergerätes betrug 17°C über die Skala, so daß die Registrierung ohne weiteres auf 0,1 Grad genau ausgewertet werden konnte.

Diese Schreiber zeichnen sich durch hohe Konstanz der Eichwerte aus, so daß nur im Frühjahr und im Herbst Kontrolleichungen durchgeführt werden mußten.

Ergänzend zum Wassertemperaturprofil wurde 1968 ein Wasseroberflächenthermometer an einem Schwimmer installiert. Damit war es möglich, die oberflächennahe Temperatur trotz starker Wasserstandsschwankungen kontinuierlich zu erfassen, was sich für die Wärmehaushaltsgleichung als wesentlich erwies.

c) *Instrumente zur Berechnung nach der Austauschmethode*

Für die Berechnung der Verdunstung über den Austausch ist es notwendig, die Temperatur- und Feuchtegradienten zu kennen, ebenso sind die Daten des Windprofils erforderlich.

Besonders bei Temperatur und Feuchte sind hohe Meßgenauigkeiten notwendig. Die Theorie verlangt eine Meßgenauigkeit von $0,05^{\circ}$ C bei der Temperatur von 0,01 mb beim Dampfdruck (3).

Um diesen Anforderungen bei registrierenden Messungen gerecht zu werden, mußte die dafür notwendige Meßanlage neu entwickelt werden.
c1 Temperatur und Feuchteprofil

In Rust wurden diese zwei Parameter jeweils in drei verschiedenen Höhen (1,5 m, 3 m, 6 m) über der mittleren Schilfobergrenze gemessen. Als Meßfühler dienten Widerstandsthermometer aus Platin nach DIN-Norm.

In Tabelle 1 wird die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von der Temperatur für die verwendeten Platinthermometer Typ PT 100 aufgezeigt.

Tabelle 1: Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von der Temperatur bei Platinwiderständen PT 100.

| $^{\circ}$ C | Ohm |
|--------------|--------|
| — 50 | 80,25 |
| 0 | 100,00 |
| 50 | 119,40 |

Im Bereich -20 bis $+40$ Grad ist die Widerstandsänderung mit der Temperatur nahezu linear.

Zwei Widerstandsthermometer waren jeweils in einem Psychrometergehäuse (Abb. 10) eingebaut, um die Trocken- und Feuchttemperatur zu bestimmen. Ein elektrisch betriebener Ventilator sorgte für eine Ventilationsgeschwindigkeit von 1,5 m/s. Diese Ventilationsgeschwindigkeit reicht für exakte Psychrometermessungen aus (8).

Die Verarbeitung der bloßen Platinwiderstände mit den Anschlüssen erfolgte wasser- und luftdicht. Ebenso wurden alle weiteren elektrischen Verbindungen verlötet.

- 1 Ventilationsmotor
- 2 Feuchtthermometer
- 3 Trockenthermometer
- 4 Wasservorratsgefäß

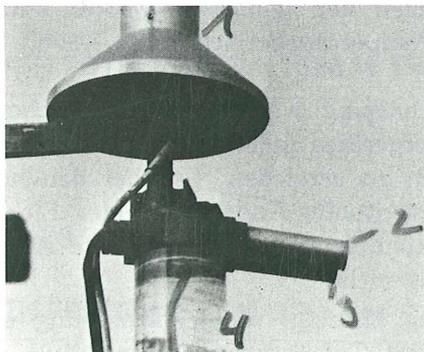


Abbildung 10: Psychrometer

In Ermangelung eines speziellen Registriergerätes mußte für 1967 ein Kompensograph (Speedomax) für Temperaturdifferenzmessungen umgebaut werden, wobei von einer Wheatstonschen Brückenschaltung ausgegangen wurde. (Abb. 11)

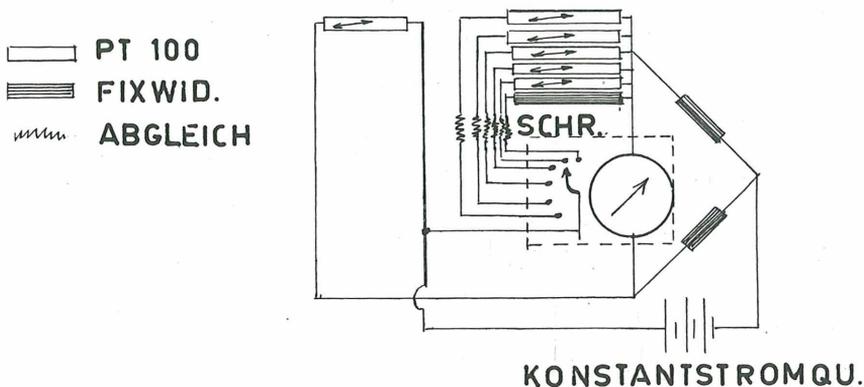


Abbildung 11: Schaltskizze

Wie aus der Abbildung ersichtlich, bestand eine Seite der Meßbrücke aus zwei Widerstandsthermometern, um Temperaturdifferenzen messen zu können und zwar zwischen dem Trockenthermometer in 1,5 m und je einem der übrigen Thermometer. Außerdem wurde die Trockentemperatur in 1,5 m noch absolut bestimmt, indem in diesem Fall gegen einen Fixwiderstand gemessen wurde.

Der Grund für diese Differenzschaltung lag in der beschränkten Schreibbreite des Schreibers mit maximal 23° C und vor allem in der Hintanhaltung von Meßfehlern bei der Bestimmung der jeweiligen Temperaturen, um bei einer Auflösung von 1°/11 mm, die oben verlangte Meßgenauigkeit annähernd zu erreichen.

Für die Messung der Absoluttemperatur (°C) in 1,5 m konnte der Fixwiderstand, gegen den gemessen wurde, stufenweise geändert werden, um einen Temperaturbereich von -15°C bis +35°C erfassen zu können.

Bei dieser Schaltung waren alle elektrischen Verbindungen außerhalb des Registriergerätes gelötet, um eine möglichst geringe Änderung der Eichkonstanten zu erreichen. Um bei den hohen Anforderungen an die Genauigkeit eventuelle Änderungen der Eichkonstanten dennoch berücksichtigen zu können, wurde die gesamte Anlage durchschnittlich alle drei Wochen nachgeeicht.

Die Abbildung 12 zeigt die Verschiebung eines Temperaturwertes, beziehungsweise der Temperaturdifferenz Null, auf der Registrierskala im Verlauf der Meßperiode.

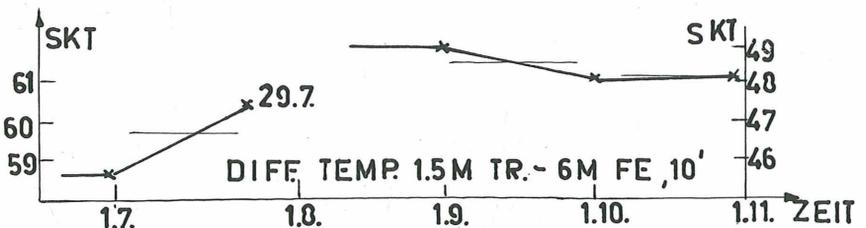
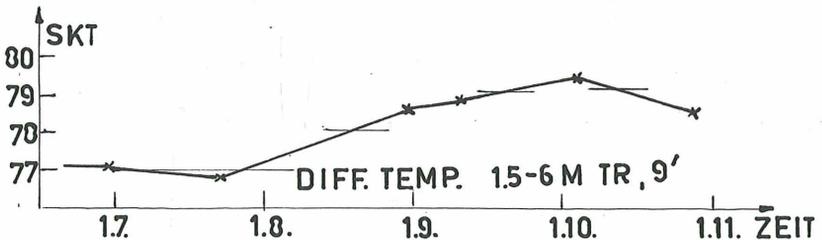
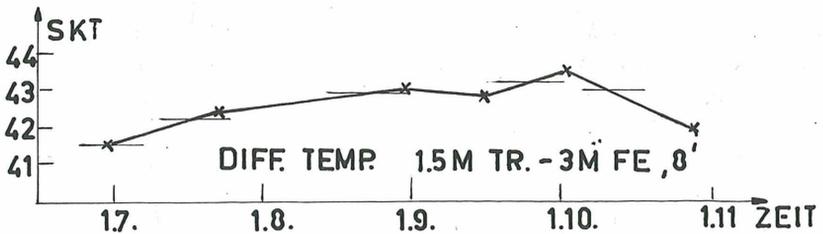
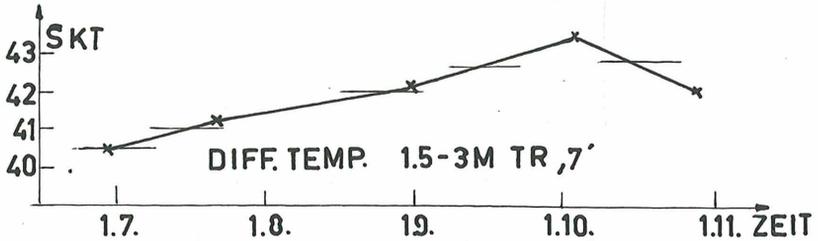
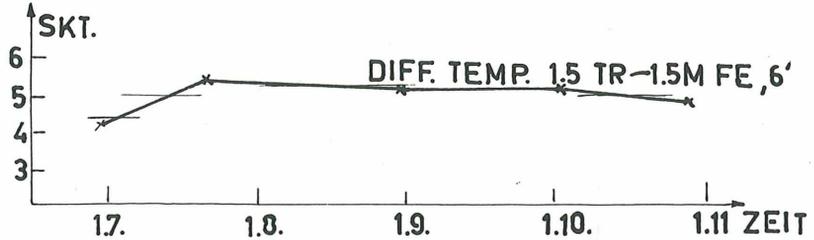
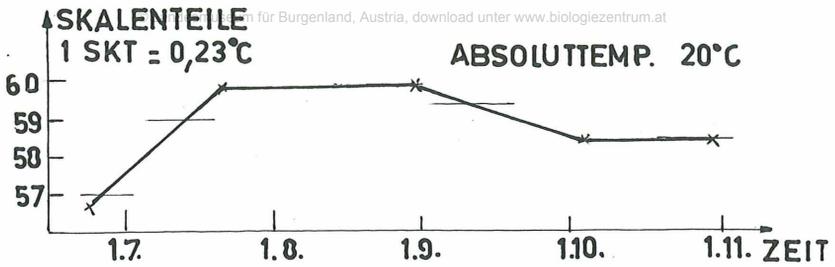


Abbildung 12: Verschiebung des Temperaturwertes 20°C, bei dem absolut messenden Thermometer (Meßbereich +7 bis +30°C) und der Temperaturdifferenzen 0°C, bei den in Differenzschaltung messenden, vom ursprünglich zugeordneten Skalenwert.

Die Empfindlichkeiten während der Beobachtungsperiode hatten sich nicht geändert. Dagegen haben sich die Nullpunkte der Temperaturdifferenzen uneinheitlich bis zu drei Skalenteilen (= $0,7^{\circ}\text{C}$) verschoben. Es mußten daher für jeden Monat und für jeden Bereich Korrekturwerte angegeben werden. Diese Änderungen der Nullpunkte (Abb. 14) können auf Alterungserscheinungen der Lötstellen, des Meßwiderstandes und auf nicht zu vermeidende Widerstandsänderungen an nicht gelöteten elektrischen Verbindungen, z. B. innerhalb des Kompensographen, zurückgeführt werden.

Unter Berücksichtigung dieser Fehlerquellen kann eine Registriergenauigkeit von maximal $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ erwartet werden. Berücksichtigt man den Fehler bei der Auswertung der Registrierung, so können sich Fehler bis zu $0,3^{\circ}\text{C}$ ergeben, die auf Grund der Anforderungen der Theorie, wie schon erwähnt, viel zu groß sind.

Im Jahre 1968 wurde nun für das Temperatur- und Feuchteprofil ein Fallbügelschreiber der Firma Schenk eingesetzt, der speziell zur Messung von Temperaturdifferenzen entwickelt worden war. Das Gerät war mit einem Drehspulmeßwerk ausgerüstet und hatte einen Meßverstärker mit hundertfacher Verstärkung eingebaut. Überdies konnte jede Differenzmeßstelle in ihrer Empfindlichkeit umgeschaltet werden.

Als Geber wurden, wie im Vorjahr, die gleichen Psychrometer verwendet. Die einzelnen Thermometer konnten diesmal nach Abgleich direkt an den Schreiber angeschlossen werden.

Die sechs Bereiche des Schreibers gliedern sich in eine Absoluttemperatur und in fünf Differenztemperaturmeßstellen auf. Unter Absoluttemperatur ist die tatsächliche Temperatur in $^{\circ}\text{C}$ zu verstehen.

An den einzelnen Meßstellen war angeschlossen:

- M1 Absoluttemperatur (3 m Trockentemperatur) umschaltbar -15 bis $+15$ Grad; $+5$ bis $+35$ Grad über die Skala
- M2 Differenz 1,5—3 m Trockenthermometer
- M3 Differenz 1,5—6 m Trockenthermometer
- M4 Differenz 6 m Trocken—6 m Feuchtthermometer
- M5 Differenz 1,5—3 m Feuchtthermometer
- M6 Differenz 1,5—6 m Feuchtthermometer

Den Bereichen M2 bis M6 konnten jeweils Empfindlichkeiten von ± 10 , ± 5 , $\pm 2^{\circ}\text{C}$ über die Skala zugeordnet werden. Bei einer Schreibbreite von 12 cm und einer Empfindlichkeit von $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ist eine Auflösung von $0,01$ — $0,02$ Grad erreichbar.

Auch bei dieser Schaltung waren alle elektrischen Verbindungen außerhalb des Schreibers gelötet. Um Verschiebungen des Nullpunktes (entspricht Temperaturdifferenz $0,00^{\circ}\text{C}$) auf der Schreibskala festzustellen, wurde ungefähr alle drei Wochen eine Eichung der Anlage vorgenommen.

Die Abbildung 13 zeigt die Eichkurve der Absoluttemperatur. Es ist die tatsächliche Thermometertemperatur gegen die Skalenteilung des Schreibers aufgetragen (Meßbereich +5—+35°C).

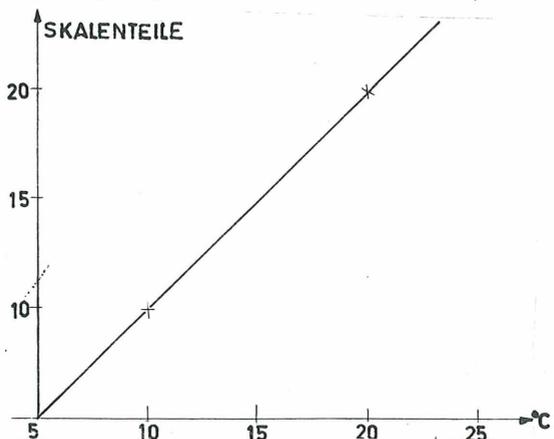


Abbildung 13: Eichkurve der Absoluttemperatur M1 im Bereich +5°C bis +35°C

In Abbildung 14 ist die Änderung des Zeigerausschlages auf der Geräteskala, bei der Temperaturdifferenz Null zwischen den jeweiligen Thermometern, im Verlauf des Jahres 1968 dargestellt.

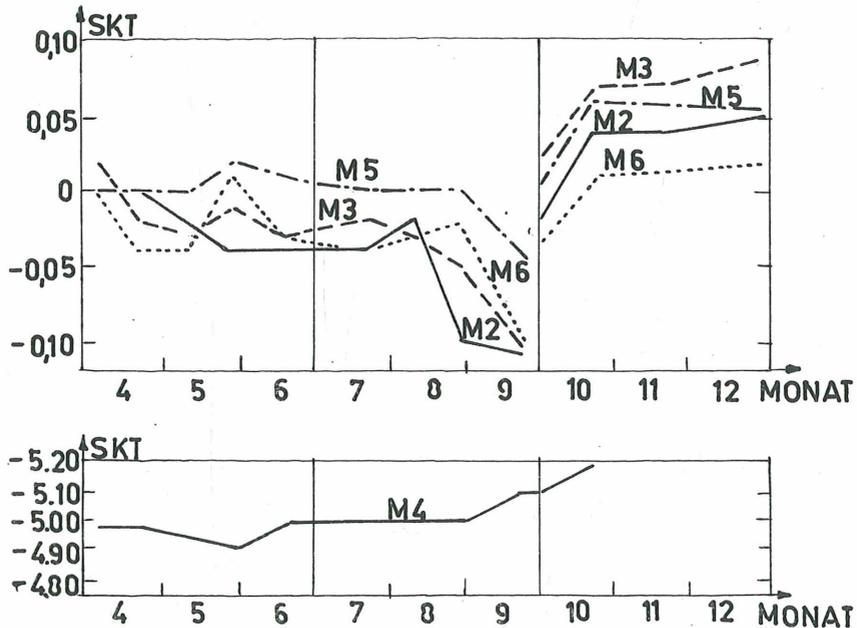


Abbildung 14: Verschiebung des Skalenwertes der Temperaturdifferenz Null für die einzelnen Differenztemperaturmeßstellen (Empfindlichkeit $\pm 2^\circ$ bzw. $\pm 5^\circ$ über die Skala)

Bei den Eichungen wurden die Thermometer gemeinsam in ein Wasserbad gegeben, bei dem durch Umrühren für Isothermie des gesamten Bades gesorgt wurde. Die Temperaturdifferenz zwischen den einzelnen Thermometern mußte daher gleich Null sein.

Die relativ starken Schwankungen des Nullpunktes auf der Skala sind weitgehend auf Widerstandsänderungen im Registriergerät zurückzuführen. Der starke Sprung Anfang Oktober 1968 resultiert aus einer Neujustierung des Schreibers nach einer Reparatur.

Die Genauigkeit der endgültigen Auswertung beträgt:

Absoluttemperatur: 0,2 Grad

Differenz 6 m Tr-Fe: 0,1 Grad

übrige Differenz: 0,04 Grad

Aus den registrierten Temperatur- und Feuchtigkeitsdifferenzen kann der zugehörige Temperaturgradient berechnet werden.

c2 Wind

Ein weiterer Faktor in der Austauschformel ist der Wind. Zur Messung der Windgeschwindigkeit und ihres vertikalen Gradienten wurden 1967 drei Schalenkreuzanemometer der Firma Lambrecht mit 500 m Windwegkontakten verwendet, die in den gleichen Höhen über Schilf, wie die Psychrometer montiert waren.

In diesem Schalenkreuzanemometer wird nach einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen, die einem bestimmten vom Wind zurückgelegten Weg entsprechen, ein elektrischer Kontakt geschlossen.

1968 wurde zur Vervollständigung des Windprofils ein zusätzlicher Windweggeber in der Schilfobergrenze montiert.

Die Eichung dieser Anemometer im Windkanal ergab nur sehr geringe Abweichungen von der tatsächlichen Windgeschwindigkeit. Die Ansprechgeschwindigkeit lag unter 50 cm/s und war bei allen Geräten nahezu gleich (9).

Um zur Registrierung der Windwegkontakte ein preisgünstiges Kleinregistriergerät der Firma Goerz Miniscript Z (Zeitmarkenschreiber) verwenden zu können, mußte ein spezieller Netz- und Relais teil gebaut werden.

Das Registriergerät Goerz Miniscript Z verfügt über zehn nebeneinander liegende Schreibspuren. Je zwei wurden einem Geber zugeordnet. Eine zur Aufzeichnung der Einzelkontakte und eine zur Registrierung jedes zehnten Kontaktes, wodurch die Auszählung wesentlich erleichtert wurde.

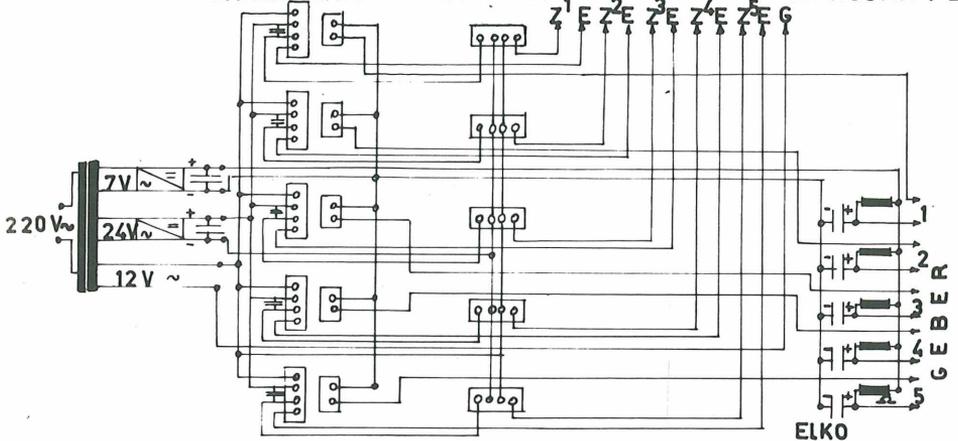


Abbildung 15: Schaltplan eines Netzvorsichtgerätes

Erläuternd zur Abbildung 15 sei gesagt, daß durch das Schließen des Windwegkontaktes ein Kammrelais gesteuert wird. Dieses Relais gibt einen Stromimpuls sowohl an das Registriergerät, als auch an ein Zählrelais weiter. Nach je zehn Stromimpulsen gibt das Zählrelais einen Impuls an das Registriergerät weiter. Bedingt durch die technische Ausführung des Registriergerätes und der Relais wurden drei Spannungen benötigt (7 V, 24 V, 12 V).

Weitere Instrumente

Da es notwendig ist, die einzelnen Methoden durch zusätzliche Messungen zu präzisieren und um Fehler möglichst auszuschließen, wurden an der Station Rust, außer den in den vorigen Abschnitten bereits angeführten Instrumenten, noch folgende Meßgeräte verwendet:

1. eine Klimahütte mit Standardausrüstung
2. ein Windweg- und Windrichtungsschreiber vom Typ Woelfle
3. ein Lattenpegel zum Ablesen des Seewasserstandes
4. Niederschlagsmesser und zwar:
 - ein Regenschreiber und zwei Regenkübel mit 200 cm² Auffangfläche, sowie acht schwimmende Regenkübel mit 100 cm² Auffangfläche für Untersuchungen über die Niederschlagsverhältnisse um und im Schilf. Die Niederschlagsmessungen waren für die Wasserbilanz in den Verdunstungswannen besonders wichtig.

Im Jahre 1968 wurden außer dem Umbau der Temperatur- und Feuchtmeßanlage noch einige Zusatzmeßanlagen, die zur Klärung und Erweiterung der anzuwendenden theoretischen Methoden dienen sollen, eingerichtet.

Das Temperatur- und Feuchteprofil wurde durch zwei weitere Psychrometer im Schilfbestand ergänzt, wobei die einzelnen Temperaturwerte absolut registriert wurden. Ferner wurden noch Oberflächenthermometer an Wannen eingerichtet.

Die Verbindung zwischen den Gebern am Meßmast und den Registriergeräten in der Stationshütte wurde, über 220 m lange Kabel mit insgesamt 35 Adern hergestellt.

Die folgende Abbildung (Abb. 16) zeigt ein Blockschaltbild der Anlage in Rust.

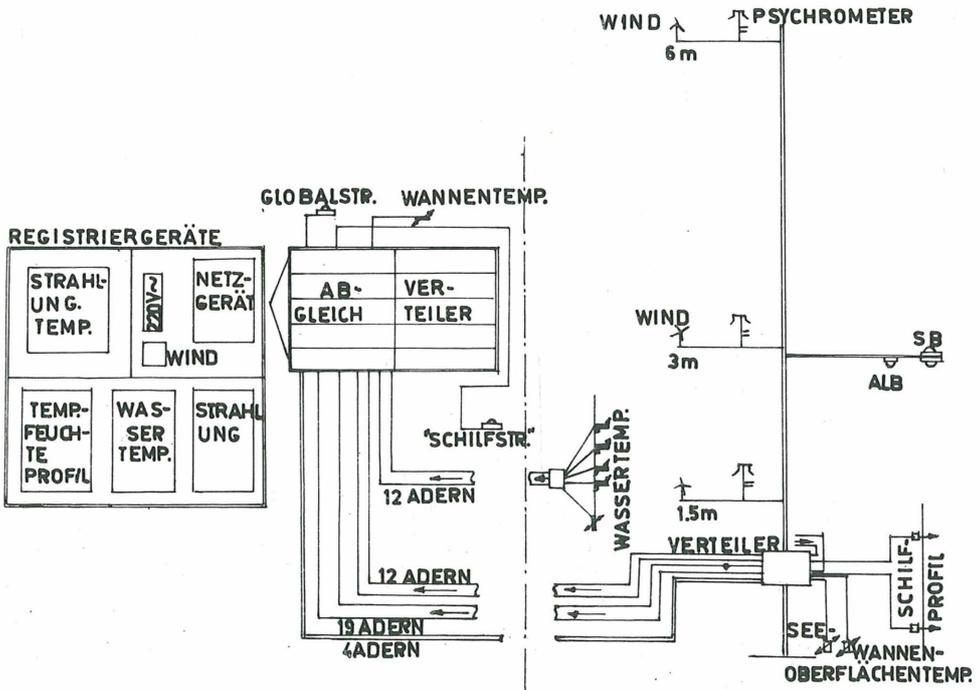


Abbildung 16: Blockschaltbild der Anlage in Rust

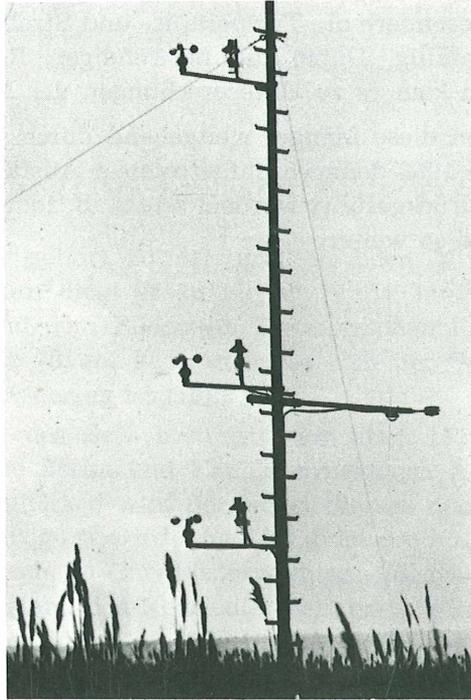


Abbildung 17: Der Meßmast mit den drei Schalenkreuzanemometern in 1,5 m, 3 m und 6 m über Schilf und den drei Psychrometern für die Trocken- und Feuchttemperatur in denselben Höhen und dem Ausleger mit dem Strahlungsbilanzmesser und Sternpyranometer für die Albedo.

Abschließend sei gesagt, daß 1967 insgesamt 25 meteorologische Elemente laufend registriert wurden und 1968 weitere 7 hinzu kamen.

Zu den registrierten Messungen kamen noch die Niederschlagsmessungen und die Kontrollen des Wasserstandes in zeitweise bis zu sieben Verdunstungswannen.

Dieses äußerst umfangreiche Meßprogramm wurde aber nur während der Vegetationsperiode im ganzen Umfang aufrecht erhalten. Während der Wintermonate wurde das gesamte Wannenprogramm eingestellt, ebenso die Messungen des Feuchteprofils, da nicht unterschieden werden konnte, ob man den Dampfdruck über Wasser oder Eis mißt, außerdem ein Aufeisen der Geräte unmöglich wäre und überdies das Vorratswasser gefroren wäre.

Trotz ständiger Betreuung waren kurzfristig Ausfälle von Registrierungen nicht zu vermeiden.

Besonders die Feuchttemperaturregistrierung war durch Austrocknen der Befeuchtungsdochte 1967 von Ausfällen betroffen. Bedingt durch die starken Schwankungen von Temperatur und Feuchte in der Stationshütte

zeigten sich insbesondere die Temperatur- und Strahlungsregistrieranlagen stark störungsanfällig. Durch die notwendigen Reparaturen an diesen Registriergeräten kam es zu Unterbrechungen der Meßreihen.

1968 konnten diese Mängel weitgehend durch Verbesserungen behoben werden. Die 1968 dennoch aufgetretenen Ausfälle können auf äußere Einwirkungen zurückgeführt werden, wie z. B. fehlerhafter Anschluß des Kraftstromes und so weiter.

III. KLIMA UND MIKROKLIMA DES SCHILFGÜRTELS BEI RUST

Der Neusiedlersee gehört zu den größten Seen Mitteleuropas. Mit einer Fläche von 337 km² liegt er an vierter Stelle, hinter dem Plattensee, dem Genfersee und dem Bodensee. Dieser großen Fläche steht eine mittlere Tiefe von nur 70 cm gegenüber, so daß der Wasserinhalt mit 250 Millionen m³ relativ gering ist (10).

Das Einzugsgebiet des Sees erstreckt sich über 1310 km², es wird aber nur durch kleinere Bäche und Kanäle entwässert. Außer diesen geringen oberirdischen Zuflüssen wird der Neusiedlersee noch durch Grundwasser gespeist. Der einzige oberirdische Abfluß ist der künstlich angelegte Einserskanal, der entsprechend einem österreichisch-ungarischen Schleusenabkommen den Wasserstand des Neusiedlersees regelt. Für weiteren Wasserverlust kommt entscheidend die Verdunstung in Frage, die nur teilweise durch den Niederschlag kompensiert wird. Zur Verdunstung von der Wasserfläche kommt noch die Transpiration des Schilfgürtels hinzu, der etwa 30 Prozent der Seefläche ausmacht.

Um Verdunstungsprobleme, einerseits direkt von der Wasserfläche und andererseits die Evapotranspiration, also die Verdunstung von der Oberfläche und die Transpiration des Schilfes, behandeln zu können, ist eine genaue Kenntnis des Klimas im und über dem Schilf notwendig.

An Hand der verschiedenen Parameter wird im folgenden auf das Klima und Mikroklima des Schilfgürtels eingegangen.

1. STRAHLUNGSVERHÄLTNISSE IM UND ÜBER DEM SCHILFBESTAND

Für die klimatisch-strahlungsmäßige Beurteilung ist die tatsächliche Sonnenscheindauer ein wichtiger Faktor. Sie ist aber für energiemäßige Betrachtungen nicht geeignet.

Deshalb wird im weiteren auf die Globalstrahlung (Sonnen- und Himmelstrahlung im Bereich von 0,3—3 μ) eingegangen. Entsprechend dem Reflexionsvermögen der von der einkommenden Strahlung getroffenen Unterlage, geht durch Reflexion ein Teil der Energie wieder verloren. Da bekanntlich jeder Körper entsprechend seiner Temperatur ausstrahlt, sendet die Erde und auch die Atmosphäre langwellige Strahlung (0,8—1000 μ) aus.

Der gesamte strahlungsmäßige Energiehaushalt kann nur über die Strahlungsbilanz erfaßt werden.

a) Die Sonnenscheindauer in Rust

Bei der Sonnenscheindauer ist zwischen der theoretisch und effektiv möglichen und der tatsächlichen zu unterscheiden.

Hier wird auf die tatsächliche Sonnenscheindauer eingegangen, die in den Jahren 1933—38 in Rust mit einem Sonnenscheinautographen registriert wurde. Die Tabelle 2 gibt die mittlere monatliche Sonnenscheindauer in Stunden an und stellt sie der theoretisch möglichen gegenüber.

Tabelle 2: Sonnenscheindauer in Rust in Stunden/Monat

| | a) mittlere tatsächliche | | | | | b) effektive mögliche | | | | | | | |
|----|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
| a) | 64 | 95 | 148 | 164 | 226 | 254 | 267 | 223 | 196 | 101 | 69 | 52 | 1859 |
| b) | 220 | 235 | 302 | 357 | 419 | 430 | 441 | 398 | 322 | 265 | 226 | 216 | 3831 |

Wie stark die mittlere tatsächliche Sonnenscheindauer hinter der theoretisch möglichen zurückbleibt, kommt in Abbildung 18 klar zum Ausdruck, in der das Verhältnis von mittlerer tatsächlicher zu effektiv möglicher Sonnenscheindauer in Prozenten dargestellt ist.

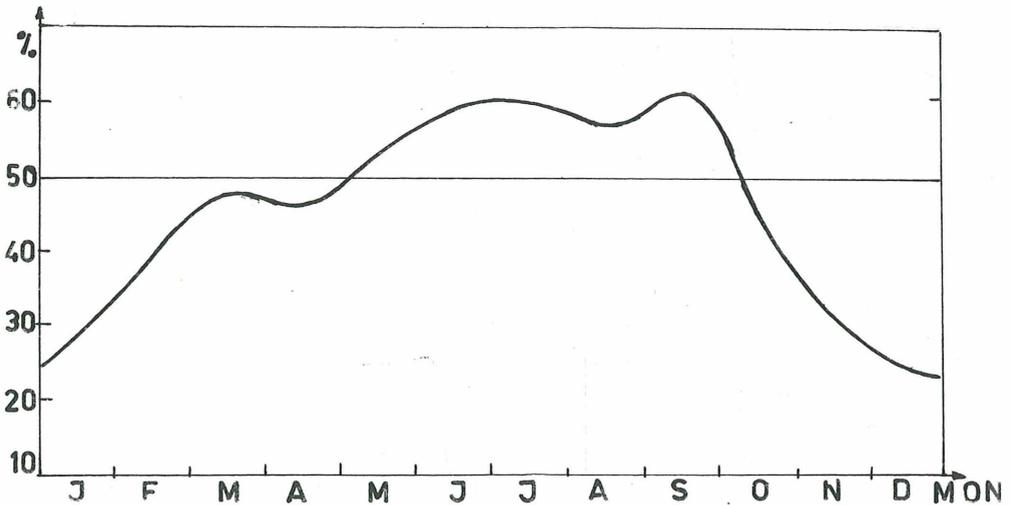


Abbildung 18: Verhältnis von mittlerer tatsächlicher zu effektiv möglicher Sonnenscheindauer in % in Rust.

Im Jahresablauf zeigt die Abbildung 18, daß von Mai bis September mehr als 50% der effektiv möglichen Sonnenscheindauer vorhanden ist. Mit 61% des möglichen Sonnenscheins ist der September der schönste Monat des Jahres. Bedingt durch die häufige Nebelbildung über dem Neusiedlersee (wärmerer See — feuchtere Luft) sinkt im Herbst die Anzahl der Stunden mit Sonnenschein rasch ab.

Nicht nur aus der mittleren Jahressumme der Sonnenscheindauer, sondern auch aus dem Verhältnis der tatsächlichen zur effektiv möglichen Sonnenscheindauer von 44% ist zu erkennen, daß Rust mit zu den sonnenreichsten Gebieten Österreichs gehört. Allerdings ist zu beachten, daß diese Ergebnisse nur für eine relativ kurze Periode gelten. Deutlich wird das Ergebnis im folgenden Abschnitt.

b) Globalstrahlung und Reflexion

Die Globalstrahlung erfaßt den gesamten kurzwelligen Anteil des sichtbaren Spektrums, der von der direkten Sonnenstrahlung und der Himmelsstrahlung ausgeht, in cal auf die horizontale Flächeneinheit (cm²). Die Kenntnis der Globalstrahlung ist deshalb wichtig, weil sie den Hauptanteil an Energie liefert und außerdem von physiologischer Bedeutung für Flora und Fauna ist.

Wie schon erwähnt liegt Rust in einem relativ wolkenarmen Gebiet, so daß dementsprechend hohe Strahlungssummen zu erwarten sind.

Zur Beurteilung der Globalstrahlungswerte von Rust wurden Werte aus Neusiedl und aus Wien Hohe Warte herangezogen.

Tabelle 3: Globalstrahlung in cal/cm² Monat und Jahr

a) Neusiedl 1951—56;

b) Wien 1951—56;

c) Wien langjährig

| | J | F | M | A | M | J | J |
|----|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| a) | 2430 | 3843 | 6700 | 10297 | 13400 | 14110 | 14453 |
| b) | 2046 | 3506 | 6520 | 10067 | 12990 | 13363 | 14698 |
| c) | 2002 | 3759 | 6903 | 9998 | 12925 | 13800 | 14192 |
| | A | S | O | N | D | Jahr | |
| a) | 12456 | 9102 | 5811 | 2664 | 1687 | 96863 | |
| b) | 12729 | 8939 | 5346 | 2231 | 1505 | 94102 | |
| c) | 12260 | 8795 | 5052 | 2065 | 1510 | 92695 | |

Die langjährigen Mittel aus Wien (Tab. 3c) differieren nur wenig von jenen der Periode 1951—56 (Tab. 3b) aus der auch Daten von Neusiedl am See vorliegen. Die Werte von Wien liegen unter denen, die in Neusiedl gemessen wurden, dies ist auf das Fehlen des Stadtdunstes zurückzuführen und auf den stärkeren Einfluß des pannonischen Klimas mit seiner hohen Sonnenscheinhäufigkeit. Die Werte aus Neusiedl können daher nahezu als Normalwerte für den Neusiedlersee betrachtet werden.

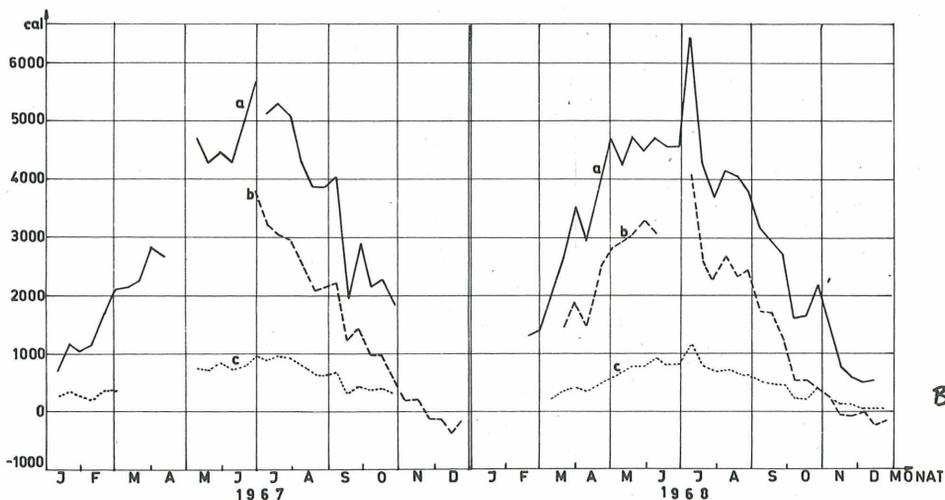
Tabelle 4: Globalstrahlung in cal/cm² Monat und Jahr

- a) Wien 67;
- b) Wien 68;
- c) Rust 67;
- d) Rust 68

| | J | F | M | A | M | J | J |
|----|--------|--------|------|--------|-------|----------|-------|
| a) | 2469 | 4143 | 7324 | 9830 | 13106 | 14607 | 16031 |
| b) | 2783 | 3153 | 8565 | 11051 | 13274 | 14106 | 13652 |
| c) | 2986 | 4666 | 7542 | 10554 | 13415 | 15447 | 15962 |
| d) | (3180) | (3358) | 8432 | 11226 | 13743 | 14098 | 14675 |
| | A | S | O | N | D | Jahr | |
| a) | 11453 | 7601 | 5686 | 2921 | 2173 | 97344 | |
| b) | 9932 | 7548 | 4764 | 1794 | 1547 | 92169 | |
| c) | 12186 | 8418 | 6031 | (3070) | 2201 | (102514) | |
| d) | 11770 | 8425 | 5422 | 2360 | 1594 | (98275) | |

Die Strahlungssummen von Wien liegen in beiden Beobachtungsjahren unter jenen von Rust. Im Vergleich zum mehrjährigen Mittel aus Neusiedl liegen die Globalstrahlungswerte von Rust 1967 um etwa 5% und 1968 um ca. 1% höher.

1967 waren die Monate August und September und 1968 die Monate August und Dezember etwas zu strahlungsarm.



Einen etwas detaillierteren Einblick in den Jahresverlauf als er von den Monatssummen gegeben wird, gestatten Dekadensummen, da auch kürzere Schön- und Schlechtwetterperioden zum Ausdruck kommen.

In Abbildung 19 sind die Verläufe der Dekadensummen für die Globalstrahlung, die kurzwellige Rückstrahlung und für die Strahlungsbilanz in den Jahren 1967/68 dargestellt.

Die Ausfälle in der Darstellung sind auf Defekte der Registriergeräte zurückzuführen, beziehungsweise wurde 1967 die Strahlungsbilanzmessung erst ab Juli in Betrieb genommen.

Die höchsten Energiebeträge werden im Juni und Juli zugestrahlt, besonders im Juli 1968 treten hohe Strahlungswerte auf. Während einer Schönwetterperiode von 9 Tagen wurden pro Tag immer über 600 cal/cm^2 zugestrahlt.

Dieses Maximum der Zustrahlung im Juni und Juli geht noch deutlicher aus der Abbildung 20 hervor. In IsoPLEthen mit den Einheiten $\text{cal/cm}^2 \text{ h}$ ist im Monatsmittel der Jahresgang dargestellt.

Abbildung 19: Dekadensummen in cal/cm^2 in Rust 1967/68

- a) Globalstrahlung (—)
- b) Strahlungsbilanz (- - -)
- c) kurzwellige Rückstrahlung (.....)

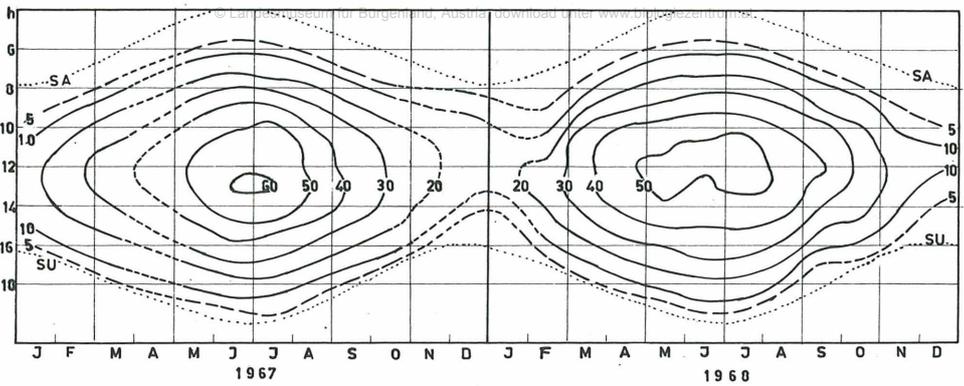


Abbildung 20: Isoplethen des mittleren monatlichen Tagesganges der Globalstrahlung in $\text{cal}/\text{cm}^2\text{h}$ in Rust.

Das Jahr 1967 zeigt eine sehr schöne Regelmäßigkeit der Mittagmaxima, die im Juni und Juli Werte über $60 \text{ cal}/\text{cm}^2 \text{ h}$ erreichen. Diese hohen Werte werden 1968 nicht erreicht, dagegen sind aber etwas höhere Stundenmittelwerte über eine längere Zeitspanne um Mittag anzutreffen. Dennoch ist die Monatssumme von März bis Oktober ($89591 \text{ cal}/\text{cm}^2$) um $1800 \text{ cal}/\text{cm}^2$ größer, als die von 1968 ($87791 \text{ cal}/\text{cm}^2$). Das strahlungsmäßig schlechtere Jahr 1968 zeigt sich auch im Dezember. Um ca. 28% ist dieses Monat strahlungsrmer als 1967, wie dies in der Abbildung 20 deutlich sichtbar wird.

Die der Oberfläche zugeführte Strahlungsenergie steht nicht zur Gänze für Umwandlungen in andere Energieformen zur Verfügung, da ein Teil durch Reflexion verloren geht. Diese Reflexion setzt sich aus der Oberflächenreflexion und der kurzwelligigen Rückstrahlung des Untergrundes zusammen. Der Reflexionsverlust kann in cal/cm^2 angegeben werden, wird aber vielfach in Prozenten der Globalstrahlung ausgedrückt. Das Verhältnis von Reflexion zur Globalstrahlung heißt Albedo.

In Rust wurde dieser kurzwellige Strahlungsverlust über dem Schilfbestand bestimmt, wodurch er einem zusätzlichen Jahresgang unterworfen war. Deshalb soll näher auf diesen negativen Faktor der Energiebilanz eingegangen werden.

Die Reflexion des Schilfbestandes setzt sich aus der Oberflächenreflexion der einfallenden Strahlung an den Schilfblättern und an der Wasseroberfläche, sowie aus der kurzwelligigen Rückstrahlung aus dem Wasser zusammen. Diese beiden Komponenten sind von der Sonnenhöhe, von der Dichte, dem entwicklungs-physiologischen Zustand des Schilfbestandes und dem Zustand der Wasserfläche (Eis, Schnee) abhängig.

In der Tabelle 5 sind die Monatssummen des Reflexionsverlustes für die Jahre 1967 und 1968 in cal/cm^2 angeführt.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| 1967 | 836 | 925 | — | — | 2319 | 2564 | 2921 | 2099 | 1374 | 990 | — | — |
| 1968 | — | — | 1048 | 1329 | 2248 | 2251 | 2758 | 2042 | 1407 | 854 | 404 | 210 |

Aus Tabelle 5, die $\text{cal/cm}^2/\text{Monat}$ angibt, läßt sich der Zusammenhang Reflexion—Untergrund nicht deutlich erkennen, ebenso nicht aus der Darstellung der Dekadenwerte in Abbildung 19c.

Deutlicher zeigt sich die Abhängigkeit der Reflexion vom Zustand des Untergrundes in der Albedo. In Tabelle 6 sind die Prozente der Albedo im Monatsmittel angeführt.

Tabelle 6: Monatsmittel der Albedo in %

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1967 | 28 | 20 | — | — | 17 | 17 | 18 | 17 | 16 | 15 | — | — |
| 1968 | — | — | 12 | 12 | 16 | 18 | 19 | 17 | 17 | 16 | 17 | 13 |

Da das Registriermaterial nicht vollständig ist, kann nicht deutlich auf Schwankung der Albedo in dieser Form der Darstellung hingewiesen werden, doch ist erkennbar, daß zum Beispiel im Jänner 1967 28% Albedo auftreten (dürres zusammengesunkenes Schilf, Eis mit Schnee bedeckt) und über die Sommermonate nur ungefähr 17%.

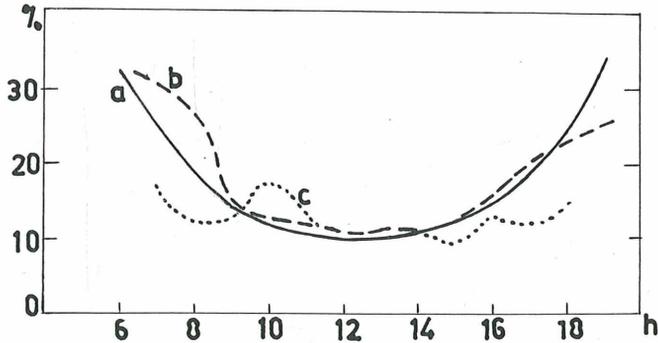


Abbildung 21a: Tagesgang der Albedo

- a (—) im Monatsmittel
 - b (- - -) an wolkenlosen Tagen
 - c (.....) an bedeckten Tagen
- für März 68

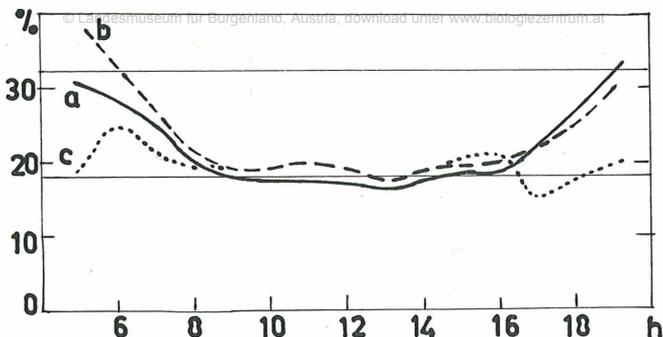


Abbildung 21b: Tagesgang der Albedo

- a (—) im Monatsmittel
 - b (- - -) an wolkenlosen Tagen
 - c (.....) an bedeckten Tagen
- für Juli 68

Die Albedo, die das Verhältnis von einkommender zu reflektierender Strahlung darstellt, zeigt durch den höheren Anteil an Reflexion, bei niederem Sonnenstand, einen Tagesgang. Die Abbildung 21a und b zeigt dies für die Monate März und Juli 1968.

An wolkenlosen Tagen und noch schöner im Monatsmittel zeigt sich die Abhängigkeit von der Sonnenhöhe, entsprechend einer Abnahme der Albedo mit zunehmender Sonnenhöhe. Bei diffusen Verhältnissen an bedeckten Tagen ist der Tagesgang bei weitem nicht so ausgeprägt, da es kaum Reflexion gibt.

Die Albedo beträgt im Juli bei voll ausgewachsenem Schilf 18—32%, was mit den Werten für grüne trockene Wiesen (15—35%) gut übereinstimmt. Die niedrigeren Werte für den März finden ihre Erklärung darin, daß im März nahezu nur die Albedo der Wasseroberfläche gemessen wurde. Die unteren Werte gleichen den für Wasserflächen (5—15%) gefundenen (Dirmhirn 6). Die zum Großteil vorhandene freie Wasseroberfläche kam dadurch zustande, daß der alte dürre Schilfbestand teilweise durch die Schneelast im Winter geknickt worden war und das neue Schilf erst wenige Zentimeter aus dem Wasser ragte.

An einem Beispiel seien noch die Albedoverhältnisse über dürrem abgestorbenen Schilf vor und nach einem Schneefall aufgezeigt. In der Abbildung 22 ist der Tagesgang der Albedo für den 10. 12. 68 vor und am 27. 12. 68 nach Schneefall dargestellt. Der See war vorher bereits zugefroren, sodaß die Schneedecke erhalten blieb.

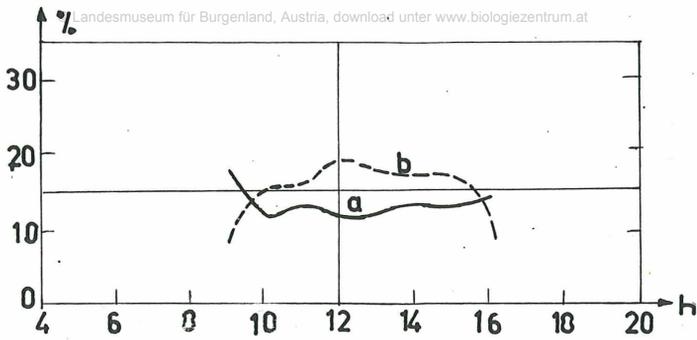


Abbildung 22: Tageslänge der Albedo für den 10. 12. 68
 a (—) vor und für 27. 12. 68, b (- - -) nach einem Schneefall

Der 10. 12. 68 war ein wolkenloser Tag, die Dicke der Eisschichte am See betrug 2—3 cm. Am 27. 12. 68 trat in den Nachmittagsstunden eine dünne Altocumulusbewölkung auf. Die bereits 15 cm dicke Eisschichte war ca. 10 cm mit Schnee bedeckt.

Sowohl am 10. als auch am 27. 12. ist der Tagesgang kaum ausgeprägt. Durchschnittlich liegt der Wert der Albedo nach dem Schneefall um 5% höher als vorher. Der Anteil des Schnees an der Gesamtalbedo des Schilfes ist daher relativ gering, wenn man für Schneeflächen eine Albedo von 60—70% annimmt. Für die Verhältnisse der Albedo in den Wintermonaten ist daher der Zustand des Schilfbestandes (geknickt oder stehend) von ausschlaggebender Bedeutung.

c) *Strahlungsverhältnisse im Schilfbestand*

Nach der Darstellung der Globalstrahlung und der durch Reflexion an der Schilfbergrenze zurückgehenden Strahlung, ist es auch von Bedeutung, die Strahlungsmengen zu kennen, die noch in den Schilfbestand eindringen.

Um die Strahlungsverhältnisse im Schilfbestand näher zu untersuchen, wurde ein Sternpyranometer ca. 50 cm über dem Wasser im Rohrbestand montiert. Damit konnte der kurzwellige Strahlungsanteil, der bis zur Wasseroberfläche eindringt, erfaßt werden (Tab. 7).

Tabelle 7: Monatssummen der kurzwelligigen Einstrahlung über der Wasseroberfläche im Schilfbestand (a) und über dem Schilfbestand (b) bei Rust in cal/cm² Monat.

1967

| | J | F | M | A | M | J |
|----|-------|-------|------|-------|--------|-------|
| a) | — | — | — | — | 7324 | 4982 |
| b) | 2986 | 4666 | 7542 | 10554 | 13451 | 15447 |
| | J | A | S | O | N | D |
| a) | 3741 | 3174 | 2750 | 2194 | — | 1550 |
| b) | 15962 | 12186 | 8418 | 6031 | (3070) | 2201 |

| | | | | | | |
|----|--------|--------|------|-------|-------|-------|
| | J | F | M | A | M | J |
| a) | — | 2806 | 5933 | 7616 | 5929 | 3986 |
| b) | (3180) | (3358) | 8432 | 11226 | 13743 | 14098 |
| | J | A | S | O | N | D |
| a) | 3633 | 3052 | 2629 | 1876 | — | 704 |
| b) | 14675 | 11770 | 8425 | 5422 | 2360 | 1594 |

Daß die Maximalwerte der Einstrahlung im Bestand in den April fallen und nicht, wie an der freien Oberfläche, in den Juli, ist auf die abschirmende Wirkung des Schilfes zurückzuführen.

Im April beträgt die durchschnittliche Höhe des jungen Schilfes über Wasser 30—80 cm, sodaß nur die Halme und Blätter des alten Schilfes die Einstrahlung behindern.

Bedingt durch das Einstrahlungsminimum im Dezember und der noch immer stark abschirmenden Wirkung des Schilfes, fällt das Minimum am Grund des Bestandes in dieses Monat.

Um die Abhängigkeit der Einstrahlung am Grund des Bestandes vom Wachstum des Schilfes herauszufiltern, gibt die Tabelle 8 das Verhältnis zwischen der kurzwelligigen Einstrahlung, gemessen an der Wasseroberfläche im Schilf, zur Globalstrahlung wieder.

Tabelle 8: Verhältnis der kurzwelligigen Einstrahlung am Grund des Schilfbestandes in % der Globalstrahlung

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|
| 1967 | — | — | — | — | 54 | 32 | 23 | 26 | 33 | 36 | — | 64 |
| 1968 | — | — | 70 | 67 | 43 | 28 | 24 | 26 | 31 | 35 | — | 44 |

Wie Tabelle 8 zeigt, sinkt der Prozentsatz der bis zur Wasseroberfläche vordringenden kurzwelligigen Einstrahlung von ungefähr 60—70% im Winter mit zunehmender Schilfhöhe auf ca. 25% ab. Erst im Herbst steigt mit Ende der Vegetationsperiode und dem Abfall der Blätter die Strahlung im Schilf wieder an.

Die Menge der bis zur Wasseroberfläche vordringenden Strahlung hängt nicht nur von der Höhe und der jeweiligen Vegetationszeit des Schilfes ab, sondern auch vom Einfallswinkel der Strahlung.

Die in Abbildung 23 dargestellten Tagesgänge des Prozentsatzes der bis an den Schilfgrund eindringenden kurzwelligigen Einstrahlung zeigen diese Abhängigkeit deutlich.

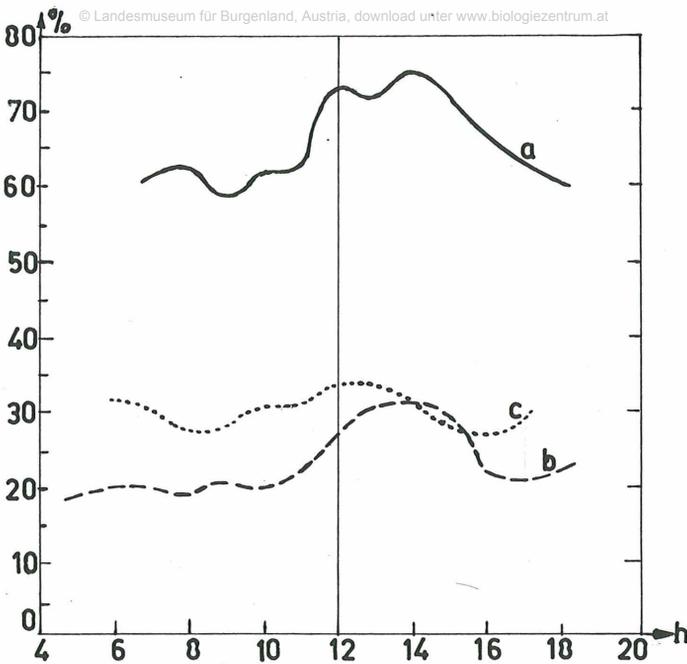


Abbildung 23: Mittlerer monatlicher Tagesgang der bis zur Vasseroberfläche im Bestand vordringenden kurzwelligigen Strahlung in % der Globalstrahlung.
 a) für April 68 (—); b) für Juli 68 (- - -); c) für September 68 (...)

Der in Abbildung 23a gezeigte ausgeprägte Tagesgang im April entsteht dadurch, daß in den Morgen- und Abendstunden eine große Zahl von Schilfpflanzen das Meßgerät abschatten, während in den Mittagsstunden die Sonnenstrahlen wegen der geringen Bestandshöhe nahezu ungehindert eindringen können.

Im Juli (Abb. 23b) hat der ebenfalls stark ausgebildete Tagesgang in den Morgen- und Abendstunden die selbe Ursache wie im April. In den Mittagsstunden ist trotz des bereits ausgewachsenen Schilfes die eindringende Energie recht hoch.

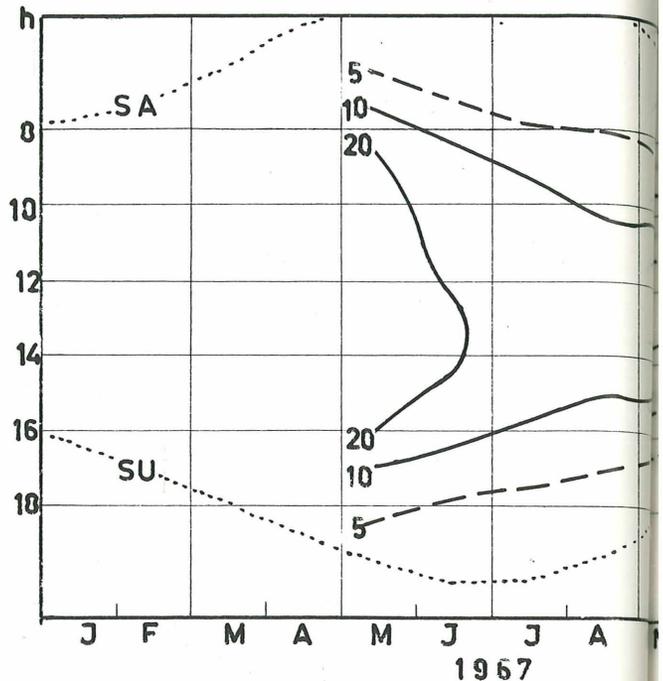
Dagegen zeigt der September nur mehr einen geringfügigen Tagesgang (Abb. 25c), der das Schilf noch in voller Höhe, die Sonne aber schon tief steht.

Das in allen drei Monaten in die ersten Nachmittagsstunden verschobene Maximum, läßt sich durch Unregelmäßigkeiten im Schilfbestand in der Nähe des Meßgerätes erklären.

Die Energiemenge, die im Schilfbestand noch feststellbar ist, zeigt im mittleren monatlichen Tagesgang, für die Beobachtungsjahre 1967/68 die Abbildung 24 in einer Isoplethendarstellung.

Abbildung 24:

Isoplethendarstellung
des mittleren monatlichen
Tagesganges der kurz-
welligen Einstrahlung
am Grund des Schilfes
in $\text{cal/cm}^2/\text{h}$



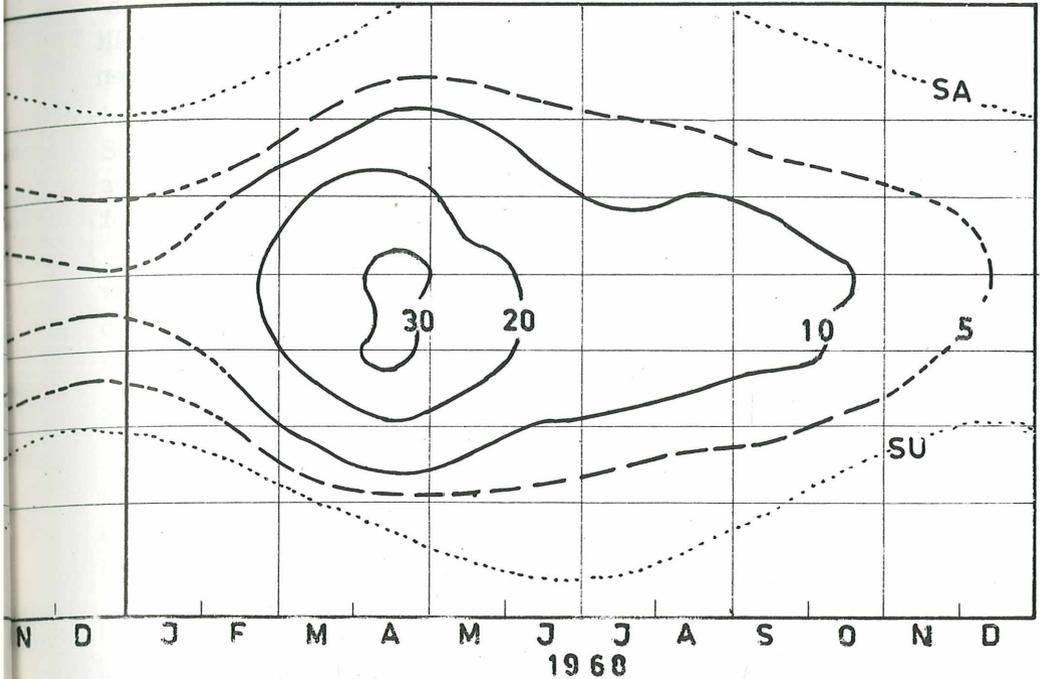
Es zeigt sich, daß die Jahresmaxima in die ersten Nachmittagsstunden des April fallen. Im Verlauf der 20cal-Isoplethe im Jahre 1967 kommt auch zum Ausdruck, daß das Schilfwachstum in diesem Jahr etwas später einsetzt als 1968. Die stärkeren Tagesschwankungen fallen in die Frühjahrsmonate, bevor das Schilf eine Höhe von 1,5 m erreicht hat.

Für den Schilfbestand läßt sich daher eine kurzweilige Strahlungsbilanz aufstellen, aus der sich die Energie, die in andere Energieformen umgewandelt wird, ergibt das:

$$E = \text{Globalstrahlung} - \text{Reflexionsverlust} - \text{kurzwellige Einstrahlung am Grund des Bestandes.}$$

E ist somit die Strahlungsenergie, die auf dem Weg von der Schilfobergrenze zum Schilfgrund verloren geht. Für den Juli 1968 beträgt der Wert für E 8284 cal/cm^2 oder 56% der Globalstrahlung.

Im Verlauf der Vegetationsperiode von März bis Ende Oktober 1968 erreichten 34654 cal/cm^2 oder 40% der Globalstrahlung den Schilfgrund, während an der Oberfläche des Schilfes 14237 cal/m^2 oder 16% reflektiert wurden. Für Strahlungs- und Wärmeumsätze im Schilfbestand standen in der Vegetationsperiode 1968 38900 cal/cm^2 oder 44% der Globalstrahlung zur Verfügung. Diese bedeutende Menge an Strahlungsenergie kann als Moderator für ein spezifisches Schilfklima angesehen werden.



d) Strahlungsbilanz

Von Bedeutung ist letzten Endes der gesamte Energieumsatz an einer Oberfläche. Dieser wird über die Strahlungsbilanz erfaßt. In ihr sind alle kurzwelligigen und langwelligigen Strahlungsanteile enthalten.

Durch Schwierigkeiten mit den Registriergeräten sind die Daten nicht in geschlossener Reihe für die Jahre 1967/68 vorhanden, wie aus Tabelle 9 zu ersehen ist.

Tabelle 9: Monatssummen der Strahlungsbilanz in Rust 67/68 in cal/cm²

| | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------|------|------|---|------|------|------|------|------|------|
| 1967 | — | — | — | 9529 | 6718 | 4491 | 2083 | 164 | —775 |
| 1968 | 6675 | 9193 | — | 9344 | 7289 | 4124 | 1527 | —224 | —629 |

Die Monatssummen der Strahlungsbilanz erreichen im Sommer hohe positive Werte, der höchste Wert wurde im Juli 1967 mit 9529 cal/cm² gemessen. Negativ wird die Strahlungsbilanz in den Wintermonaten, was die Registrierungen der Dezembermonate beider Jahre erkennen lassen.

In Einzelfällen sind auch im Sommer negative Tagessummen möglich, wie zum Beispiel am 13. 8. 67 mit —29 cal/cm². In diesem Fall folgte auf einen Tag mit geringer Einstrahlung eine klare Nacht mit hoher Ausstrahlung.

Details im Jahresverlauf der Strahlungsbilanz vermittelt die Abbildung 19 Kurve b (Seite 35), in der die Dekadensummen dargestellt sind und die Abbildung 25, in der in Isoplethenform die monatlichen stündlichen Mittelwerte im Jahresverlauf für 1968 dargestellt sind.

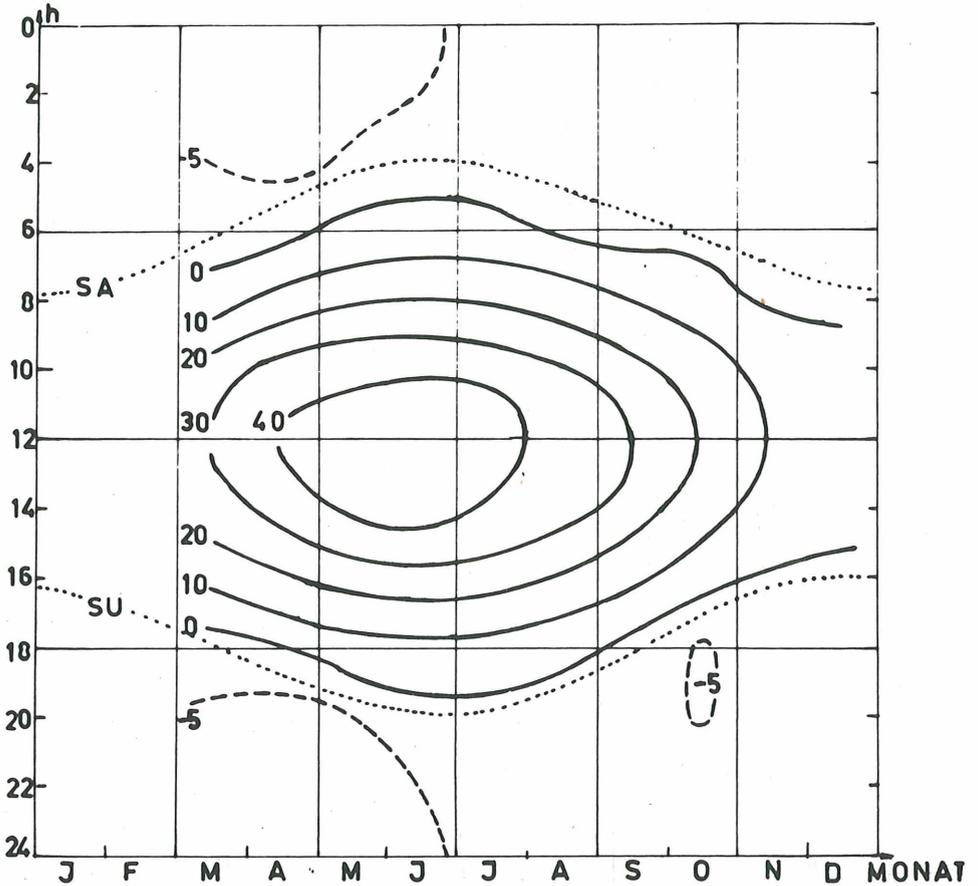


Abbildung 25: Isoplethen der Strahlungsbilanz in Rust 1968, in cal/cm^2

SA Linie des Sonnenaufganges

SU Linie des Sonnenunterganges

Aus Abbildung 19 Kurve b (Seite 35) ergibt sich, daß die Bilanz, soweit man extrapolieren kann, mit dem März positiv wird und im November wieder unter Null absinkt.

Im mittleren monatlichen Tagesgang (Abbildung 25) zeigt sich, daß die Strahlungsbilanz nach Sonnenaufgang positiv wird, ihren höchsten Wert etwa eine Stunde vor Mittag erreicht und kurz vor Sonnenuntergang wieder negativ wird.

Die Ausstrahlungsverluste der Nacht betragen im Mittel zwischen 2,3 und 7,0 cal/h.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die Globalstrahlung in Rust relativ hohe Werte erreicht. Der Energieverlust durch Reflexion an Wasser und Schilf zeigt neben der Abhängigkeit einerseits vom Stand der Sonne auch andererseits eine starke Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium des Schilfes. Dasselbe gilt auch für die Einstrahlung am Grund des Schilfes.

Der Schilfbestand absorbiert etwa die Hälfte der eingestrahnten kurzwelligen Energie. Die hohen positiven Werte der Strahlungsbilanz über dem Schilf während der Vegetationsperiode stellen für Wärmeumsätze und Verdunstung relativ viel Energie zur Verfügung.

2. DIE TEMPERATURVERHÄLTNISSE IM RAUM RUST

Die Lufttemperatur ist einer der wichtigsten Parameter der Klimatologie. Sie ist mehr oder weniger das Resultat sämtlicher Energieumsätze in Bodennähe, die allerdings durch die jeweilige Orographie stark beeinflußt wird.

Für die Vegetation eines Gebietes ist die Temperatur von Bedeutung, bestimmen doch die Extremwerte die Vegetationsdauer. Da in dieser Arbeit besonderes Augenmerk gerade auf die Verdunstung des Schilfgürtels, also eines intensiven Bestandes, gerichtet wird, sollen auch die Temperaturverhältnisse im und über dem Schilfbestand wiedergegeben werden.

Auch sollen etwaige Unterschiede im lokalen Klima von Rust herausgearbeitet werden. Zurückliegende Messungen der Temperatur im Ort Rust gestatten, ein langjähriges Mittel zu errechnen, an das die zweijährigen Messungen 67 und 68 angeschlossen werden können (sowohl wiederum im Ort Rust als auch im Schilfbestand). Aus der Abbildung 1 ist die jeweilige Lage der Temperaturmeßstellen zu ersehen: eine Meßstelle im Ort Rust selbst, etwa 20 m über dem Seeniveau und eine direkt im Schilfgürtel. Die Station im Ort läuft leider erst seit 1968 parallel zur Schilfstation.

Aus den Jahren 1927—1936 liegen Temperaturbeobachtungen vor, doch sind diese des öfteren unterbrochen worden. Die Temperaturmittel der Tabelle 10a, die daraus abgeleitet werden, sind mit Vorbehalt zu betrachten, da teilweise nur drei Werte zur Mittelbildung herangezogen werden konnten.

Einen groben Überblick über die Temperaturverhältnisse gibt die Tabelle 10, in der die *Monatsmittelwerte* für die verschiedenen Meßstellen und Zeiträume zusammengestellt sind. Die Monatsmittel wurden nach der Formel

$$(T7 + T14 + T21 + T21) : 4$$

zu den Klimaterminen errechnet.

Tabelle 10: Monatsmitteltemperaturen in Grad Celsius:

- a) aus dem Beobachtungsmaterial der Klimastation Rust 1927—1936
- b) im Schilfgürtel 1967
- c) im Schilfgürtel 1968
- d) von den Klimastationen bei der Polizeidienststelle in Rust 1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| a) | —0,3 | 0,8 | 6,3 | 10,2 | 16,2 | 19,3 | 21,3 | 20,0 | 16,3 | 9,7 | 5,7 | 0,4 | 10,5 |
| b) | —0,4 | 3,0 | 7,8 | 10,4 | 15,8 | 18,2 | 21,8 | 19,0 | 16,2 | 12,1 | 5,0 | 1,1 | 10,8 |
| c) | —1,8 | 2,5 | 7,1 | 12,7 | 15,9 | 19,4 | 19,1 | 18,5 | 15,4 | 10,7 | 5,9 | —1,9 | 10,3 |
| d) | —1,7 | 2,1 | 6,6 | 12,3 | 15,6 | 19,2 | 19,4 | 18,5 | 15,5 | 10,4 | 5,5 | —2,2 | 10,1 |

Wie die Tabelle 10 a, b, c zeigt, waren die Monate Februar, März und April 1967/68 zu warm, die Sommermonate mit Ausnahme des Juli 1967 etwas zu kalt im Vergleich zum mehrjährigen Mittel.

Die Werte an der Station im Ort (Tabelle 10, Zeile d) liegen in den Monaten Februar bis Juni und Oktober bis Dezember bis zu 0,5 Grad unter den Werten der Seestation (b, c). Diesen Unterschied zeigt auch noch das Jahresmittel mit 0,2 Grad Differenz. Der See-Einfluß bzw. der Schilfgürtel bringen also Unterschiede in der Temperatur. Auf welche Weise, darauf wird im weiteren eingegangen. Entsprechend den Jahresmitteln scheint das Jahr 1967 geringfügig wärmer, das Jahr 68 um 0,4 Grad kälter zu sein.

Mit einer Jahresmitteltemperatur um 10 Grad Celsius gehört Rust zu den wärmsten Orten Österreichs, wie sie im östlichen Teil des Bundesgebietes anzutreffen sind.

Im Vergleich zu Rust sind die Jahresmitteltemperaturen in Wien Hohe Warte 10,1; Podersdorf 10,1; Eisenstadt 10,0; Klagenfurt (Flugplatz) 7,7; Salzburg (Flugplatz) 8,4 und Bregenz 9,2 Grad.

Da die Monatsmitteltemperatur relativ wenig Aussagegewert hat, werden im weiteren die Schwankungsbreiten der Temperaturen behandelt, da diese phänologisch von Bedeutung sind.

Einen Überblick über die Grenzen, in denen sich die Temperatur bewegt, geben die Werte in der Tabelle 11, in der die *Extremwerte* an und für sich und die mittleren täglichen Extremwerte für die einzelnen Meßstellen zusammengestellt sind.

Tabelle 11: Absolute und mittlere tägliche Maxima und Minima in Rust

a) aus der Beobachtungsreihe 1927—36

b) im Schilfgürtel 1967

c) im Schilfgürtel 1968

d) an der Klimastation bei der Polizeidienststelle 1968

| a) | J | F | M | A | M | J | J |
|-----|-------|-------|------|------|-------|-------|------|
| Max | 10,5 | 14,8 | 22,6 | 32,4 | 32,0 | 35,8 | 37,9 |
| MMA | 3,1 | 5,2 | 13,7 | 16,8 | 23,0 | 26,6 | 28,0 |
| Min | -11,5 | -13,2 | 10,0 | -3,4 | 2,0 | 7,2 | 8,9 |
| MMi | -1,8 | -3,2 | 2,7 | 5,3 | 10,6 | 13,4 | 15,3 |
| | A | S | O | N | D | Jahr | |
| Max | 36,8 | 33,2 | 31,8 | 24,2 | 16,2 | 37,9 | |
| MMa | 27,4 | 24,6 | 15,9 | 10,6 | 2,6 | 16,4 | |
| Min | 7,2 | 5,9 | -4,5 | -4,6 | -19,8 | -19,8 | |
| MMi | 15,0 | 12,5 | 5,7 | 2,7 | -2,7 | 6,3 | |
| b) | J | F | M | A | M | J | J |
| Max | 8,5 | 13,5 | 18,8 | 21,9 | 25,8 | 32,3 | 31,4 |
| MMa | 1,9 | 6,3 | 11,4 | 14,2 | 20,5 | 22,9 | 26,8 |
| Min | -13,9 | -8,4 | 1,3 | 1,5 | 4,4 | 8,2 | 12,6 |
| MMi | -2,9 | -0,6 | 4,6 | 6,8 | 11,1 | 13,6 | 17,6 |
| | A | S | O | N | D | Jahr | |
| Max | 32,6 | 29,3 | 24,3 | 15,0 | 14,9 | 32,6 | |
| MMa | 24,6 | 21,5 | 16,9 | 8,3 | 3,9 | 14,4 | |
| Min | 10,5 | 8,9 | 2,7 | -3,9 | -6,8 | -13,4 | |
| MMi | 14,3 | 12,8 | 8,7 | 1,6 | -1,7 | 7,1 | |
| c) | J | F | M | A | M | J | J |
| Max | 12,0 | 17,5 | 23,2 | 28,6 | 27,4 | 30,2 | 33,4 |
| MMa | 2,3 | 5,3 | 11,3 | 17,9 | 20,3 | 24,2 | 24,2 |
| Min | -23,6 | -3,6 | -6,0 | 0,6 | 5,8 | 8,5 | 11,9 |
| MMi | -6,5 | 0,1 | 2,6 | 7,8 | 11,2 | 14,6 | 15,0 |
| | A | S | O | N | D | Jahr | |
| Max | 27,3 | 25,0 | 23,3 | 20,7 | 6,7 | 33,4 | |
| MMa | 23,1 | 19,9 | 15,3 | 8,5 | 0,0 | 14,3 | |
| Min | 10,1 | 6,0 | -0,4 | -1,5 | -10,7 | -23,6 | |
| MMi | 14,8 | 11,6 | 7,2 | 3,9 | -3,8 | 6,5 | |

| | J | F | M | A | M | J | J |
|-----|-------|------|------|------|-------|-------|------|
| Max | 11,7 | 18,5 | 24,0 | 29,4 | 29,5 | 31,5 | 35,0 |
| MMa | 2,0 | 5,5 | 12,0 | 18,8 | 21,4 | 25,0 | 25,4 |
| Min | -21,5 | -5,2 | -7,0 | -0,4 | 4,0 | 6,8 | 9,0 |
| MMi | -6,0 | -0,7 | 1,0 | 6,0 | 9,9 | 13,2 | 14,2 |
| | A | S | O | N | D | Jahr | |
| Max | 29,0 | 25,0 | 24,0 | 21,5 | 6,0 | 35,0 | |
| MMa | 23,6 | 20,7 | 15,6 | 8,3 | -0,1 | 14,9 | |
| Min | 10,5 | 3,6 | -2,5 | -5,2 | -12,0 | -21,5 | |
| MMi | 14,2 | 11,2 | 6,3 | 2,8 | 4,5 | 5,6 | |

In der zehnjährigen Beobachtungsreihe weisen sich als wärmste Monate der Juli und August aus; es werden sowohl bei den absoluten als auch bei den mittleren Maxima (MMa) die höchsten Werte erreicht, auch liegt das Minimum (Min) und mittlere Minimum (MMi) am höchsten.

Im Winterquartal hingegen sind der Dezember und der Februar die extremsten Monate, der Jänner ist mit seinen Extremwerten wesentlich ausgeglichener.

Temperaturen unter Null können noch im April und auch schon wieder im Oktober auftreten.

Vergleicht man nur die derzeitige Klimastation in der Stadt Rust (für 1968) mit der zehnjährigen Reihe, so zeigt sich 1968 eine starke Abweichung, zum Beispiel im Jänner mit dem absoluten Minimum von $-21,5^{\circ}\text{C}$, einem Wert, der in den vorangegangenen zehnjährigen Beobachtungen nicht erreicht wurde. Interessant ist, daß dieser Jänner 68 an der Klimastation im Schilf noch um einiges kälter war. Hier macht sich einerseits der zugefrorene See und andererseits die hohe Lage der Station im Ort Rust über den See bemerkbar. Im Sommer, der etwas unter dem mehrjährigen Mittel liegt, erweist sich der See als dämpfend auf die Maxima und Minima, zum Beispiel $1,2^{\circ}\text{C}$ beim mittleren Maximum im Juli 68. Im Herbst verursacht die größere Wärmekapazität des Sees höhere Temperaturwerte.

Aus der Tabelle 12 läßt sich eine weitere charakteristische Größe des Ortsklimas, die aperiodische oder absolute Tagesschwankung ableiten, mit deren Hilfe lokale Einflüsse, wie die des Untergrundes, deutlicher werden als bei der direkten Betrachtung der Extremwerte.

Tabelle 12: Absolute mittlere Tagesschwankung biologiezentrum.at

- a) aus der Beobachtungsreihe der Klimastation Rust 1927—36
- b) im Schilfgürtel 1967
- c) im Schilfgürtel 1968
- d) an der Klimastation bei der Polizeistelle 1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| a) | 4,9 | 8,4 | 11,0 | 11,5 | 12,4 | 12,8 | 12,7 | 12,4 | 11,1 | 10,2 | 7,9 | 5,3 | 10,1 |
| b) | 4,8 | 6,9 | 6,8 | 7,4 | 9,4 | 9,3 | 9,7 | 10,3 | 8,7 | 8,2 | 6,7 | 5,6 | 7,3 |
| c) | 8,8 | 5,4 | 8,7 | 10,1 | 9,1 | 9,6 | 9,2 | 8,3 | 8,3 | 8,1 | 4,6 | 3,8 | 7,8 |
| d) | 8,0 | 6,2 | 11,2 | 12,8 | 11,6 | 11,7 | 11,2 | 9,4 | 9,6 | 9,3 | 5,4 | 4,4 | 9,2 |

Die Tagesschwankungen im Schilfgürtel sind im Vergleichsjahr 1968 mit Ausnahme des Jänners durchwegs kleiner als an der Meßstelle bei der Polizei. Der ausgleichende Einfluß des Sees kommt ganz deutlich zum Ausdruck.

Die Ausnahme des Jänners 1968 erklärt sich durch eine starke, mit Schnee bedeckte Eisschichte, die einen Wärmeaustausch verhinderte. Der Wert der absoluten mittleren Tagesschwankung von 8,8 bzw. 8,0 Grad für den Jänner 1968 ist abnorm hoch. Die normale Schwankung für den Jänner beträgt im Gebiet des Neusiedlersees ca. 5 Grad (11).

Die hohe mittlere Temperaturschwankung im Beobachtungszeitraum 1927—36 (Tabelle 12a) weicht vom Normalwert für die entsprechende Seehöhe (8,9 Grad, (11)) relativ stark ab. Mit 9,2 Grad mittlerer Jahreschwankung entspricht das Jahr 1968 nahezu diesem Normalwert.

Die Werte von 1967 können nur mit den entsprechenden Werten von 1968 verglichen werden. Im Jahresdurchschnitt liegt die absolute mittlere Tagesschwankung um ein halbes Grad tiefer als 1968. Dies ist auf die bedeutend milderen Winter- und Frühjahrswerte 1967 zurückzuführen, da die Schwankungsbreite in zweiten Halbjahr 1967 durchwegs größer ist als 1968.

Für die Art und die Entwicklung der Vegetation ist es wichtig, wann im Jahreslauf bestimmte Temperaturen auftreten und wie häufig sie vorkommen.

Für den Winter und die Übergangsjahreszeiten Frühjahr und Herbst ist die Zahl der Frosttage und der Eistage in den einzelnen Monaten besonders interessant.

Unter einem Frosttag versteht man einen Tag, an dem das Temperaturminimum kleiner als 0,0 Grad ist. An einem Eistag darf die Hömsttemperatur nicht über —0,0 Grag liegen.

Tabelle 13: Zahl der Frosttage in Rust

- a) aus der Beobachtungsreihe 1927—36
- b) im Schilfgürtel 1967
- c) im Schilfgürtel 1968
- d) an der Klimastation bei der Polizei 1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|----|----|------|
| a) | 21 | 17 | 7 | — | — | — | — | — | — | — | 6 | 18 | 70 |
| b) | 24 | 16 | — | — | — | — | — | — | — | — | 10 | 22 | 72 |
| c) | 26 | 17 | 9 | — | — | — | — | — | — | 1 | 7 | 25 | 85 |
| d) | 26 | 19 | 12 | 3 | — | — | — | — | — | — | 7 | 27 | 94 |

1967 entspricht die Anzahl der Frosttage nahezu der des mehrjährigen Mittels, 1968 gab es demgegenüber im Schilfgürtel um 15 und bei der Polizeistation sogar um 24 Frosttage mehr.

Das vermehrte Vorkommen von Frosttagen in der Ortschaft bestätigt den ausgleichenden Einfluß des Sees ein weiteres Mal, dies ist auch aus den in der Tabelle 14 aufgezeigten Eistagen ersichtlich.

Tabelle 14: Häufigkeit der Eistage in Rust

- a) aus der Beobachtungsreihe 1927—36
- b) im Schilfgürtel 1967
- c) im Schilfgürtel 1968
- d) an der Klimastation bei der Polizei in Rust 1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------|
| a) | 8 | 6 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 8 | 23 |
| b) | 10 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 15 |
| c) | 10 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 14 | 26 |
| d) | 10 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 15 | 28 |

1967 lag die Häufigkeit der Eistage unter dem langjährigen Durchschnitt, 1968 jedoch darüber.

Günstig für die Landwirtschaft ist es, daß im allgemeinen von Anfang April bis Ende Oktober kein Frost auftritt.

Entsprechend den Frost- und Eistagen in der kühlen Jahreszeit werden für die warmen Jahreszeiten die Zahl der Sommer- und Tropentage angegeben. (Sommertag: Maximaltemperatur mindestens 25,0°; Tropentag mindestens 30°C)

Da aus der Beobachtungszeit 1927—36 Aufzeichnungen dieser Art fehlen, wurde die Zahl der Tage mit einer Mitteltemperatur zwischen 15,0—19,9° und Tage mit einer Mitteltemperatur von über 20,0° angegeben, da diese Temperaturschwellen etwa mit den Maximaltemperaturen der Sommer- und Tropentage übereinstimmen.

Tabelle 15: Anzahl der Tage mit einer Mitteltemperatur zwischen 15,0 und 19,9°

- a) aus der Beobachtungsreihe 1927—36
- b) im Schilfgürtel 1967
- c) im Schilfgürtel 1968
- d) an der Klimastation bei der Polizei in Rust 1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|---|---|------|
| a) | — | — | — | 4 | 14 | 16 | 7 | 12 | 19 | 2 | — | — | 74 |
| b) | — | — | — | 5 | 15 | 13 | 6 | 22 | 19 | 11 | — | — | 91 |
| c) | — | — | 2 | 7 | 13 | 10 | 15 | 23 | 19 | 2 | — | — | 91 |
| d) | — | — | 2 | 9 | 12 | 9 | 16 | 23 | 18 | 1 | — | — | 90 |

Tabelle 16: Anzahl der Tage mit einer Mitteltemperatur über 20,0 Grad

- a) aus der Beobachtungsreihe 1927—36
- b) im Schilfgürtel 1967
- c) im Schilfgürtel 1968
- d) an der Klimastation bei der Polizei in Rust 1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|---|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|---|------|
| a) | — | — | — | 2 | 9 | 13 | 23 | 18 | 3 | — | — | — | 68 |
| b) | — | — | — | — | 3 | 9 | 25 | 8 | 4 | — | — | — | 49 |
| c) | — | — | — | 2 | 6 | 16 | 12 | 7 | — | — | — | — | 43 |
| d) | — | — | — | 1 | 6 | 15 | 13 | 7 | — | — | — | — | 42 |

Tage mit einer Mitteltemperatur von 15—20 Grad waren 1967 und 1968 gleich häufig anzutreffen. Im Vergleich mit dem mehrjährigen Mittel waren mäßig warme Tage öfter, warme Tage jedoch seltener. Besonders arm an Tagen mit einem Temperaturmittel über 20 Grad war der Juli und der August 1968.

Der Unterschied zwischen der Ortschaft Rust und dem Schilfgürtel (Tabelle 15 und 16 c, d) ist sehr gering. An warmen Tagen ist es daher von geringer Bedeutung, ob man sich im Ort oder im Schilfgürtel befindet.

Um einen Überblick über die Temperaturverhältnisse im Schilfbestand selbst zu gewinnen, seien einige Ergebnisse der verschiedenen Meßstellen zusammengefaßt.

Zur Verfügung standen Temperaturregistrierungen in einer Klimahütte, sowie in insgesamt fünf Niveaus, weg von der Wasseroberfläche im Schilf bis in die Höhe von sechs Meter über dem Bestand.

Bereits in den Monatsmitteltemperaturen, die aus allen Stundenwerten errechnet wurden und die für drei Meßstellen im Schilfbestand, sowie in der Klimahütte in Tabelle 17 zusammengestellt sind, zeigen sich Abweichungen.

Tabelle 17: Monatsmitteltemperaturen Rust 1968

- a) Temperatur in der Klimahütte;
- b) 15 cm über dem Wasser im Schilf;
- c) 100 cm über dem Wasser im Schilf;
- d) 300 cm über dem Schilf

| | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|----|------|------|--------|------|------|------|--------|-----|------|
| a) | 12,5 | 15,8 | 19,3 | 19,3 | 18,5 | 15,4 | 10,8 | 6,0 | -2,1 |
| b) | 10,9 | 15,4 | (19,5) | 19,5 | 18,9 | 15,7 | (11,2) | — | — |
| c) | 12,1 | 15,5 | (19,5) | 19,5 | 18,0 | 15,7 | (11,2) | — | — |
| d) | 11,7 | 16,4 | (20,0) | 19,4 | 18,6 | 16,4 | 11,0 | 5,6 | -1,8 |

Eine Gegenüberstellung der Werte a und d ergibt meist höhere Temperaturen für die freie Luftschicht über dem Schilf. Die Monatsmitteltemperaturen im Schilfbestand (b, c) liegen im Frühling unter denen der Klimahütte, steigen im Sommer darüber hinaus an und bleiben bis in den Herbst höher.

Das Schilf verhindert die Ausstrahlung, daher bleibt die Wärme länger erhalten. Solange das Schilf noch nicht seine volle Höhe erreicht hat, liegen die Mitteltemperaturen im Schilfbestand unter denen der Klimahütte.

Markanter als die Monatsmittel unterscheiden sich die Tagesgänge der einzelnen Meßstellen voneinander. In der Abbildung 26 sind in der Kurvengruppe A die mittleren monatlichen, in der Gruppe B die mittleren Tagesgänge an 5 wolkenlosen Tagen und in der Gruppe C an 5 bedeckten Tagen für die oben angeführten vier Meßstellen zusammengefaßt.

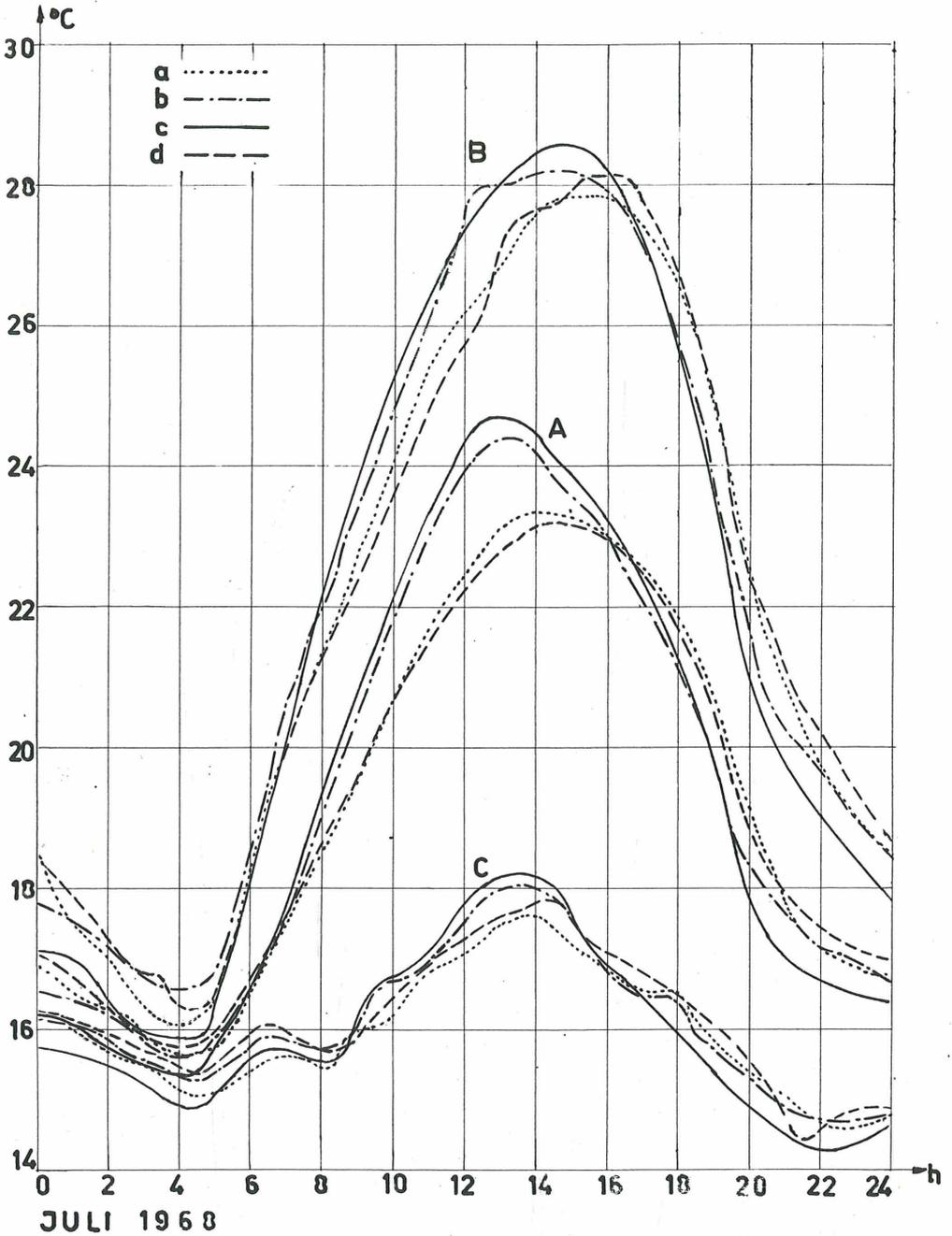


Abbildung 26: Mittlere Temperaturtagesgänge im Juli 1968

A Monatsstundenmittel; B 5 wolkenlose Tage; C 5 bedeckte Tage; a (...) Klimahütte; b (-.-.-) 15 cm über Wasser; c (—) 100 cm über Wasser; d (- - -) 3 m über Schilf.

Die Tagesgänge der Meßstelle über dem Schilfbestand und die aus Messungen in der Klimahütte abgeleiteten unterscheiden sich nur geringfügig (Abbildung 26 Kurven a und d). Im Monatsmittel ist das Maximum in der Hütte etwas größer und tritt ungefähr eine halbe Stunde früher ein als bei der freien Meßstelle über dem Schilf. Das Minimum liegt in der Hütte um $0,2^{\circ}$ tiefer. Daraus ergibt sich für den Juli eine um $0,4^{\circ}$ größere periodische Tagesschwankung in der Klimahütte.

Betrachtet man dagegen die mittleren Tagesgänge an wolkenlosen und an bedeckten Tagen (Abbildung 26 Kurve B), so bleibt in beiden Fällen die Hüttentemperatur in den Mittagsstunden unter der, der freien Meßstelle über dem Schilf.

Die Temperatur über der Wasseroberfläche im Schilf nimmt in den Nachtstunden Werte an, die im Monatsstundenmittel nahezu mit denen der Klimahütte übereinstimmen. (Abbildung 26 A Kurve a, b, c)

Am Vormittag tritt im Schilfbestand eine raschere und stärkere Erwärmung ein als über dem Bestand. Das mittlere Maximum liegt bis zu $1,5$ Grad über dem Maximum der Luftschicht über dem Bestand. Besonders markant ist der frühere Eintritt des Maximums im Schilf um 13 Uhr gegenüber 14 Uhr in der Luftschicht darüber.

Beide Erscheinungen lassen sich dahingehend erklären, daß ein Großteil der zugestrahlten Energie innerhalb des Schilfbestandes umgesetzt wird und gewissermaßen im Bestand verbleibt (siehe kurzweilige Zustrahlung im Schilf Seite 45). An wolkenlosen Sommertagen ist die Überhitzung so stark, daß sich eine Thermik ausbildet, die zu einem Angleichen der Temperaturen im und über dem Schilf führt.

Sowohl im als auch über dem Schilfbestand treten Temperaturen auf, die von denen der Klimahütte abweichen. Sind die Unterschiede im Monatsmittel meist nur Zehntelgrade, so können, bedingt durch die Strahlungsverhältnisse und die mikroklimatischen Eigenheiten im Tagesverlauf, Unterschiede von mehr als einem Grad auftreten.

Der Temperaturverlauf in der Klimahütte entspricht mehr dem der freien Luftschichten über dem Schilf als jenem im Schilfbestand. Dies bezieht sich insbesondere auf den Eintritt der Extremwerte.

Interessant ist ebenfalls die vertikale Temperaturschichtung von der Wasseroberfläche weg. Dies deshalb, weil bei der Betrachtung von Austauschvorgängen die vertikale Temperaturschichtung von Bedeutung ist. Temperaturinversionen behindern einen Massenaustausch, starke Temperaturgradienten fördern die Durchmischung der Luft. Zur Untersuchung dieser Verhältnisse liegen Temperaturregistrierungen in mehreren Schichten im und über dem Schilfbestand vor (15 cm und 1 m über Wasser, sowie in 1,5 m, 3 m und 6 m über dem Schilf).

Die Messungen des Jahres 1968 gestatten weitgehend die *Darstellung des vertikalen Temperaturprofils*. In Abbildung 27 wird die vertikale Schichtung an einem wolkenlosen Tag im Juli für jede zweite Stunde des Tages dargestellt.

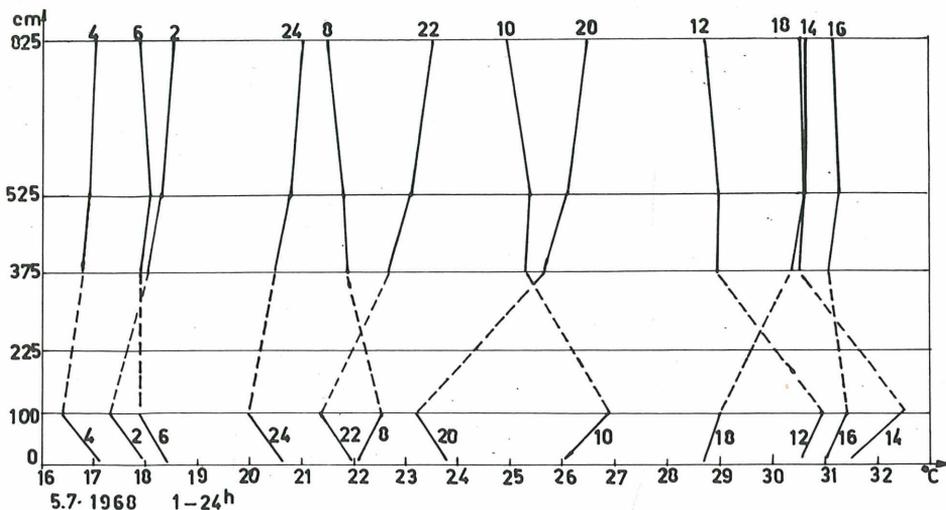


Abbildung 27: Vertikaler Temperaturverlauf am 5.7.68 für jede zweite Stunde des Tages.

In den Morgen- und Abendstunden ist im Schilfbestand eine sehr starke Temperaturabnahme, gemessen innerhalb einer 85 cm dicken Schichte, mit der Höhe zu ersehen. Dies kann auf die relativ warme Wassertemperatur von 22,6 bzw. 25,0° C zurückgeführt werden.

Der maximale Gradient in dieser Schichte betrug in der Zeit von 3—4 Uhr 0,7 Grad/85 cm. In den Schichten über dem Schilf herrscht in der Nacht eine Inversion, die sich zwischen 5 und 6 Uhr auflöst.

Im Laufe des Vormittags kehrt sich der Temperaturgradient innerhalb des Bestandes um und es bildet sich eine starke Inversion aus, die infolge von Konvektionsvorgängen zu Mittag teilweise abgebaut, jedoch nach 13 Uhr wieder umso stärker ausgebildet wird.

Über dem Schilfbestand ist mit Ausnahme der frühen Vormittagsstunden durchwegs eine Inversion anzutreffen, die jedoch in Höhe und Intensität schwankt.

Da zwischen den Höhen 100 und 375 cm über dem Wasser keine Messungen vorliegen, in diese Höhe aber die Schilfobergrenze fällt (ca.

225 cm), ist es nicht möglich, den tatsächlichen Temperaturverlauf in dieser Zwischenschichte anzugeben. Die Höhen 100 und 375 cm wurden linear mit einer unterbrochenen Linie verbunden, um einen besseren Überblick zu erhalten.

Wie sich am 5. 7. 68 zeigte, ist zu den meisten Stunden des Tages eine inverse Temperatur anzutreffen. Um festzustellen, wie weit sich diese Tendenz auch an schlechten Tagen behauptet, ist in der Abbildung 28 der vertikale Temperaturverlauf am 17. 7. 68 im Tagesmittel dargestellt.

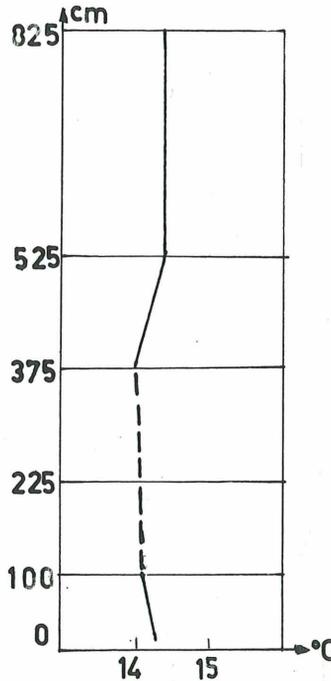


Abbildung 28: Mittlere Temperaturschichtung am 18. 7. 68

Der 18. 7. war ein Tag mit 10/10 Nimbostratus, die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 19,5 km/h, bei einer Windrichtung um WNW. Die Temperatur der Wasseroberfläche betrug im Tagesmittel 17,5°C.

Auch an diesem Tag zeigte sich eine Inversion zwischen 375 und 525 cm über Wasser.

Eine entsprechende Darstellung der mittleren monatlichen Temperaturschichtung weist stark inverse, sowie auch normale Temperaturgradienten im Schilfbestand (Abbildung 29) auf. Über dem Schilfbestand sind in verschiedenen Höhen abermals Inversionen mit unterschiedlicher Intensität ausgebildet.

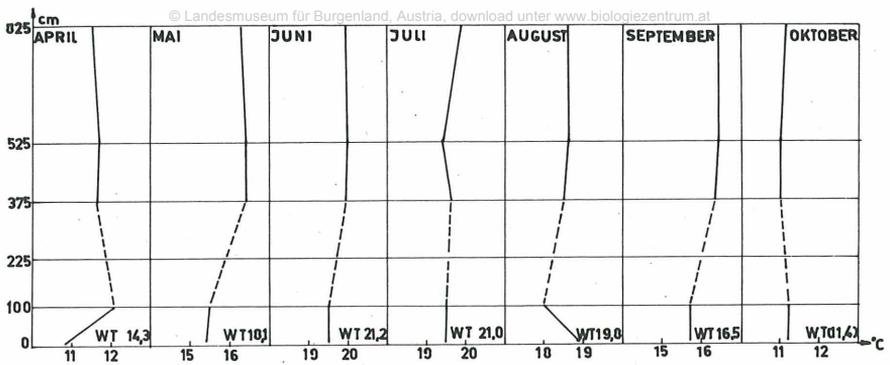


Abbildung 29: Mittlere monatliche Temperaturschichtung von April bis Oktober 1968.

Derartige Gradienten sind im allgemeinen nur innerhalb einer wenige Zentimeter dicken Schichte über dem Untergrund anzutreffen. Daß diese Schichte bei Schilf mehr als einen Meter betragen kann, weist auf ein ausgeprägtes Mikroklima des Schilfes hin (12).

Zusammenfassend über die Temperaturverhältnisse in Rust und im Schilfgürtel kann man sagen, daß das Gebiet zu den wärmsten Österreichs zählt. Der Neusiedlersee übt auf die Temperatur im Schilfgürtel, gegenüber der auf dem Lande, einen ausgleichenden Einfluß aus.

Die Temperaturschichtung im Schilfbestand weist sehr starke vertikale Gradienten auf, über dem Bestand, innerhalb der untersten 6 m, besteht eine starke Tendenz zu Inversionen. Dieses Verhalten der Temperatur ist Ausdruck für ein ausgeprägtes Mikroklima des Schilfgürtels.

3. DIE LUFTFEUCHTIGKEIT IM ORT RUST UND IM SCHILFGÜRTEL

Klimatisch ist die Luftfeuchtigkeit in Gebieten mit Weinbau von nicht geringer Bedeutung. Da die Feuchte mit zu den wichtigsten Faktoren in der Verdunstung zählt, ist es notwendig, ihre Struktur im Untersuchungsgebiet zu kennen.

Bei klimatischen Betrachtungen wird für die Luftfeuchtigkeit die relative Feuchte verwendet, da sie das bekannteste Maß darstellt. Die relative Feuchte ist das Verhältnis zwischen tatsächlichem und maximal möglichem Wassergehalt.

An Daten stehen wieder Beobachtungen aus der Zeit von 1927—36 zur Verfügung. Für die Unterschiede zwischen dem Ort Rust und dem Schilfgürtel werden wieder die Stationen bei der Polizeidienststelle und im Schilfbestand herangezogen.

Tabelle 18: *Monatsmittel* der relativen Feuchte in % in Rust

- a) aus dem Beobachtungsmaterial 1927—36;
- b) im Schilfgürtel 1967;
- c) im Schilfgürtel 1968;
- d) an der Klimastation bei der Polizei in Rust 1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|
| a) | 81 | 70 | 69 | 63 | 61 | 62 | 59 | 62 | 72 | 74 | 76 | 82 | 69 |
| b) | 76 | 73 | 68 | 66 | 67 | 70 | 71 | 75 | 81 | 81 | 81 | 75 | 74 |
| c) | 75 | 81 | 66 | 65 | 68 | 71 | 70 | 78 | 77 | 83 | 84 | 84 | 75 |
| d) | 77 | 80 | 64 | 62 | 68 | 66 | — | 80 | 80 | 83 | 87 | 85 | — |

Die Jahre 1967 und 1968, die untereinander kaum differieren, sind gegenüber dem mehrjährigen Mittel aus den Jahren 1927—36 feuchter.

Zwischen der Meßstelle bei der Polizei und jener im Schilf tritt 1968 im Jahresdurchschnitt kein Unterschied auf, wohl aber im Jahresablauf, und zwar dahingehend, daß die Schwankungen zwischen Sommer und Winter an Land größer sind als im Schilfgürtel.

Ebenso wie die Temperatur weist die Feuchte einen ausgeprägten Tagesgang auf. Der Tagesgang der relativen Feuchte verläuft entgegengesetzt zum Tagesgang der Temperatur, wobei das Minimum zeitlich mit dem Maximum der Temperatur und das Maximum mit dem Temperaturminimum zusammenfällt.

Da die relative Feuchte keine Aussage über die tatsächlich in der Luft enthaltene Wasserdampfmenge macht, wird dafür der Dampfdruck (Partialdruck des Wasserdampfes am gesamten Luftdruck) herangezogen.

Die Abbildung 30 zeigt den mittleren Tagesgang von relativer Feuchte und Dampfdruck für den Juli 1968.

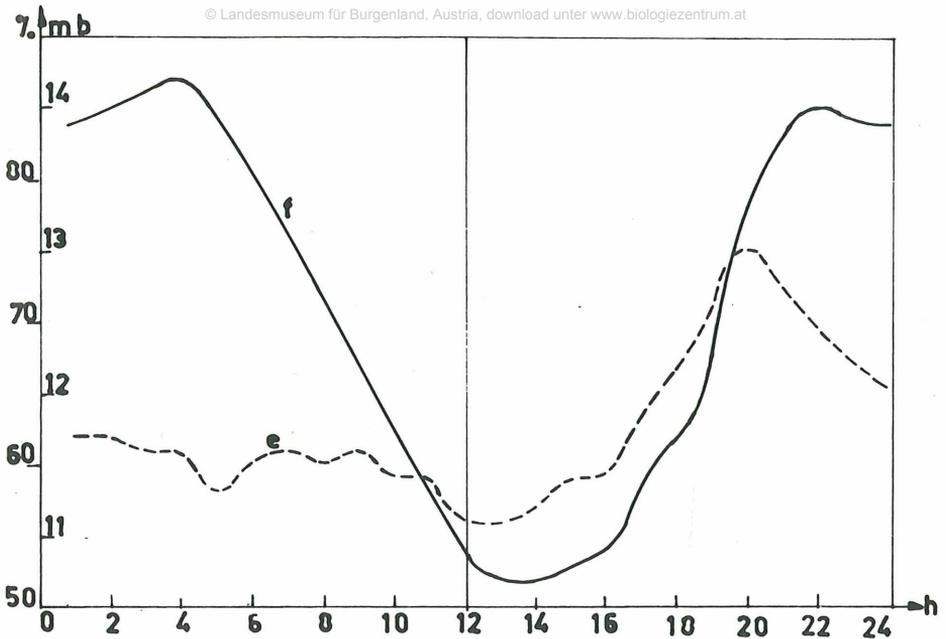


Abbildung 30: Mittlerer Tagesgang der relativen Feuchte (f in %) und des Dampfdruckes (e in mb) für den Juli 1968 in der Klimahütte im Schilfgürtel.

Der Dampfdruck weist im Tagesgang starke Unregelmäßigkeiten auf und erreicht zu Mittag seinen geringsten Wert. Erst am Nachmittag steigt er wieder an. In der Klimahütte tritt das Maximum um 20 Uhr ein.

Der unregelmäßige Kurvenverlauf am Vormittag, der sich im Monatsmittel ergibt, glättet sich bei der Betrachtung der Verhältnisse an einem wolkenlosen Sommertag (Abbildung 31).

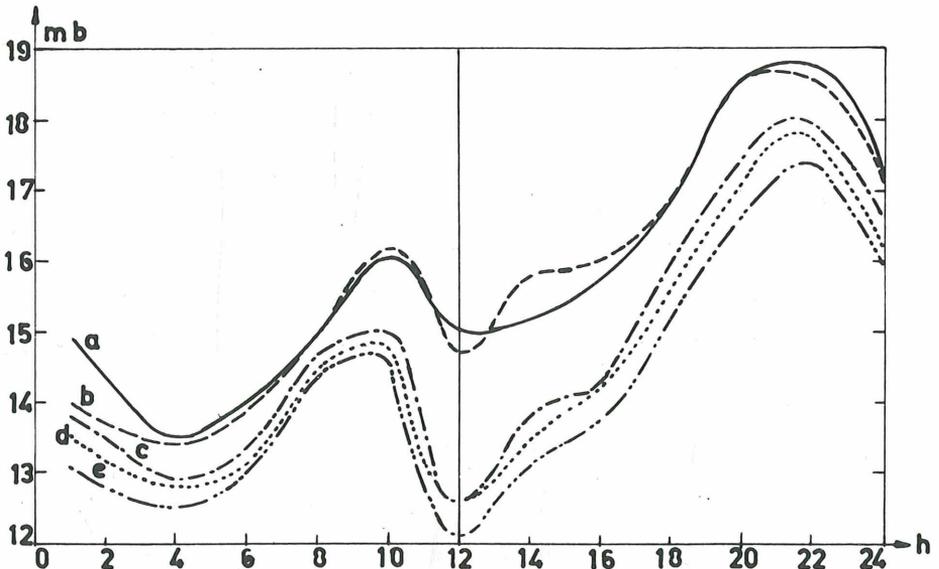


Abbildung 31: Verlauf des Dampfdruckes in und über dem Schilfbestand an einem wolkenlosen Tag, dem 5. 7. 68, in 5 Niveaus: a 15 cm (—); b 100 cm (---); c 375 cm (- · - ·); d 525 cm (...); e 825 cm (- · · -).

Nach dem Sonnenaufgang steigt der Dampfdruck bis 10 Uhr an, darauf folgt bis um 12 Uhr eine Periode der „Austrocknung“, die natürlich über dem Bestand wesentlich ausgeprägter ist als im Schilfbestand. Am Nachmittag steigt der Dampfdruck stetig an und erreicht, sowohl im wie über dem Bestand, zwischen 21 und 22 Uhr sein Maximum (12).

Die vertikale Schichtung des Dampfdruckes zeigt über dem Schilf durchwegs eine Abnahme mit der Höhe, was den normalen Verhältnissen entspricht.

Der Dampfdruck im Schilfbestand liegt deutlich über dem der freien Luftschichten über dem Schilf. Innerhalb des Schilfbestandes wechselt der Gradient des Dampfdruckes im Tagesgang mehrmals das Vorzeichen (Abbildung 31).

Zur Bestimmung der Tendenz des Dampfdruckgradienten ist in Abbildung 32 analog zum Temperaturgradienten, der mittlere monatliche Verlauf des Dampfdruckes mit der Höhe dargestellt.

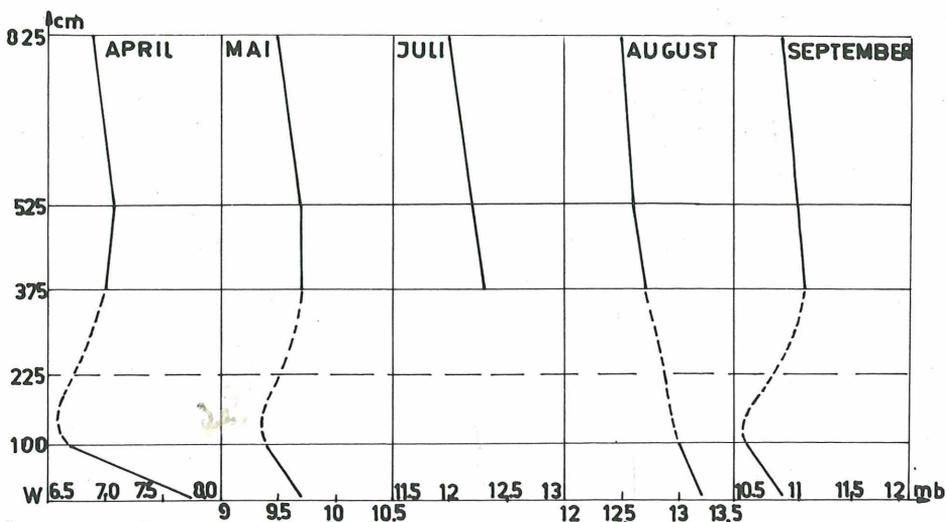


Abbildung 32: Mittlerer monatlicher Verlauf des Dampfdruckes mit der Höhe in Rust April-September 1968.

Über dem Schilfbestand zeigt der April in einer Höhe von 525 cm die Tendenz zu einer schwach inversen Feuchteschichtung.

In den übrigen Monaten ist in der Schichte zwischen 375 cm und 825 cm eine Abnahme des Dampfdruckes zu finden. Innerhalb des Schilfes tritt durchschnittlich eine Abnahme der Feuchte mit zunehmender Entfernung vom Wasser auf.

Die Dampfdruckwerte in 100 cm und jene in 375 cm, in die dazwischenliegenden Schichten fällt die Schilfobergrenze, unterscheiden sich relativ

stark, wobei vielfach höhere Feuchtwerte über dem Schilf auftreten. Ein genauerer Verlauf des Dampfdruckes in dieser Schichte ist infolge mangelnder Daten nicht anzugeben.

Die relative Feuchte im Schilfgürtel und im Ort unterscheidet sich lediglich im Jahresgang.

Der Dampfdruck nimmt über dem Schilfbestand normal mit der Höhe ab. Auch innerhalb des Schilfbestandes zeigt sich diese Tendenz, teilweise sogar mit extremen Gradienten. An einzelnen Tagen kann dieser Dampfdruckgradient im Schilf jedoch positives als auch negatives Vorzeichen haben. Dies deutet wieder auf ein ausgeprägtes Mikroklima des Schilfbestandes hin.

4. NIEDERSCHLAG IM UND AM SCHILFGÜRTEL

Für den Wasserhaushalt des Neusiedlersees ist der Niederschlag von besonderer Bedeutung, da infolge des geringen Wasserinhaltes nur durch ihn eine Stabilisierung des Wasserstandes erreicht wird.

Aus den Jahren 1900 bis 1968 liegen 30 vollständige Beobachtungsjahre des Niederschlages vor.

Alle Messungen wurden im Ort Rust durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind die monatlichen und jährlichen Niederschlagswerte zusammengestellt.

Tabelle 19: Monatliche und jährliche Niederschlagsmenge in Rust in mm
Wasserwert von 1900—1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1901 | 23 | 20 | — | — | 21 | 40 | 56 | 28 | 81 | 22 | 38 | 38 | — |
| 02 | 24 | 79 | 42 | 17 | 71 | 72 | 107 | 34 | 38 | 37 | 9 | 64 | 594 |
| 03 | 45 | 20 | 48 | 77 | 20 | 48 | 80 | 77 | 77 | 48 | 103 | 90 | 733 |
| 04 | 2 | 68 | 52 | 61 | 79 | 15 | 12 | 39 | 104 | 107 | 39 | 52 | 630 |
| 05 | 18 | 13 | 65 | 50 | 102 | 41 | 43 | 72 | 48 | 57 | 143 | 7 | 659 |
| 1908 | — | — | — | 60 | 50 | 41 | 54 | — | 34 | 0 | — | — | — |
| 09 | — | 33 | 50 | — | 61 | 50 | 49 | — | 67 | — | — | 105 | — |
| 1910 | — | — | — | — | — | — | 55 | 19 | 102 | 11 | 97 | 28 | — |
| 11 | 29 | 17 | 35 | 35 | 167 | 50 | 22 | 58 | 46 | 58 | 53 | 63 | 633 |
| 12 | 29 | 33 | 45 | 28 | 104 | 137 | 98 | 80 | 65 | 64 | 30 | 13 | 706 |
| 13 | 25 | 8 | 23 | 39 | 72 | 34 | 115 | 44 | 86 | 37 | 108 | 52 | 643 |
| 14 | 27 | 4 | 38 | 13 | 73 | 39 | 247 | 33 | 57 | 46 | 19 | 67 | 663 |
| 15 | 89 | 27 | 27 | 19 | 26 | 90 | 78 | 151 | 49 | 149 | 37 | 31 | 773 |
| 16 | 72 | 51 | 32 | 147 | 37 | 111 | 77 | 29 | 139 | 11 | 30 | 49 | 784 |
| 17 | 72 | 13 | 31 | 57 | 33 | 18 | 101 | 66 | 24 | 74 | 27 | 37 | 553 |

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 18 | 7 | 16 | 7 | 54 | 26 | 120 | 96 | 122 | 71 | 92 | 27 | 70 | 718 |
| 19 | 51 | 40 | 27 | 66 | 64 | 59 | 35 | 34 | 59 | 17 | 72 | 17 | 541 |
| 1920 | 41 | 8 | 6 | 22 | 39 | 63 | 102 | 69 | 53 | 3 | 4 | 126 | 536 |
| 1927 | 39 | 1 | 46 | 51 | 36 | 88 | 39 | 47 | 64 | 24 | 71 | 18 | 524 |
| 28 | 17 | 57 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 1930 | — | — | — | — | — | — | 48 | 117 | — | 77 | 43 | — | — |
| 31 | 21 | 56 | 21 | 24 | 24 | 49 | — | — | — | — | — | — | — |
| 32 | 17 | 8 | — | 22 | 38 | 19 | — | — | — | — | — | — | — |
| 33 | — | — | — | 22 | — | — | 46 | 79 | — | — | — | — | — |
| 34 | 8 | 39 | 5 | 12 | 46 | 52 | 40 | 119 | 48 | 34 | 19 | 54 | 476 |
| 35 | 30 | 76 | 17 | 66 | 106 | 18 | 22 | 36 | 27 | 68 | 39 | 54 | 559 |
| 1936 | 36 | 56 | 14 | 20 | 147 | 48 | 68 | 21 | 20 | 99 | 20 | 3 | 552 |
| 1949 | 25 | 3 | 4 | 17 | 104 | 34 | 67 | 120 | 28 | 18 | 133 | 44 | 597 |
| 1950 | 46 | 37 | 19 | 49 | 31 | 18 | 76 | 52 | 81 | 85 | 87 | 44 | 625 |
| 51 | (32) | (20) | (50) | 23 | 133 | 130 | 64 | 111 | 27 | 6 | 85 | 23 | (704) |
| 1960 | 35 | 6 | 32 | 20 | 43 | 48 | 78 | 124 | 94 | 71 | 34 | 21 | 606 |
| 61 | 10 | 43 | 6 | 37 | 72 | 57 | 69 | 36 | 14 | 82 | 78 | 47 | 551 |
| 62 | 20 | 37 | 49 | 33 | 51 | 15 | 46 | 32 | 35 | 44 | 121 | 29 | 512 |
| 63 | 28 | 23 | 32 | 21 | 57 | 78 | 20 | 117 | 43 | 27 | 42 | 12 | 500 |
| 64 | 0 | 28 | 76 | 51 | 56 | 46 | 32 | 32 | 41 | 171 | 39 | 51 | 623 |
| 65 | 30 | 25 | 36 | 139 | 158 | 119 | 148 | 64 | 33 | 1 | 51 | 53 | 857 |
| 66 | 20 | 46 | 13 | 58 | 65 | 77 | 124 | 120 | 28 | 49 | 72 | 57 | 729 |
| 67 | 28 | 29 | 28 | 53 | 105 | 13 | 55 | 31 | 116 | 32 | 34 | 28 | 552 |
| 68 | 63 | 2 | 18 | 21 | 24 | 59 | 62 | 110 | 34 | 51 | 32 | 34 | 510 |

Die Schwankungsbreite der jährlichen Niederschlagsmengen im beobachteten Zeitraum reicht von 476 mm im Jahr 1934 bis zu 857 mm im Jahr 1965. Die größte Monatssumme eines Jahres ist im Juli 1914 mit 247 mm gefallen. Aus der Tabelle 20 lassen sich die *Monatsmittelwerte* des Niederschlages ableiten.

Tabelle 20: Mittelwerte der monatlichen und jährlichen Niederschlagsmenge in mm von Rust.

| J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------|
| 31 | 30 | 31 | 46 | 69 | 57 | 70 | 68 | 57 | 52 | 56 | 40 | 607 |

Aus der Tabelle 20 ergibt sich, daß nicht nur die meisten Monatsminima in den Februar fallen, sondern auch das durchschnittliche Minimum. Am meisten Regen fällt im Juli, wenn auch die durchschnittliche Niederschlagsmenge im Mai und im August kaum unter dem Wert des Juli liegen.

Das langjährige Jahresmittel von 607 mm liegt deutlich unter den Werten für die meisten Stationen Österreichs. Eine Niederschlagssumme um 600 mm entspricht dem relativ trockenen „pannonischen Klima“. (Die Normalzahl des Niederschlags ist für Budapest 630 mm, für Magyarovar 615 mm.)

Die Anzahl der Tage mit Niederschlag, die pro Monat zu erwarten sind, zeigt die Tabelle 21, die die Durchschnittswerte der Jahre 1960—69 wiedergibt.

Um einen Aufschluß über die Niederschlagsintensitäten zu bekommen, sind in Tabelle 21 auch noch die Häufigkeiten einzelner Intensitäten angeführt.

Tabelle 21: Mittlere Zahl der Tage mit Niederschlag.

- a) insgesamt;
- b) bis 1 mm;
- c) von 1,1 mm—10 mm;
- d) über 10 mm.

| | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|-----|
| a) | 11 | 11 | 10 | 11 | 13 | 12 | 13 | 10 | 9 | 10 | 14 | 11 | 132 |
| b) | 5 | 6 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 | 4 | 44 |
| c) | 6 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 | 4 | 7 | 6 | 71 |
| d) | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 17 |

Daraus ergibt sich, daß schwache Regenfälle mit einer Ergiebigkeit bis zu einem mm nur an 33% der Tage mit Niederschlag vorkommen. Am häufigsten sind die Niederschlagsmengen zwischen ein und zehn Millimeter. Starke und länger dauernde Regenfälle mit Niederschlagsmengen über 10 Millimeter sind mit 13% der Niederschlagstage relativ selten. Wenn särke Niederschläge auch selten auftreten, können sie doch erheblich zur gesamten Niederschlagsmenge beitragen. Dies kann an Hand der *maximalen Tagessummen* in Tabelle 22 gezeigt werden.

Tabelle 22: Größte Tagessummen in den Beobachtungsjahren seit 1902 in mm.

| | | | | | | | |
|------|-----|-----|-------|------|-----|-------|-------|
| 1902 | 1. | 2. | 32 mm | 1927 | 3. | 28 mm | |
| 03 | 17. | 4. | 31 mm | 1934 | 8. | 37 mm | |
| 04 | 10. | 10. | 65 mm | 35 | 2. | 23 mm | |
| 05 | 19. | 5. | 36 mm | 36 | 5. | 40 mm | |
| 1911 | 19. | 5. | 56 mm | 1951 | 16. | 8. | 96 mm |
| 12 | 13. | 6. | 50 mm | 1960 | 12. | 8. | 46 mm |
| 13 | 23. | 7. | 64 mm | 61 | 18. | 10. | 33 mm |
| 14 | 17. | 7. | 78 mm | 62 | 31. | 10. | 27 mm |

| | | | | | | | |
|------|-----|----|-------|----|-----|-----|-------|
| 15 | 30. | 8. | 49 mm | 63 | 3. | 5. | 28 mm |
| 16 | 21. | 9. | 63 mm | 64 | 24. | 10. | 38 mm |
| 17 | 6. | 7. | 63 mm | 65 | 31. | 5. | 69 mm |
| 18 | 2. | 7. | 40 mm | 66 | 17. | 11. | 28 mm |
| 19 | 21. | 9. | 45 mm | 67 | 31. | 5. | 42 mm |
| 1920 | 1. | 7. | 31 mm | 68 | 2. | 10. | 28 mm |

Durchschnittlich trugen diese maximalen Niederschläge 43% zu den monatlichen Niederschlagsmengen bei. Tagesmengen über 50 mm sind sehr selten. Die lokale Rekordniederschlagsmenge wurde am 16. 8. 1951 mit 96 mm gemessen.

Als Zusatzprogramm zum Niederschlag wurde in Rust im Rahmen der Arbeit mit verschiedenen Verdunstungswannen im Schilfbestand auch der Niederschlag in diesen gemessen.

Diese Verdunstungswannen waren bis zu 200 m voneinander entfernt, so daß auch zwei Niederschlagsmesser installiert wurden. Beide Regenmesser hatten Auffangflächen von 200 cm². Die Ergebnisse während einiger Niederschlagsperioden sind in Tabelle 23 zusammengefaßt.

Tabelle 23: Ergebnisse der Niederschlagsmessungen bei der Stationshütte und 200 m beim Meßmast

| Datum | Mast | Hütte |
|-----------|-------|-------|
| 8. 6. 67 | 1,1 | 1,2 |
| 29. 6. 67 | 5,6 | 5,4 |
| 9. 7. 67 | 26,3 | 25,7 |
| 10. 7. 67 | 12,9 | 11,9 |
| 21. 7. 67 | 5,3 | 5,3 |
| 5. 8. 67 | 19,2 | 19,7 |
| 13. 8. 67 | 2,4 | 2,6 |
| 2. 9. 67 | 4,5 | 4,1 |
| 16. 9. 67 | 28,0 | 28,4 |
| 17. 9. 67 | 18,4 | 18,3 |
| Summe | 123,7 | 122,6 |

Die Unterschiede zwischen den beiden Meßstellen sind äußerst gering. Die Abweichung liegt durchschnittlich unter einem Prozent der Niederschlagsmenge. Daß im Gebiet von Rust nahezu keine horizontalen Unterschiede der Niederschlagsmenge auftreten, läßt sich auch aus den fast gleichen Niederschlagssummen, die für das Jahr 1968 parallel im Schilfgürtel und im Ort Rust gemessen wurden, ersehen.

Tabelle 24: Monatliche Niederschlagsmenge in mm Wasserwert

a) im Schilfgürtel bei Rust;

b) im Ort Rust.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|----|---|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|------|
| a) | 63 | 2 | 18 | 21 | 24 | 59 | 62 | 110 | 34 | 53 | 31 | 34 | 511 |
| b) | 63 | 2 | 18 | 21 | 24 | 59 | 62 | 110 | 34 | 51 | 32 | 34 | 510 |

Ein Vergleich mit den Werten in Tabelle 19 für das Jahr 1968 zeigt, daß lediglich zwei Monatssummen des Niederschlages im Ort und im Schilfgürtel unterschiedlich sind. Die Jahressummen unterscheiden sich nur um einen Millimeter.

Auf Grund dieser Ergebnisse ist es vertretbar, sich auf Niederschlagsmessungen an einem Ort in der Nähe der Verdunstungswannen zu beschränken und diesen Wert als repräsentativ gelten zu lassen.

Da einige Verdunstungswannen schwimmend im Schilfbestand installiert waren, wurde mit kleinen, schwimmenden Regenkübel, die eine Auffangfläche von 100 cm² hatten, versucht, die Regenmenge zu bestimmen, die diese Wannen empfangen. Ein Großteil des Niederschlages wird von den Schilfblättern abgefangen und gelangt bei stärkerem Regen längs der Schilfhalm in den See und ist damit kaum erfassbar. Geringe Niederschlagsmengen bleiben vollständig an den Blättern hängen und verdunsten von diesen. Die *Interception* hängt sowohl von der Größe und der Anzahl der Blätter, als auch von der Dichte des Schilfbestandes ab.

Um möglichst viele Werte zu erhalten, wurden bis zu 10 Regenkübel verwendet. In der Tabelle 25 sind die Ergebnisse dieser Messungen zusammengefaßt und den Niederschlagsmengen, die oberhalb des Schilfes aufgefangen wurden, gegenübergestellt.

Tabelle 25: Niederschlagsmengen am Grund des Schilfes mit 100 cm² Regenkübeln gemessen und der Niederschlag über dem Schilfbestand

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | über Best |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|
| 8. 6. 67 | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 0,7 | 0,8 | 1,0 | 0,6 | 1,0 | — | — | 1,2 |
| 29. 6. 67 | 2,4 | 3,8 | 3,9 | 3,3 | 2,8 | 5,0 | 3,7 | 4,8 | — | — | 5,4 |
| 9. 7. 67 | 12,8 | 20,7 | 23,1 | 16,6 | 18,5 | 25,2 | 17,3 | 16,8 | — | — | 25,7 |
| 10. 7. 67 | 2,4 | 6,0 | 4,7 | 1,6 | 3,3 | 6,0 | 7,0 | 2,7 | — | — | 11,9 |
| 21. 7. 67 | — | — | 4,7 | 2,5 | 3,5 | 5,7 | 3,0 | 3,0 | 4,7 | 4,3 | 5,3 |
| 5. 8. 67 | — | 10,2 | — | — | — | — | — | 10,4 | — | — | 19,9 |
| 13. 8. 67 | 0,8 | 1,2 | 1,7 | — | — | 0,5 | 1,4 | 1,8 | 0,9 | 1,0 | 2,6 |
| 2. 9. 67 | — | — | 2,7 | — | — | 2,8 | 2,3 | 2,8 | — | 3,7 | 4,1 |
| 16. 9. 67 | — | 16,0 | 21,2 | — | 16,5 | — | 21,5 | 19,0 | 21,0 | — | 28,4 |
| 17. 9. 67 | 6,5 | 10,2 | 12,7 | — | 12,2 | 12,5 | 11,6 | — | 12,7 | 11,9 | 18,3 |

Die zehn Regenkübel schwammen an verschieden dichten Stellen im Schilf: die Kübel mit der Nummer 1, 2, 4, 5, 7 im dichten, die mit den Nummern 3, 6, 8, 9, 10 im weniger dichten Bestand. Wenn auch an den weniger dichten Stellen mehr Regen bis an die Wasseroberfläche vordringt, so ist dennoch das Verhältnis des Niederschlags, der am Grund des Schilfbestandes aufgefangen wurde, zur Gesamtmenge oberhalb des Schilfes sehr verschieden. Bei nahezu gleichem Angebot wurden an den gleichen Stellen die unterschiedlichsten Regenmengen aufgefangen.

In der Abbildung 33 wurde versucht, die direkt aufgefangene Niederschlagsmenge im Schilf in Abhängigkeit von der gesamten Niederschlagsmenge darzustellen.

Wenn die Streuung der Einzelwerte auch groß ist, läßt sich doch bei schwachen Regenfällen ein flacherer Kurvenverlauf erkennen, als bei starken.

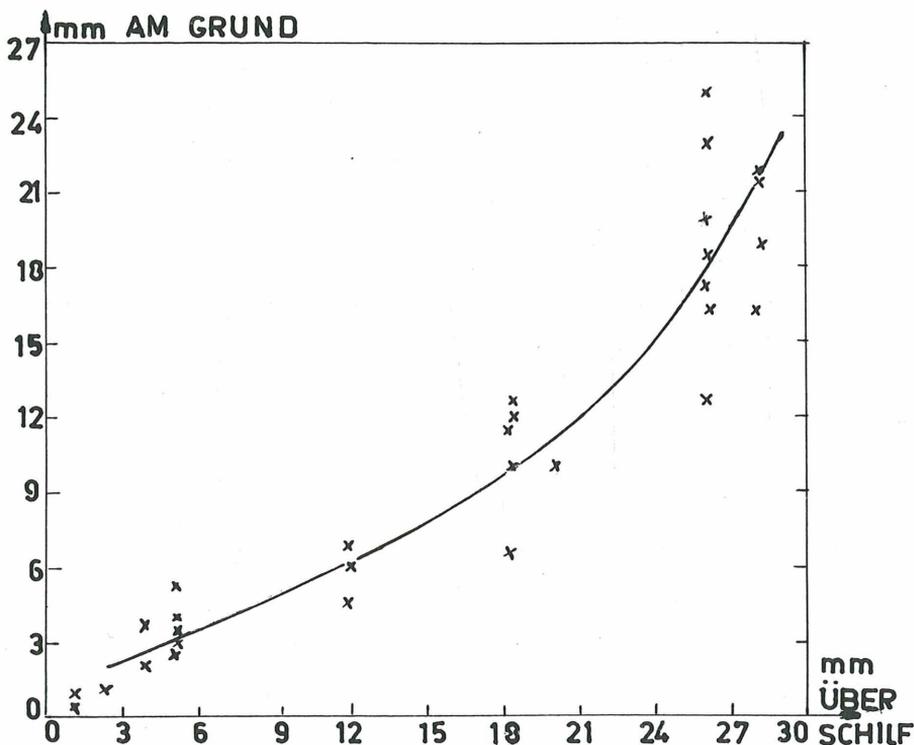


Abbildung 33: Verhältnis des Niederschlags am Grund des Schilfbestandes zu dem über dem Schilf.

Das Schilf stellt, vor allem bei schwächeren Niederschlägen durch die Verdunstung von den Blättern, ein relativ größeres Hindernis dar, als für starken Regen. Je stärker der Regen und je länger er andauert, umso mehr Wasser fällt direkt von den Blättern auf die Wasserfläche im Schilf. Bei schwächeren Niederschlägen rinnt, nach Erreichen der maximalen Rückhaltmenge der Blätter, ein größerer Teil längs der Schilfhalmes ins Wasser und geht somit einer Erfassung mit Hilfe von Regenkübeln verloren.

Rust gehört also mit seiner Lage am Westrand der Pannonischen Tiefebene zu den trockeneren Gebieten Österreichs. Starke und ergiebige Niederschläge treten äußerst selten auf. Durchschnittlich fällt ca. an jedem dritten Tag des Jahres Niederschlag. Horizontale Unterschiede der Niederschlagsmenge vom Ort Rust bis zum Schilfgürtel hin sind praktisch nicht vorhanden.

5. WINDRICHTUNG UND WINDSTÄRKE AN DER STATION RUST IN DEN JAHREN 1967 und 1968

Der Wind ist für die Durchmischung der Luftschichten maßgebend und sorgt somit für einen Transport des Wasserdampfes von der Oberfläche in höhere Schichten. Daraus läßt sich der Einfluß auf die Verdunstung erkennen. Seit dem Jahre 1967 liegen geschlossene Reihen einer Windregistrierung vor, die mit einem Windweg- und Windrichtungsschreiber, der am Dach des Seerestaurants Rust montiert war, durchgeführt wurden. Zur Untersuchung des vertikalen Windprofils wurden ab Juni 1967 Registrierungen der Windgeschwindigkeit in mehreren Höhen über dem Schilfbestand durchgeführt. Um die für solche Untersuchungen besonders wichtige störungsfreie Aufstellung zu gewährleisten, wurden die Anemometer auf dem Meßmast montiert, der auch zur Temperaturregistrierung diente (Abbildung 17).

Die Windrichtungsverhältnisse

Die Windrichtung ist von den orographischen Gegebenheiten des Standortes abhängig. Vor dem Seeufer bei Rust erhebt sich ein Hügelzug, dessen Kammrichtung Nord—Süd verläuft und der Höhen bis zu 220 m NN in einer Entfernung von 1,5 km erreicht, wobei der Ort Rust in 121 m NN liegt. In sieben km Entfernung von Rust (110 m NN) fällt dieser Hügelzug zur Senke von Schützen ab. Folgt man dieser Richtung von der Schützener Senke aus weiter, so kommt man an das Leithagebirge, das sich in einer Entfernung von 12 km 400 m über NN erhebt.

Zur Bestimmung der vorherrschenden Windrichtungen wurden von Steinhauser (13) Auszählungen der Stunden mit einzelnen Windrichtungen

durchgeführt. Einen Überblick über die Häufigkeiten der verschiedenen Windrichtungen geben die Abbildungen 34a und 34b, in denen die Windrosen für 1967 und 1968, zusammengefaßt in je zwei Monate, dargestellt sind. Um die Abhängigkeit der Windrichtung von der Tageszeit feststellen zu können, wurde die Auszählung für jeweils Sechsstundenintervalle durchgeführt.

In allen Monaten gibt es ein starkes Maximum für die Windrichtung WNW und ein sekundäres Maximum für Winde aus SSE.

Im Jänner und Februar 1967 ist das Maximum der Häufigkeit zu allen Tageszeiten gleich groß, während die zweite Spitze nach SSE in der zweiten Nachthälfte erheblich schwächer ausgebildet ist.

Die Häufigkeit der Winde aus WNW ist im März und April wesentlich größer als in den Vormonaten, wobei in der zweiten Nachthälfte die Winde aus dieser Richtung am häufigsten vorkommen. Die südlichen Winde haben an Häufigkeit abgenommen und die Richtung verlagert sich von SSE nach S.

Das Maximum der WNW-Winde steigt im Mai und Juni an, dies gilt primär für die zweite Nachthälfte. Die SSE Winde sind untertags besonders häufig. In der Zeit von 18—24 Uhr ist ein Drehen der Windrichtung nach S zu sehen. Dies gilt auch für die Monate Juli und August. In diesen Monaten sind alle Windrichtungen von W—N und von E—S vorhanden.

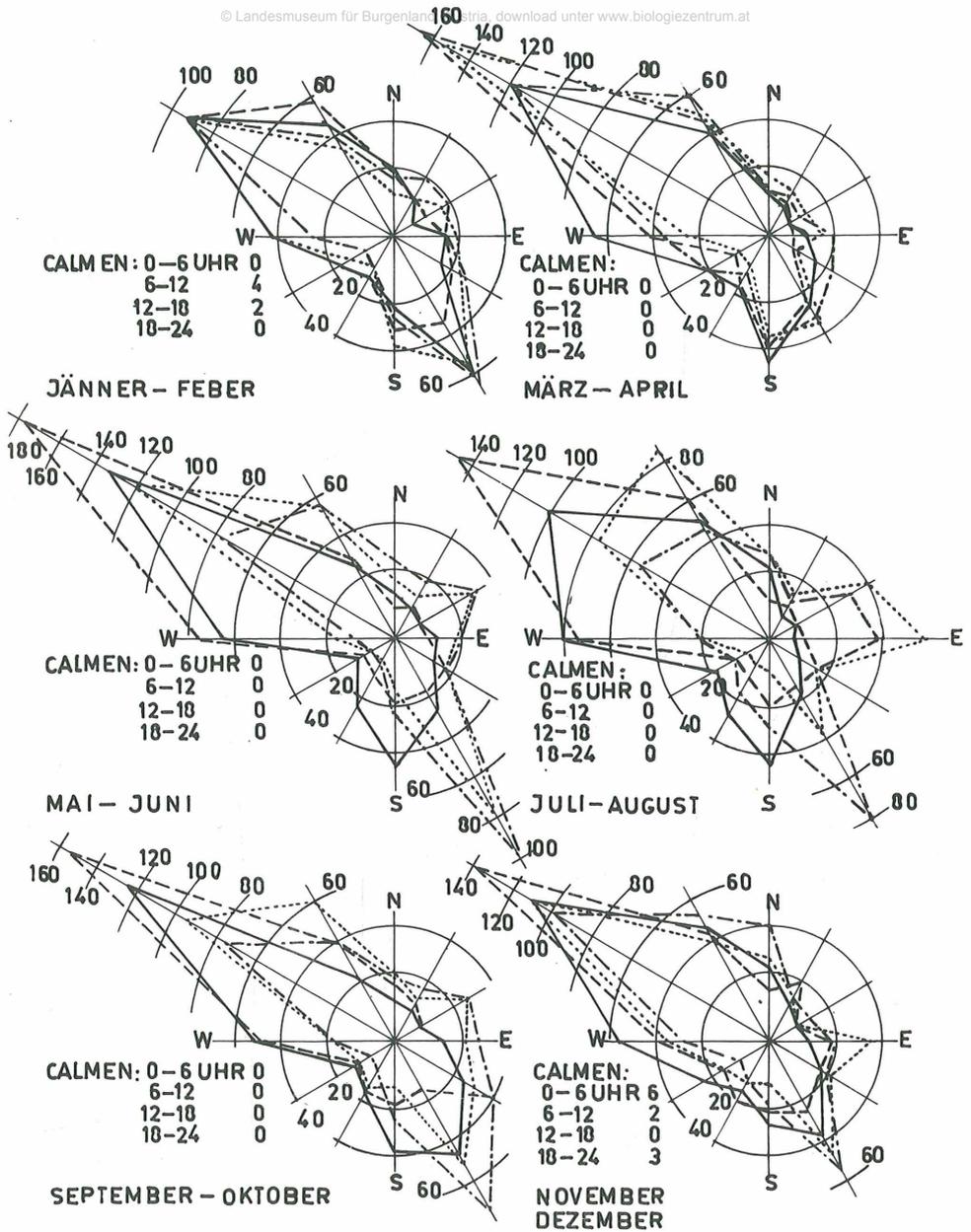


Abbildung 34a: Häufigkeitsverteilung der Windrichtung in Rust 1967; 0-6 Uhr (- - -); 6-12 Uhr (...); 12-18 Uhr (- · - ·); 18-24 Uhr (—).

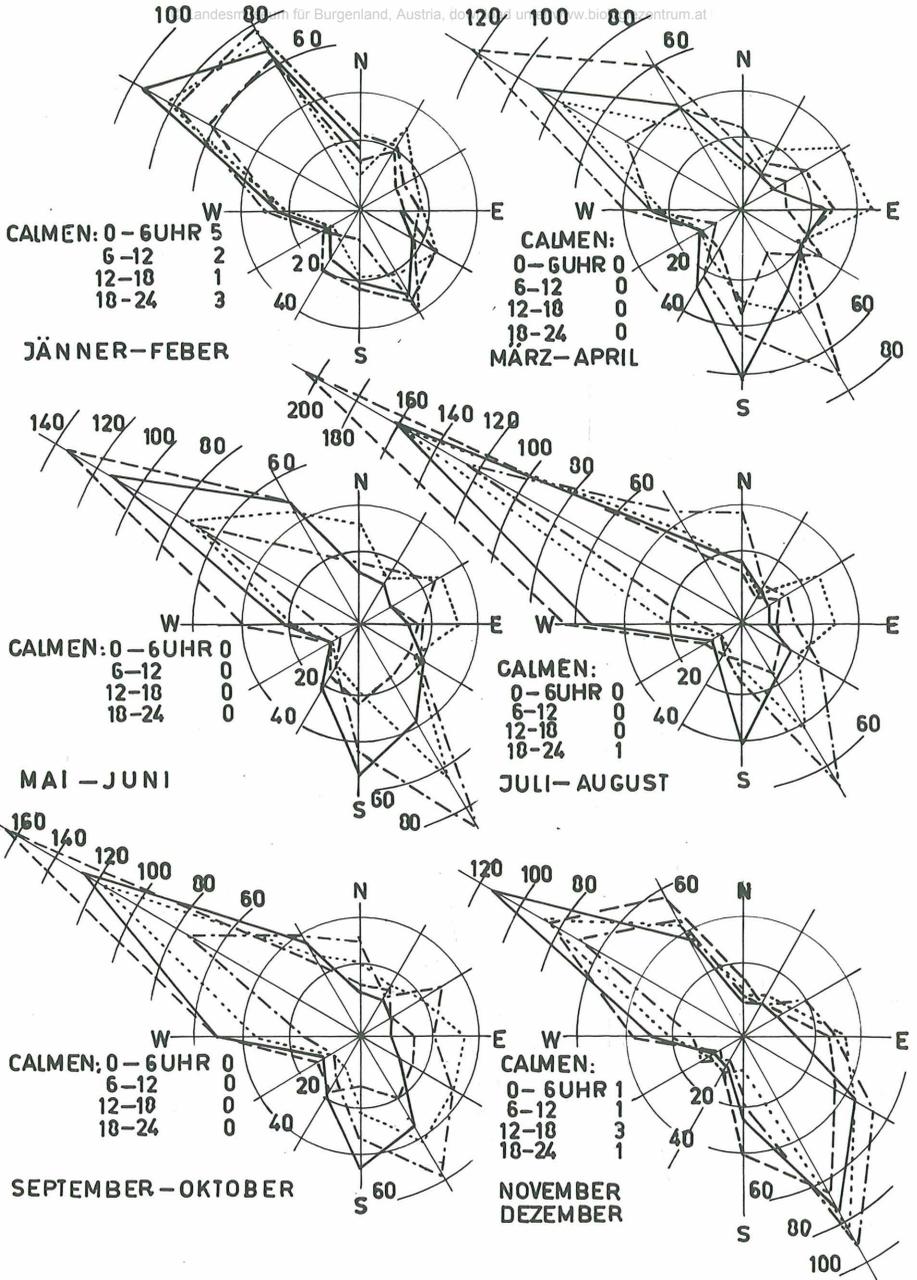


Abbildung 34b: Häufigzeitsverteilung der Windrichtung in Rust 1968; 0-6 Uhr (- - -); 6-12 Uhr (...); 12-18 Uhr (- · - ·); 18-24 Uhr (—).

Der September und der Oktober bringen wieder ein ausgeprägtes nächtliches WNW Maximum, während die SSE-lichen Winde am Nachmittag am häufigsten sind.

Im November und Dezember tritt bei der WNW Komponente keine Veränderung ein, lediglich die SSE-lichen Winde streuen etwas weniger und sind seltener als in den beiden Vormonaten.

Dasselbe gilt weitgehend auch für das Jahr 1968, wobei in den Sommermonaten die NW-lichen Winde besonders stark vertreten sind, im November und Dezember trifft dies auf die Winde aus SSE zu.

Die Häufigkeitsmaxima der WNW Winde in der Nacht und die der SSE Winde am Nachmittag, lassen auf ein Land—Seewindsystem schließen, dem auch ein Hangauf- und -abwindssystem überlagert sein kann.

Windgeschwindigkeit

Ebenso wie auf die Windrichtung hat die Orographie eines Ortes auch Einfluß auf die Windgeschwindigkeit. Auf die Windgeschwindigkeit in Rust wirkt sich, unter Berücksichtigung der Hauptwindrichtung WNW, der St. Margarethener Hügelzug, aber auch das sich nordwestlich der Senke von Schützen erhebende Leithagebirge aus. Einerseits durch die Abschirmung gegen WNW und andererseits durch den breiten Schilfgürtel, der sich etwa einen Kilometer vom Ufer bis zur Schilfstation erstreckt und der eine starke Reibungsfläche darstellt, wird die Windgeschwindigkeit verringert. In der folgenden Tabelle sind die Werte der mittleren Windgeschwindigkeit in km/h zusammengestellt.

Tabelle 26: Monatsmittel der Windgeschwindigkeit in km/h über dem Schilfgürtel bei Rust.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 1967 | 13,7 | 13,4 | 17,0 | 16,6 | 14,5 | 12,5 | 10,2 | 7,8 | 8,5 | 9,0 | 10,2 | 12,4 |
| 1968 | 14,1 | 12,2 | 13,6 | 12,1 | 13,0 | 10,8 | 12,4 | 11,2 | 10,7 | 7,6 | 10,5 | 9,5 |
| Jahresmittel: 1967 | 12,2 | | | | | | | | | | | |
| 1968 | 11,5 | | | | | | | | | | | |

Zur Beurteilung, in welchen Monaten des Beobachtungszeitraumes die mittlere Windgeschwindigkeit über- oder unternormal war, wurden die Werte der Station Wien Hohe Warte und deren Abweichungen vom vieljährigen Durchschnitt herangezogen.

Tabelle 27a: Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit km/h Wien Hohe Warte 1967/68

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| 1967 | 14,0 | 14,8 | 16,9 | 13,3 | 12,2 | 11,9 | 7,9 | 8,3 | 7,9 | 8,3 | 10,1 | 16,9 | 11,9 |
| 1968 | 16,9 | 10,4 | 15,5 | 11,5 | 12,6 | 12,3 | 13,7 | 12,6 | 11,9 | 9,7 | 11,2 | 11,5 | 12,5 |

Tabelle 27b: Abweichung der Monatsmittelwerte vom langjährigen Durchschnittswert km/h 1967/68 in Wien.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 1967 | 0,7 | 1,1 | 3,6 | 0,4 | 0,4 | -0,4 | -4,7 | -3,2 | -2,5 | -2,5 | -2,2 | 4,3 |
| 1968 | 3,6 | -3,3 | 2,2 | -1,4 | 0,8 | 0,1 | 1,1 | 1,1 | 1,5 | -1,1 | -1,1 | -0,8 |

In der Untersuchungsperiode waren die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten in Wien im März und Dezember 1967 sowie im Jänner und März 1968 übernormal, in den Monaten Juli bis November 1967 und im Februar, April, Oktober, November und Dezember 1968 merklich unternormal.

Maximale Windgeschwindigkeit

Aus den Monatsmittelwerten lassen sich keine Angaben über die absolute Windstärke machen. Eine Untersuchung der Windgeschwindigkeit von Steinhauser (12) zeigt, daß schwache Winde bis 5 km/h am häufigsten auftreten. Ein zweites Häufigkeitsmaximum zeigen Windgeschwindigkeiten von 11—20 km im Stundenmittel. Winde mit Geschwindigkeiten über 30 km/h kommen relativ selten vor. Selten geht die Windgeschwindigkeit über 40 km/h hinaus, wie die folgende Tabelle 28 zeigt.

Tabelle 28: Maximale Stundenmittelwerte für 1967 und 1968 in Rust km/h und der entsprechenden Windrichtung.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|----|---------|
| 1967 | 48 | 64 | 52 | 43 | 43 | 34 | 40 | 38 | 35 | 39 | 46 | 57 km/h |
| | SSE | WNW | NW | NNW | WNW | NW | NW | NW | NW | NW | NW | WNW |
| 1968 | 67 | 40 | 46 | 47 | 43 | 36 | 46 | 48 | 40 | 36 | 35 | 35 km/h |
| | NW | NW | W | SSW | WNW | WNW | NW | NW | WNW | WNW | S | S |

Diese Windgeschwindigkeiten entsprechen nach der Beaufortskala einer Windstärke von 6—7. Lediglich das Jännermaximum 1968 hat Windstärke 8. Gegenüber diesen Stundenmitteln können Böenspitzen mehr als das Doppelte erreichen. Die Dauer der starken Winde, während der die Maximalwerte vorkamen, schwankt zwischen fünf bis zwanzig Stunden. Die starken Winde wehen vorwiegend aus nordwestlichen Richtungen und viel seltener aus dem Südsüdosten.

Die horizontale Geschwindigkeitszunahme mit der Höhe ist bei mikro-meteorologischer Betrachtung in größerer Entfernung vom Boden, von der Beschaffenheit desselben nahezu unabhängig. In den untersten Luftschichten wird die Windgeschwindigkeit aber stark vermindert, da die Bodenreibung die Geschwindigkeit am Boden gleich Null gehen läßt. Die Dicke dieser Grenzschichte ist wesentlich von der Beschaffenheit der Oberfläche abhängig. Über einem glatten Boden nähert sich die Windgeschwindigkeit mit der Höhe sehr viel rascher dem Wert der freien Atmosphäre als über einem rauhen. Die Registrierung der Windgeschwindigkeit in mehreren Höhen über dem Schilfbestand zeigt die Abbildung 35:

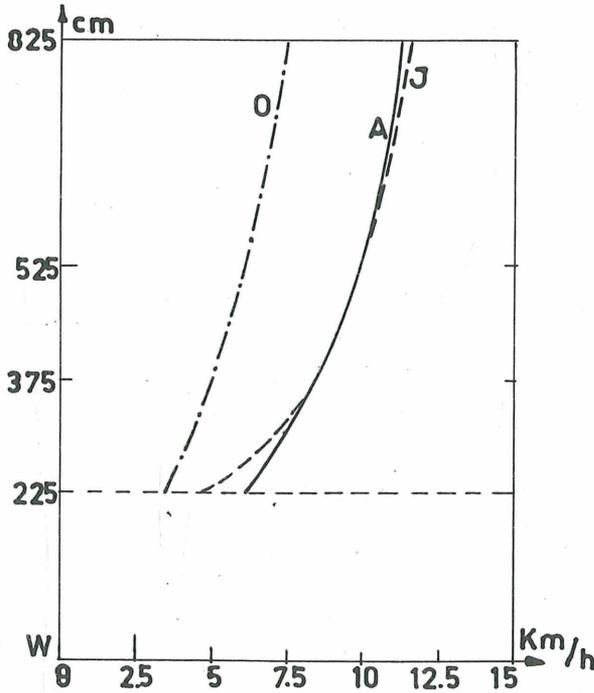


Abbildung 35: Zunahme der mittleren Windgeschwindigkeit über Schilf mit der Höhe, April (—); Juli (- - -); Oktober (- · - ·)

Aus Abbildung 35 ist deutlich die nicht lineare Geschwindigkeitszunahme mit der Höhe zu ersehen. Den flachsten Verlauf zeigt die Kurve für den Juli, die steilste jene für den Oktober. Dies läßt sich darauf zurückführen, daß das Schilf im Juli am höchsten und dichtesten ist und somit eine maximal bremsende Wirkung ausübt.

Einen zahlenmäßigen Überblick über die mittleren Windgeschwindigkeiten in den verschiedenen Höhen gibt die Tabelle 29.

Tabelle 29: Monatsmittel der Windgeschwindigkeit in vier Höhen über dem Schilfbestand (0; 1,5; 3 und 6 m) für 1968 in km/h.

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------|------|---|--------|------|------|--------|------|------|------|-----|------|-----|
| 6,0 m | 13,2 | — | (13,7) | 11,5 | 12,3 | (11,0) | 11,7 | 10,8 | 10,3 | 7,5 | 10,2 | 9,9 |
| 3,0 m | 11,0 | — | (11,6) | 9,9 | 10,5 | (9,2) | 9,8 | 9,0 | 8,5 | 6,1 | 8,4 | 7,2 |
| 1,5 m | 9,6 | — | (10,0) | 8,6 | 9,0 | (7,8) | 8,3 | 7,5 | 7,1 | 5,0 | 7,1 | 7,2 |
| 0,0 m | — | — | — | 6,3 | 6,2 | (4,8) | 4,9 | 4,4 | 4,2 | 3,6 | 5,3 | 5,0 |

Die Windgeschwindigkeit in 6 m Höhe wird etwa um die Hälfte ihres Wertes bis zur Schilfobergrenze vermindert. Um einen Einblick in den Verlauf der Abbremsung im Jahresgang zu bekommen, ist in der Tabelle 30 die prozentuelle Abnahme der Windgeschwindigkeit vom 6 m Niveau an zusammengestellt. Die Geschwindigkeit in 6 m Höhe wurde gleich 100 Prozent gesetzt.

Tabelle 30: Prozentuelle Abnahme der Windgeschwindigkeit mit abnehmender Höhe 1968

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|-------|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 6,0 m | 100% | | | | | | | | | | | |
| 3,0 m | 83 | — | 85 | 86 | 85 | 84 | 84 | 83 | 83 | 81 | 82 | 79 |
| 1,5 m | 73 | — | 73 | 75 | 73 | 71 | 71 | 70 | 69 | 67 | 69 | 73 |
| 0,0 m | — | — | — | 55 | 50 | 44 | 42 | 41 | 41 | 48 | 52 | 51 |

Aus dieser Zusammenstellung läßt sich deutlich ein Jahresgang des Geschwindigkeitsgradienten erkennen. Die stärkste Abbremsung des Windes fällt, wie schon erwähnt, im Sommer mit dem Wachstumsmaximum zusammen. Die relativ starke Verminderung der Geschwindigkeit in den Höhen 1,5 m und 3 m im Oktober läßt sich mit den geringeren Absolutwerten der Windgeschwindigkeit erklären. Zur Untersuchung, wie stark die prozentuelle Abnahme der Geschwindigkeit mit abnehmender Höhe von der absoluten Windgeschwindigkeit und auch von der Windrichtung abhängt, wurden die Windprofile einiger Stunden mit unterschiedlicher Windgeschwindigkeit und Windrichtung herangezogen.

Tabelle 31: Windgeschwindigkeit in 4 Höhen über Schilf während Stunden mit unterschiedlicher Windgeschwindigkeit und -richtung im August 1968 in km/h und % der Geschwindigkeit in 6 m.

| Windr. | NW | | NNW | | SSE | | NW | |
|--------|----|------|-----|------|-----|------|----|------|
| 6,0 m | 43 | 100% | 26 | 100% | 26 | 100% | 12 | 100% |
| 3,0 m | 37 | 86% | 22 | 85% | 22 | 85% | 10 | 83% |
| 1,5 m | 32 | 74% | 19 | 73% | 18 | 69% | 8 | 67% |
| 0,0 m | 23 | 53% | 13 | 50% | 11 | 42% | 5 | 42% |

Eine Abhängigkeit des vertikalen Geschwindigkeitsgradienten von der absoluten Geschwindigkeit ist gegeben, wenn auch nur in geringem Maße, bei Abnahme der Geschwindigkeit von 43 auf 12 km/h. Im obersten Niveau sinkt die Geschwindigkeit mit der Höhe des Schilfes von 53 auf 42% ihres Wertes von 6 m ab.

Winde aus südlichen Richtungen werden außerdem stärker abgebremst als Winde aus nordwestlichen Richtungen.

Der Wind in Rust weist zwei ausgeprägte Hauptrichtungen auf: WNW und SSE. Die Verteilung der Windrichtungen im Tagesablauf läßt auf ein von den Jahreszeiten abhängiges Land-Seewindsystem schließen.

Windgeschwindigkeiten mit mehr als 30 km/h treten selten auf, am häufigsten sind Winde mit 5—20 km Stundenmittel. Die Windgeschwindigkeit in den untersten Schichten über dem Schilf wird stark von diesem rauhen Untergrund beeinflußt, wobei die abbremsende Wirkung von der Absolutgeschwindigkeit des Windes, der Windrichtung und dem physiologischen Zustand des Schilfes abhängt.

6. DIE TEMPERATUR, DER PEGELSTAND UND DER WÄRMEINHALT DES NEUSIEDLERSEES IM SCHILFGÜRTEL BEI RUST.

Der Neusiedlersee wird auf Grund seiner geringen Tiefe zu den thermischen Kleingewässern gezählt. Für solche Gewässer sind starke Temperaturschwankungen infolge des geringen Wärmespeichungsvermögens und beträchtliche horizontale Temperaturunterschiede charakteristisch. Es besteht zwischen Wassertemperatur und Wasserstand über den Wärmeinhalt eine enge Verbindung. Deshalb wurde in diesem Abschnitt Temperatur und Pegel und damit der Wärmehaushalt zusammengefaßt.

Wasseroberflächentemperatur

Die Bestimmung der Oberflächentemperatur ist problematisch, da sie theoretisch im obersten Millimeter gemessen werden sollte, was aber wegen der räumlichen Ausdehnung der Meßgeräte kaum durchführbar ist. Die Bestimmung mit Hilfe eines Schöpfthermometers ist bei stärkerer vertikaler Schichtung ungenau, da die Tiefe der entnommenen Wasserprobe nicht genau bestimmt werden kann und andererseits die Schichtung zerstört wird. Bei einem fest über Grund installierten Meßfühler schwankt die „Oberfläche“ mit dem Pegel. Am besten kann die Oberflächentemperatur mit einem schwimmend angebrachten dünnen Meßfühler erfaßt werden. Diese Messungen beschränken sich auf die eisfreie Zeit des Sees. In der Tabelle 32 sind die Resultate in Form von Mitteltemperaturen zusammengestellt.

Tabelle 32: Monatsmitteltemperaturen der Seeoberfläche abgeleitet aus den Messungen zum Morgentermin

- a) Durchschnittswerte Rust 1952—59 (Schöpfthermometer)
- b) Rust 1967 (Meßfühler 0—15 cm)
- c) Rust 1968 (Meßfühler 0—15 cm)
- d) Rust 1968 (Meßfühler 1,— cm).

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|----|-----|-----|-------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| a) | 1,1 | 1,6 | 5,1 | 10,8 | 16,9 | 20,3 | 22,0 | 21,0 | 16,3 | 11,6 | 5,1 | 2,3 | 11,2 |
| b) | 0,5 | 2,1 | 7,1 | — | 15,5 | 18,0 | 20,8 | 17,4 | 14,5 | 11,4 | 4,8 | — | — |
| c) | — | — | (7,1) | 12,5 | 16,1 | 18,8 | 18,7 | 17,9 | 15,3 | 10,8 | 6,3 | 0,8 | — |
| d) | — | — | — | 12,5 | 16,6 | 19,2 | 19,5 | 18,5 | 15,7 | — | — | — | — |

Die Ergebnisse der Temperaturmessungen mit einem schwimmenden Meßfühler (Tabelle 32d) zeigen durchschnittlich um 0,5 Grad höhere Werte als jene der Schichte zwischen 0 und 15 cm. Die Wassertemperatur in dieser Schichte liegt in den Jahren 1967 und 1968, mit Ausnahme der Monate Februar und März und November 1968, stark unter dem mehrjährigen Durchschnitt. Dies kann auf eine Änderung des Meßortes und auf einer durchschnittlich etwas tiefer liegenden Meßschichte beruhen. Von 1952—59 wurde die Temperatur im freien Wasser der Ruster Bucht, beim Seerestaurant, bestimmt, 1967 und 1968 dagegen im dichten Schilfbestand. Eine Aussage, ob die Werte von 1967—68 tatsächlich unternormal waren, ist daher nicht zu machen.

Um die Abhängigkeit der Temperaturmessung vom Meßort zu untersuchen, wurden am 25. 8. 1967 innerhalb kurzer Zeit Temperaturmessungen an verschiedenen Stellen im Gebiet der Ruster Bucht durchgeführt. Um zeitlich bedingte Temperaturunterschiede möglichst hinauszuhalten, wurde ein Tag mit geschlossener Wolkendecke gewählt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Karte eingetragen (Abb. 36).

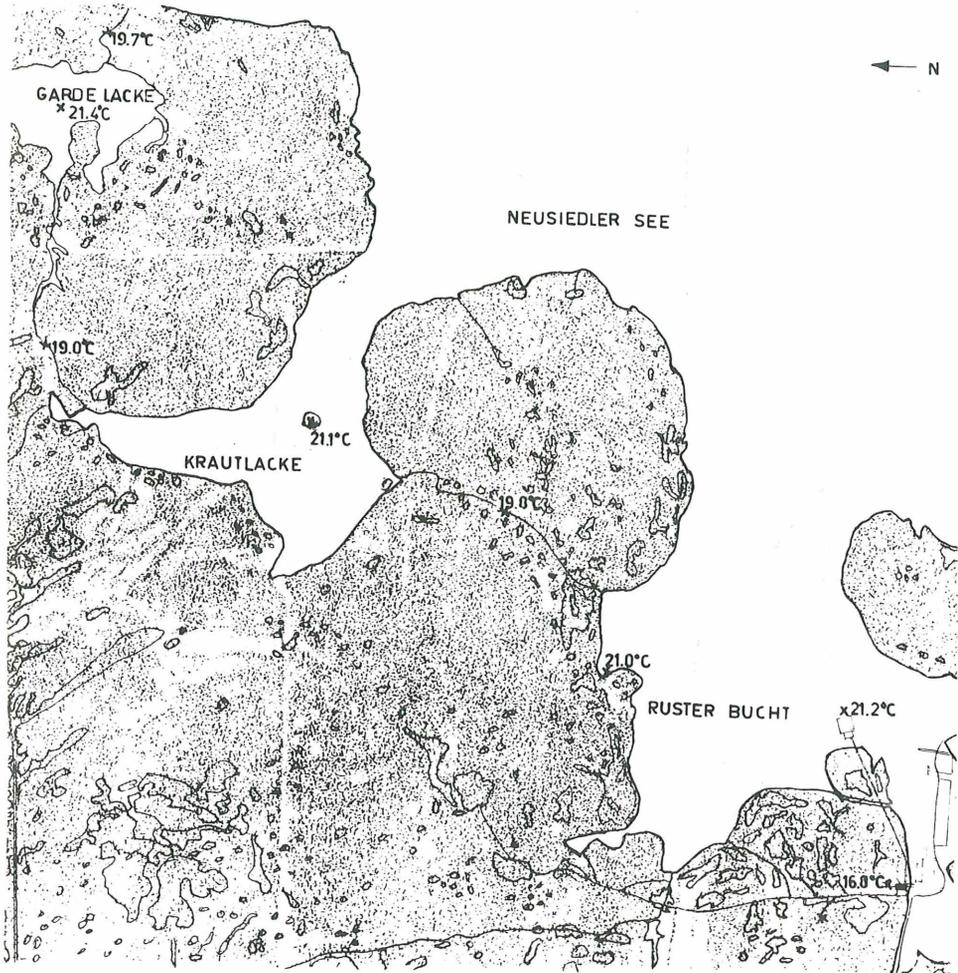


Abbildung 36: Die Wasseroberflächentemperatur an verschiedenen Stellen im Schilfgürtel bei Rust am 25. 8. 67.

Zwischen den einzelnen Meßstellen treten deutliche Temperaturunterschiede auf: Höhere Werte an freien Stellen und tiefere im Schilfbestand. An der Meßstation betrug die Temperatur zur selben Zeit 16,8 Grad. Daraus ist eine Temperaturabnahme mit zunehmender Entfernung von der freien Wasserfläche des Sees und zunehmender Dichte des Schilfes zu erkennen. Weitere stichprobenartige Messungen bestätigen das Ergebnis für die warme Jahreszeit. Die geringeren Temperaturen im Schilf erklären sich mit der geringeren Energiezufuhr durch Strahlung am Grund des Schilfbestandes.

Vertikales Temperaturprofil des Wassers

Die Erwärmung und auch die Abkühlung des Wassers erfolgt von der Oberfläche aus, wodurch es zu vertikalen Temperaturunterschieden kommt.

Bei früheren Untersuchungen am Neusiedlersee (14) wurden Temperaturmessungen an der Oberfläche und am Boden, in der Nähe von Neusiedl, durchgeführt. Das Ergebnis dieser Untersuchungen zeigte an windstillen und sonnigen Tagen eine starke und rasche Erwärmung der Oberfläche. Es bildete sich ein starkes vertikales Temperaturgefälle (bis zu 5°C/75 cm) aus, das aber meist nachts oder durch Wind schon tagsüber zerstört wurde.

Zur genauen Erfassung der vertikalen Temperaturschichtungen und der Wärmeumsätze im Wasser, wurde in Rust seit 1966 die Wassertemperatur in vier Tiefen im dichten Schilfbestand gemessen. An einem schönen Sommertag wurde ebenfalls eine raschere Erwärmung (4—5°C) der obersten Wasserschichten beobachtet, die wegen des abschirmenden Schilfes nicht an die Werte, die am freien Wasser der Uferregion gemessen wurden (6—8°C), herankamen.

Ein Beispiel für den Temperaturverlauf in den verschiedenen Tiefen an einem windstillen schönen Sommertag zeigt Abbildung 37.

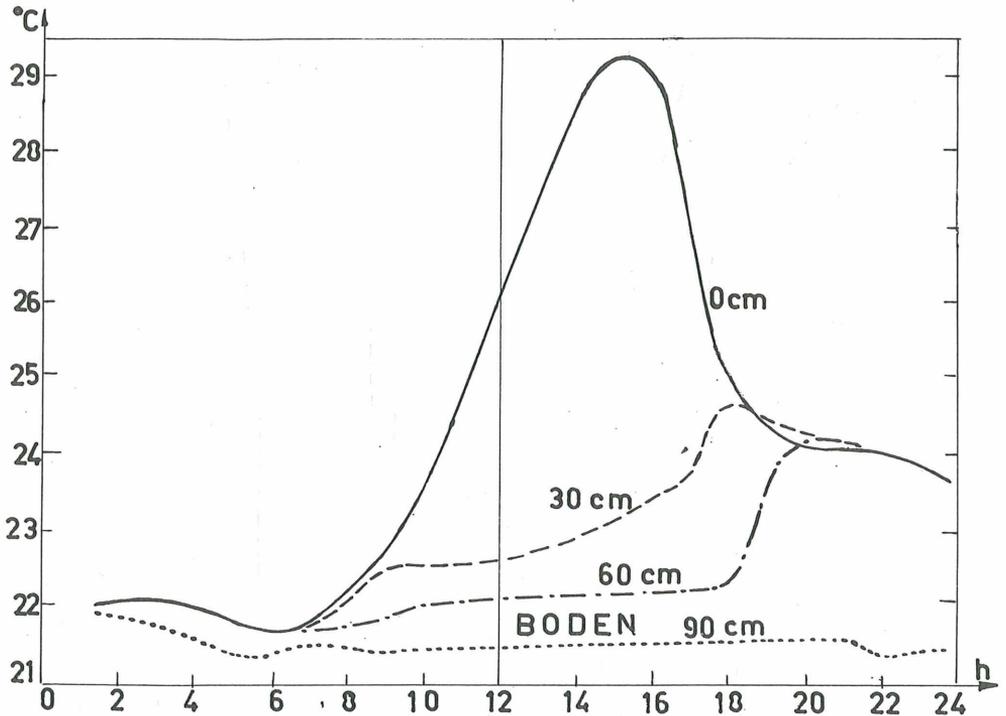
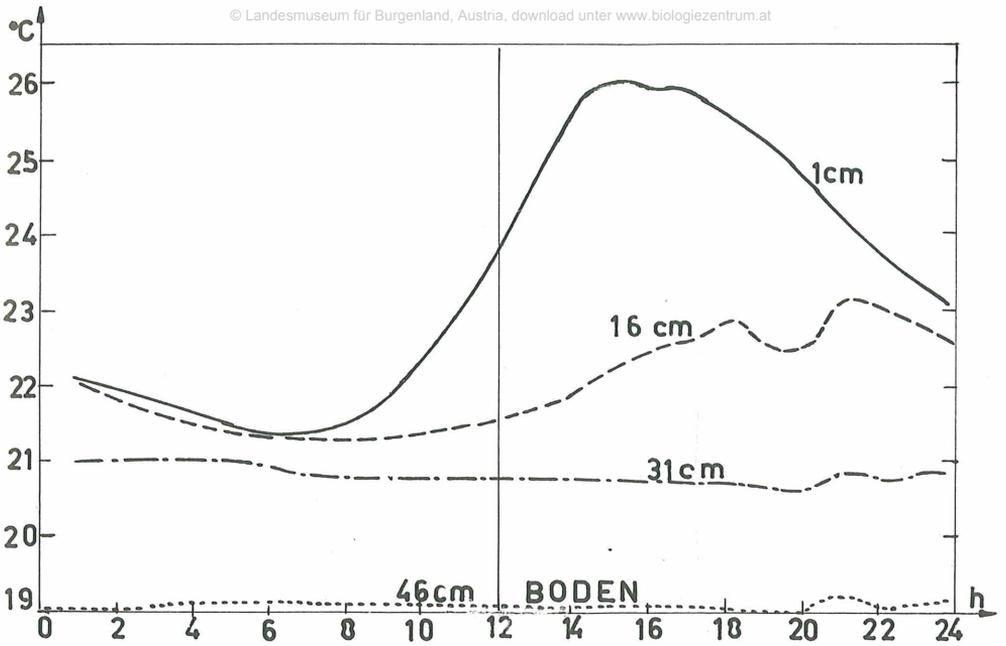


Abbildung 37: Tagesgang der Wassertemperatur in vier Tiefen am 4. 7. 68

a) im Schilf bei Rust (46 cm Boden; 31 cm - · - ·; 16 cm - - -; 1 cm —);

b) in der Seemitte (Boden; 60 cm - · - ·; 30 cm - - -; 0 cm —)

Die nächtliche Abkühlung der Oberfläche bewirkt in Rust lediglich eine Durchmischung der obersten 20 cm. Die Oberflächenerwärmung erreicht ihren größten Wert um 15 Uhr und macht sich ebenfalls nur bis in diese Tiefe bemerkbar. Ab 31 cm Tiefe sind im Tagesverlauf kaum Temperaturschwankungen zu bemerken. Im Wasser des Schilfgürtels war sowohl tagsüber als auch nachts eine markante Temperaturschichtung ausgebildet.

Im Vergleich dazu zeigt die Abbildung 37b die Temperaturverhältnisse desselben Tages in der Seemitte. Der darin dargestellte Temperaturverlauf in verschiedenen Tiefen bestätigt die nächtliche Durchmischung, die in diesem Fall bis knapp an den Seeboden heranreichte. Die Erwärmung der Oberfläche geht wesentlich rascher und stärker vor sich als im Schilfbestand. Die Durchmischung setzt nach 19 Uhr ein, so daß ab 20 Uhr nahezu Isothermie herrscht.

Der Schilfbestand sorgt also nicht nur für eine geringere Erwärmung des Wassers, sondern auch für eine große Beständigkeit dieser vertikalen Temperaturschichtung. An windigen Tagen können noch mittlere Temperaturdifferenzen zwischen Boden und Oberfläche von mehr als zwei Grad beobachtet werden. Der 11. 7. 68 war ein windiger Tag mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 17,7 km/h. und Maximalwerten von 38,0 km/h. Die mittlere Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Boden betrug dennoch 3,4 Grad.

Eine gute Durchmischung der gesamten Wasserschichte tritt meist erst bei starker Abkühlung der Oberfläche nach einem Schlechtwettereinbruch ein. Durch einen relativ zu warmen Boden kommt es dann vielfach sogar zu einer schwachen Temperaturzunahme mit der Tiefe.

Ein Beispiel dafür zeigt die Abbildung 38. Einer kräftigen Erwärmung der Luft und auch der obersten Wasserschichten folgte am Nachmittag, nach dem Durchzug einer Front, eine starke Abkühlung. Beim Frontdurchgang (Pfeil in Abb. 38) verdoppelte sich die Windgeschwindigkeit von 23 auf 46 km/h.

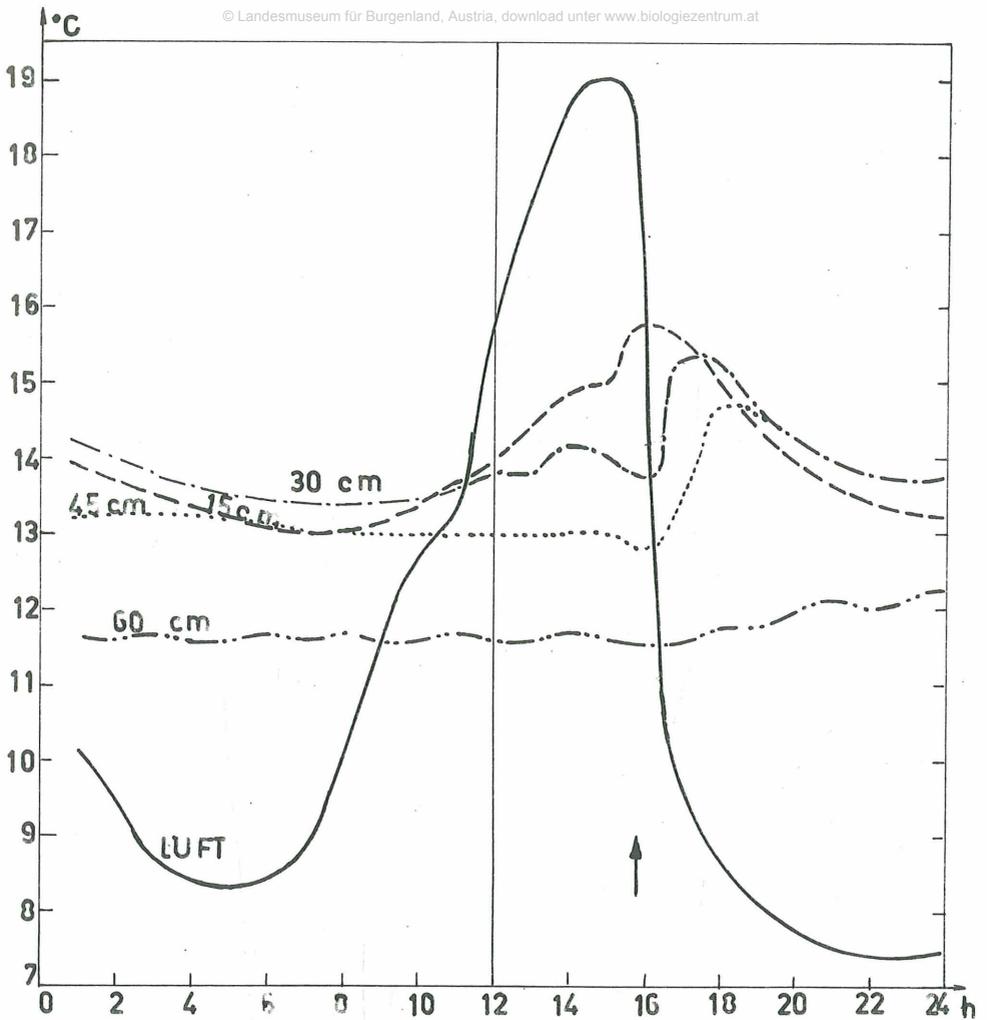


Abbildung 38: Temperaturverlauf in vier Wassertiefen (60 cm — • • —; 45 cm; 35 cm - - -; 15 cm - - -) und in der Luft (—) am 3. 4. 68 im Schilfgürtel bei Rust.

Die obersten Schichten kühlten rasch ab, während sich in dem darunter liegenden Wasser eine rasche Erwärmung mit anschließender Isothermie infolge der Durchmischung einstellte. Aber selbst in diesem Fall reichte die Durchmischung nicht bis an den Boden heran. Durch die starke Wärmeabgabe der obersten Wasserschichte an die Luft liegt ihr Temperaturwert unter jener des tieferen Wassers.

Im Gegensatz zu den Alpenseen reagiert der seichte Neusiedlersee rasch mit Erwärmung bei Schönwetterperioden und mit Abkühlung bei schlechtem Wetter.

Bei Aufheizung sind im Schilfgürtel die obersten Wasserschichten infolge der stabilen Schichtung besonders bevorzugt. Die Erwärmung der tieferen Schichten erfolgt langsam. Bei Einbruch einer Schlechtwetterperiode kommt es zu einer rascheren Abkühlung, wobei durch die einsetzende Durchmischung dieser Effekt verstärkt wird.

Pegelhöhe

Entsprechend dem Jahresgang von Zufluß und Verdunstung unterliegt die mittlere Höhe des Seespiegels jahreszeitlichen Schwankungen (Tab. 33). Die Pegelstände sind nicht mit der Wassertiefe identisch.

Tabelle 33: Mittlere monatliche Pegelstände in cm in Rust 1966—68

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Jahr |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1966 | 152 | 156 | 155 | 152 | 150 | 146 | 143 | 149 | 153 | 150 | 157 | 169 | 152 |
| 67 | 175 | 172 | 168 | 154 | 151 | 152 | 144 | 138 | 136 | 141 | 144 | 144 | 152 |
| 68 | 153 | 160 | 159 | 157 | 151 | 146 | 137 | 138 | 137 | 140 | 142 | 146 | 147 |

Der Jahresgang des Wasserstandes ist sehr deutlich ausgeprägt. Er erreicht sein Maximum in den Wintermonaten Jänner und Februar, sinkt dann bis zum Beginn des Herbstes (September) ab, um dann wieder anzusteigen. Die jährliche Schwankungsbreite der Monatsmittel kann größer als 35 cm sein, das entspricht etwa 50% der mittleren Seetiefe von 70 cm.

Änderungen des Jahresmittels lassen auf niederschlagsreiche beziehungsweise niederschlagsarme Jahre zurückschließen.

Das Jahr 1966 war besonders niederschlagsreich, was sich in der durchschnittlichen Pegelhöhe von 170 cm im Frühjahr 1967 widerspiegelt.

Außer den jährlichen Wasserstandsschwankungen sind am Neusiedlersee starke Pegelstandsschwankungen zu beobachten, die auf Windeinfluß zurückzuführen sind. Die große Ausdehnung der freien Wasserfläche und die geringe Tiefe führen zu einem stark windabhängigen und örtlich verschiedenen Pegelstand. Besonders stark machen sich die hauptsächlich wehenden Nordwestwinde im Pegelstand von Rust bemerkbar. Es treten starke Pegeldepressionen auf. Bei längerem Anhalten des Windes setzt ein Rückströmen des Wassers und damit ein Ansteigen des Pegels ein. Wegen der geringen Masse und der relativ großen Bodenreibung kommt es kaum zu regelmäßigen Schwingungen.

In Abbildung 39 sind als Beispiel die Pegelstände, wie sie zu den Klimaterminen beobachtet wurden, vom 4.—8. 9. 68, sowie die mittlere Windgeschwindigkeit in den entsprechenden Zeiträumen dargestellt.

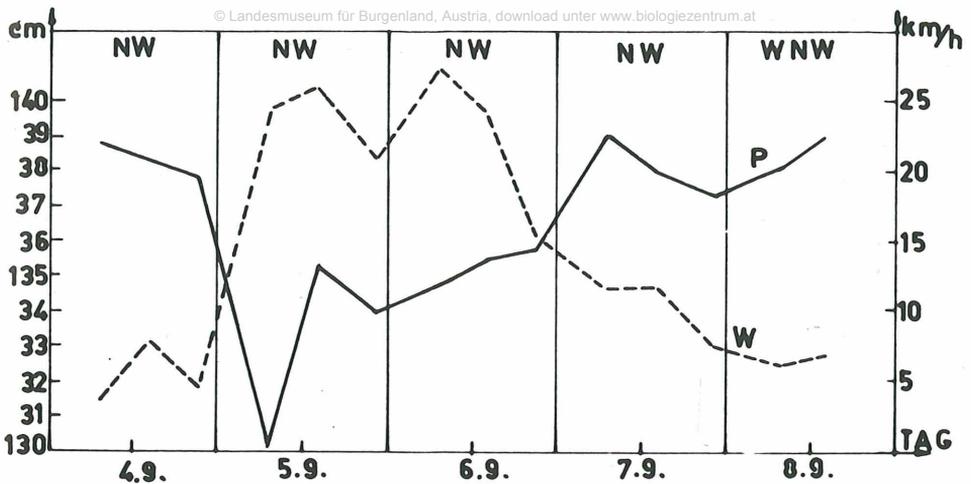


Abbildung 39: Pegelhöhe in cm (—) und mittlere Windgeschwindigkeit (- - -) vom 4.—8. 9. 1968 in Rust.

Die Windrichtung war während der ganzen Periode nahezu konstant NW. Nach Einsetzen des starken Windes in der Nacht zum 5. 9. sinkt der Pegel in Rust von 137,8 auf 130,0 cm ab. Nach diesem „Anstoß“ steigt der Pegel trotz anhaltenden Windes wieder an. Einzelnen Perioden stärkeren Windes folgt nicht mehr unmittelbar ein Absinken des Pegels,

Die Wassertiefe im Schilfgürtel schwankt von Stelle zu Stelle sehr stark. Sie beträgt bei einem Pegelstand von 155 cm zwischen 40 und 60 cm. Aber auch Tiefen bis zu 150 cm sind vereinzelt anzutreffen.

Zusammenfassend ergibt sich, daß der Pegelstand des Neusiedlersees einen ausgeprägten Jahrgang aufweist, und relativ stark auf Niederschlags- sowie auf Verdunstungsperioden reagiert. Stärkere Pegelschwankungen innerhalb weniger Stunden sind auf Windeinfluß zurückzuführen. Für die Wärmehaushaltsberechnung ist der Pegel wichtig, da wegen der geringen Wassertiefe des Neusiedler Sees Änderungen von wenigen Zentimetern zu relativ stark unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Wärmeinhalt

Bei der Berechnung der Verdunstung nach der Wärmehaushaltsmethode ist es notwendig, den Wärmestrom zwischen der Wasseroberfläche und dem Seeboden (hier bis 50 cm in den Boden) zu bestimmen. Der Wärmeinhalt wird am Anfang und am Ende eines Zeitraumes berechnet, so daß die Differenz dieser Werte Aufschluß über das Vorzeichen und die Größe der Wärmeinhaltsänderung während des betrachteten Intervalls gibt.

Die Temperaturmessungen in mehreren Tiefen ermöglichen eine stufenweise Bestimmung des Wärmeinhaltes der gesamten Schichte, nach der Tautochronenmethode.

Die Wärmeinhaltsänderung wurde nach folgender Formel berechnet:

$$G = (T_{M1} - T_{M2})z_1 \cdot h_z \cdot c_1 + (T_{M1} - T_{M2})z_2 \cdot h_z \cdot c_2 \dots + (T_{M1} - T_{M2})z_5 \cdot h_z \cdot c_5$$

Es bedeutet:

G Wärmeinhaltsänderung im Intervall t_1 bis t_2

T_{M1} Mitteltemperatur der Schichte z am Anfang des Intervalls

T_{M2} Mitteltemperatur der Schichte z am Ende des Intervalls

h Dicke der Schichte z (z_1 variabel mit dem Pegel, $z_{2-4} = 15$, $z_5 = 50$ cm)

c_{1-5} Volumswärme (Schichte $z_1 - z_4 = \text{Wasser} = 1 \text{ cal/}^\circ\text{C cm}^{-3}$)

(Schichte $z_5 = \text{Schlamm} = 0,3 \text{ cal/}^\circ\text{C cm}^{-3}$)

In der Tabelle 34 sind die Wärmeänderungen zwischen Anfang und Ende der Monate für 1967/68 zusammengestellt.

Tabelle 34: Wärmeinhaltsänderung zwischen Anfang und Ende der Monate 1967 und 1968 in Rust in cal/cm^2

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 1967 | 38 | 293 | 200 | 141 | 365 | 413 | -190 | -380 | -27 | -414 | -329 | — |
| 1968 | — | — | — | -5 | 86 | 188 | -328 | -83 | -205 | -252 | -255 | -104 |

Positive Vorzeichen bedeuten einen größeren Wärmeinhalt am Ende des Monats.

Besonders bemerkenswert ist der Wert für den April 1968. Er ist schwach negativ, obwohl der April in eine Zeit der allgemeinen Erwärmung fällt. Tatsächlich erhöhte sich auch die mittlere Temperatur der betrachteten Schichte um $3,1^\circ\text{C}$. Dieser Widerspruch erklärt sich aus der unterschiedlichen Dicke der obersten Wasserschichte, infolge eines um 11 cm gesunkenen Pegelstandes. Trotz einer Erwärmung ist daher der Wärmeinhalt am Ende des Monats geringer.

Für die Wärmebilanzgleichung /3/ wurde G für Stundenintervalle berechnet, wobei jeweils der Pegelstand von 7 Uhr als Tageswert herangezogen wurde. Die Summe über die Stundenwerte ergibt für den April 1968 plus 112 cal/cm^2 . An Tagen mit starker Pegelschwankung kann daher ein beträchtlicher Fehler bei der Berechnung des Wärmeinhaltes auftreten.

Sättigungsdefizit $E_w - e_L$

Für die Verdunstung einer Wasserfläche ist die Temperatur des Wassers sowie der Dampfdruck der darüber liegenden Luft wichtig. Je größer die Differenz zwischen dem Sättigungsdampfdruck bei Wassertemperatur

und dem Dampfdruck der Luft ist, umso leichter kann Wasser verdunsten (15). Die Größe des Sättigungsdefizites $E_w - e_L$ (E_w = Sättigungsdampfdruck bei Wassertemperatur; e_L = Dampfdruck der Luft) trägt daher wesentlich zum Betrag der Verdunstung bei.

Entsprechend der Temperatur, dem Wasserdampfgehalt und der Wassertemperatur weist das Sättigungsdefizit einen Jahres- und Tagesgang auf. In der Tabelle 35 sind die Monatsmittelwerte für die Jahre 1967/68 wiedergegeben.

Tabelle 35: Mittleres monatliches Sättigungsdefizit in mb in Rust

| | M | A | M | J | J | A | S | O | N |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1967 | 3,2 | 5,2 | 5,6 | 6,1 | 7,6 | 5,3 | 2,3 | 1,8 | 1,5 |
| 1968 | 4,0 | 6,8 | 8,4 | 9,1 | 9,0 | 6,3 | 5,2 | 2,6 | 2,0 |

Das Dampfdruckgefälle Wasseroberfläche—Luft erreicht den höchsten Wert zu Anfang des Sommers. Die tiefsten Werte fallen in die kalte Jahreszeit, und waren während des Beobachtungszeitraumes im November anzutreffen.

Die durchwegs größeren Werte des Sättigungsdefizites im Jahre 1968 deuten eine größere Verdunstung an.

Zur Betrachtung des Tagesganges wurden abermals die Monatsmittelwerte des Juli 1968 herangezogen. In Abbildung 40 ist der mittlere monatliche Tagesgang des Sättigungsdefizites, der durchschnittlichen relativen Feuchte und der Seetemperatur dargestellt.

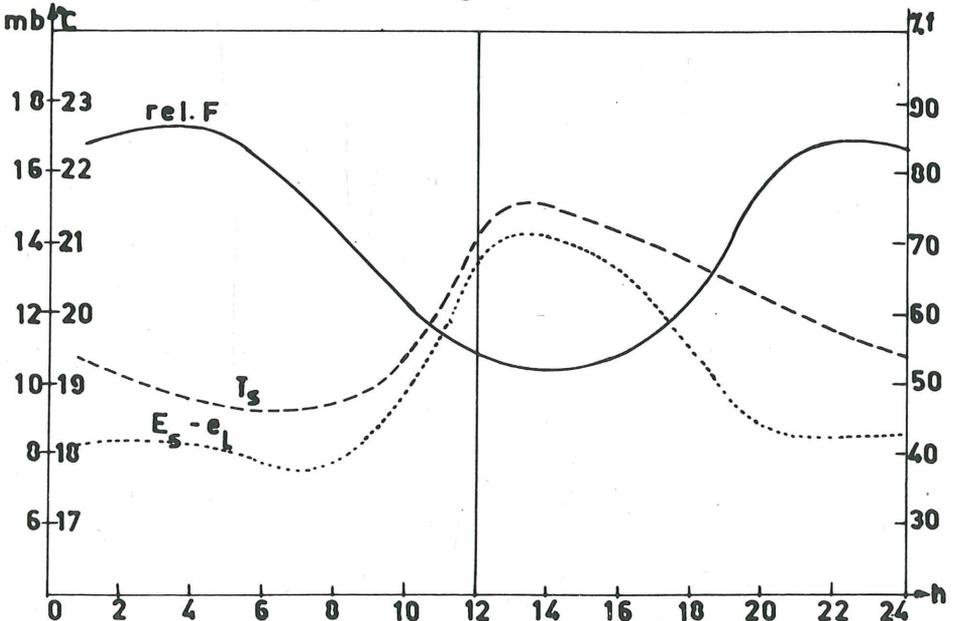


Abbildung 40: Mittlerer Tagesgang des Sättigungsdefizites See—Luft, der Seeroberflächentemperatur und der relativen Feuchte im Juli 1968 in Rust.

Im Monatsmittel tritt das Minimum des Sättigungsdefizites zwischen 6 und 7 Uhr ein. Am Vormittag vergrößert sich das Sättigungsdefizit relativ rasch und erreicht um etwa 13 Uhr sein Maximum. Um diese Zeit sind daher auch die Maximalwerte der Verdunstung zu erwarten.

IV. VERDUNSTUNGSERGEBNISSE VERSCHIEDENER WANNENMETHODEN

Die einfachste Methode, die Verdunstung zu bestimmen, ist die Anwendung von Verdunstungswannen. Ihre Ergebnisse scheinen für Gewässer direkt anwendbar, da es sich bei einem See und bei der Verdunstungswanne um potentielle Verdunstung handelt. Über die verschiedensten Wannentypen und die damit gemachten Erfahrungen gibt es eine Vielzahl von Literatur. Im besonderen sei auf Konstantinov (4), auf die Lake Hefner Studies (16) und auf eine Zusammenfassung der WMO (3) hingewiesen. Entsprechend den Richtlinien der WMO wurden in Rust die in Kapitel 1, Seite 8—13, beschriebenen Wannen verwendet.

Die Verdunstung von einer Wasserfläche weg ist von den meteorologischen Parametern (Strahlung, Temperatur, Feuchte und Wind) abhängig. Auf die Bedeutung der einzelnen Größen für die Verdunstung soll daher kurz hingewiesen werden.

Hauptenergiequelle für die zur Verdunstung notwendige Verdampfungswärme von 590 cal/g ist die Zustrahlung von der Sonne. Energiezufuhr oder Energieverlust wirken sich jedoch nicht zur Gänze in einer Zu- bzw. Abnahme der Verdunstung aus, da es dadurch auch zu einer Temperatur- und Wärmeinhaltsänderung des Wasserkörpers, sowie zu einer Änderung der Ausstrahlung und des Umsatzes an fühlbarer Wärme kommt.

Die Temperatur von Wasser und Luft, sowie die Luftfeuchtigkeit sind maßgebend für die Menge an Wasserdampf, die von der Luft noch aufgenommen werden kann. Als Maß dafür dient das Sättigungsdefizit (Differenz zwischen dem Sättigungsdampfdruck bei Wassertemperatur und dem aktuellen Dampfdruck der Luft).

Der Größe des Sättigungsdefizites kommt besondere Bedeutung zu, da die Verdunstung unter der Voraussetzung, daß die übrigen meteorologischen Faktoren gleich bleiben, dieser Größe direkt proportional ist. Nach Dalton gilt

$$V = \frac{A}{p} (E_w - e_L) \quad /4/$$

A Proportionalitätsfaktor (im Laboratorium ohne Luftbewegung gleich dem Diffusionskoeffizienten)

p Druck

E_w Sättigungsdampfdruck bei Wassertemperatur

e_L Dampfdruck der Luft

Bei Aufwendung der Gleichung von Dalton auf die Verdunstung in der Natur kommt dem Faktor A die Bedeutung eines Austauschfaktors zu, der durch die Advektion von neuen Luftkörpern an die verdunstende Wasseroberfläche stark vom Wind abhängig ist. Da der Einfluß der barometrischen Druckänderung auf die Verdunstung vernachlässigt werden kann, haben viele empirische Verdunstungsformeln die allgemeine Form:

$$V = f(u) \cdot (E - e) \quad /5/$$

V Verdunstung

f(u) Windfunktion

E—e Sättigungsdefizit

Eine Zunahme der Verdunstung mit zunehmender Windgeschwindigkeit ist nicht in unbeschränktem Maße gegeben, was in einer nicht linearen Form der Windfunktion seinen Ausdruck findet.

1. FEHLERQUELLEN DER VERDUNSTUNGSMESSUNG

Wenn die Verdunstung eines Sees mit Hilfe von Wannenmessungen bestimmt werden soll, so ist zu beachten, daß die Verdunstung der Wannen nur dann gleich der des Sees ist, wenn die Messung des Wasserstandes in der Wanne vollkommen exakt wäre, und sämtliche meteorologischen Faktoren in und über der Wanne jenen des Sees entsprächen, was jedoch kaum der Fall ist. Die Fehler, die einer Wannenverdunstung anhaften können, sind folgende

- a) Fehlmessungen des Wasserstandes in der Wann bedingt durch
 - 1) den biologischen Faktor
 - b) den Niederschlag
 - c) die Messung an sich
- b) Unterschiede der meteorologischen Parameter zwischen Wanne und See:
 - 1) die Art der Wanne
 - 2) den Aufstellungsort der Wanne
- a1) *Fehlmessungen bedingt durch den biologischen Faktor:*

Dazu sind Pflanzen und Tiere zu zählen. Erstere, vor allem Algen, verfälschen den Wärmehaushalt und vergrößern unter Umständen die Oberfläche. Die Tiere, z. B. Frösche und Ratten, verfälschen durch ihr Eindringen die Wasserbilanz der Wanne. Um Störungen der Verdunstungsmessungen durch Tiere möglichst hintanzuhalten, wurden die Wannen mit einem Maschengitter abgedeckt. Da in der Veröffentlichung der WMO auf eine mögliche Beeinträchtigung der Verdunstung durch solche Schutzgitter hingewiesen wird, wurden in Rust 1968 Vergleichsmessungen mit geschützten und ungeschützten Wannen durchgeführt, die im Durchschnitt aber keine Unterschiede zeigten.

(Vergleiche Tabelle 37b GGI₁ mit GGI₂, Seite 132). Diese Gitter können die Ventilation der Wanne stören, da aber im Schilfbestand die Windverhältnisse derart vermindert sind, spielen diese Gitter keine Rolle mehr.

- a2) *Die Niederschlagsmenge*, die in eine Wanne fällt, ist mit einem Regenschirm nicht exakt zu erfassen, da, je nach Heftigkeit des Niederschlages, durch das Aufschlagen der Tropfen auf die Wasseroberfläche in der Nähe des Randes mehr oder weniger Wasser aus der Wanne spritzt. Bei den am Grund des Schilfbestandes installierten Wannen war die empfangene Niederschlagsmenge stark von der Interception des Schilfes abhängig. (Vergleiche Seite 77—80). Zur Bestimmung der Verdunstung dieser Wannen während Niederschlagsperioden wurde aus den Werten der Tabelle 25 ein mittlerer Interceptionsfaktor von 70% berechnet.
- a3) *Die Meßgenauigkeit der Wasserstandsbestimmung* in der Wanne liegt bei 0,1 mm und ist von der Methode unabhängig. (Vergleiche Kapitel 2 Seite 8).
- b1) *Unterschiede der meteorologischen Parameter bedingt durch die Art der Wanne:*

Die Art der Wanne — Durchmesser, Tiefe und Farbe — hat über die dadurch beeinflussten Parameter Wind, Strahlung und Temperatur einen Einfluß auf die Verdunstung. Die Windverhältnisse werden durch den Rand der Wanne gestört, was umso mehr der Fall ist, je kleiner die Wanne ist. Die Absorption der Strahlung, und damit die aufgenommene Energie, ist stark von der Farbe der Wanne abhängig. Von der Tiefe, also der Wassermenge in der Wanne hängt wiederum die Wärmekapazität ab, die ihrerseits auf den Temperaturverlauf einwirkt.

- b2) *Unterschiede der meteorologischen Faktoren bedingt durch den Aufstellungsort:*

Die meteorologischen Parameter am Ort der Wanne sollten möglichst jenen der Seefläche, deren Verdunstung bestimmt werden soll, entsprechen. Dies ist jedoch oft nicht, oder nur unzulänglich der Fall. Die Aufstellungsorte der einzelnen Wannen und ihre meteorologischen Verhältnisse sollen daher näher beschrieben werden.

Die Class A Wanne, am Hüttendach der Biologischen Station, war auf Holzbalken 2,7 m über dem Wasser aufgestellt (Abbildung 2 Seite 6). Während die Sonne die Wanne das ganze Jahr über ungehindert erreichen konnte, war durch das nahe Seerestaurant der Wind aus südöstlichen Richtungen etwas gestört.

Die gespülte Class A Wanne, die erst ab Juli 1968 in Betrieb war, stand im Schilfbestand auf einer Holzplattform von 4 m², etwa 50 cm über dem Wasserspiegel. Die Plattform war von dichtem Schilf umgeben, das im Sommer eine durchschnittliche Höhe von 2,25 m erreichte. Daraus ergab sich eine Horizontüberhöhung von zirka 60 Grad. Die Windgeschwindigkeit in der Höhe der Wanne lag meist unter der Ansprechschwelle der verwendeten Handanemometer. Von den kleinen, schwimmend installierten Wannen, ähnlich den GGI-Wannen, wurden 3 Stück eingesetzt. Um einen Überblick über die lokale Streuung der Verdunstungsergebnisse zu erhalten, wurden sie an verschiedenen Stellen im Schilfgürtel eingesetzt.

„GGI“ 1 schwamm auf einer kleinen vom Schilf umgebenen Wasseroberfläche von etwa 10 m² Größe in unmittelbarer Nähe des Meßmastes. Im Sommer, bei voller Höhe des Schilfes, betrug die Horizontüberhöhung ungefähr 50 Grad.

In einer Entfernung von 7 m von dieser Wanne, aber im dichten Schilfbestand, war die zweite Wanne dieser Bauart eingesetzt.

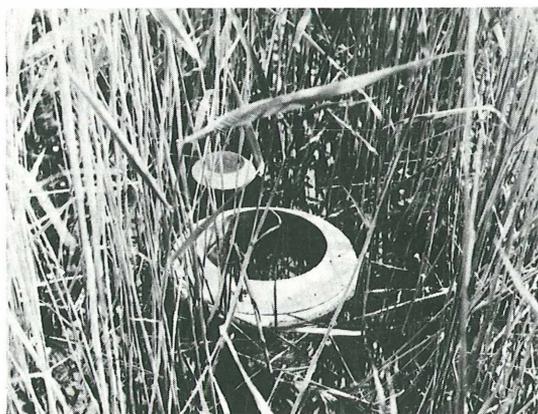


Abbildung 41:
Aufstellungsort der „GGI“ mit
einem schwimmenden Regen-
kübel (100 cm²)

In der Nähe der Stationshütte war 1967 die dritte Wanne, „GGI“ 3, ebenfalls im dichten Bestand installiert. Für diese beiden Wannen kann man eine Horizontüberhöhung von 80 Grad angeben. Wie jedoch aus Abbildung 41 ersichtlich ist, ist die Abschattung nicht vollkommen, da insbesondere bei höherem Sonnenstand das Schilf nicht wie eine kompakte Mauer abschirmt. Die angegebene maximale Abschirmung wird weiters durch das vom Wind bewegte Schilf und durch unterschiedliche Blattdichte vielfach vermindert. Über die Windverhältnisse an der Wasseroberfläche im Schilfbestand läßt sich quantitativ keine genaue Aussage machen, da die Windgeschwindigkeit hier,

selbst bei starken Winden von 40 km/h über dem Schilfbestand, unter der Ansprechschwelle der verwendeten Handanemometer lag. Versuche mit Seifenblasen zeigten, daß die Windgeschwindigkeit dennoch nicht Null betrug, und daß es sich vorwiegend um turbulente Windbewegung handelt. Darin läßt sich auch eine Erklärung finden, warum bei den Vergleichsmessungen mit einer ungeschützten und mit einer mit Gitter abgedeckten Wanne keine Differenzen gefunden werden konnten.

2. TEMPERATURVERHÄLTNISSE IN DEN VERDUNSTUNGSWANNEN

Im folgenden sei auf die Parameter Temperatur und Sättigungsdefizit näher eingegangen, um aufzuzeigen, inwieweit die erhaltenen Meßergebnisse für die Verdunstung von der Seeoberfläche weg verfälscht sind.

Die Wassertemperatur der Wannen unterschied sich von jener des Sees, infolge der angeführten Einflüsse, durch Art und Aufstellungsort mehr oder weniger.

Die größten Unterschiede traten bei der Class A Wanne am Hüttendach auf.

Tabelle 36: Monatsmitteltemperatur zu den Klimaterminen 1967 an der Wasseroberfläche von Class A Wanne und See im Schilf.

| Monat | 7 h | | 14 h | | 21 h | | Mittel | |
|-----------|------|------|------|------|------|------|--------|------|
| | CAP | See | CAP | See | CAP | See | CAP | See |
| Mai | 12,4 | 15,5 | 22,4 | 17,2 | 16,4 | 17,3 | 16,9 | 16,9 |
| Juni | 15,6 | 16,8 | 26,1 | 19,3 | 20,1 | 19,6 | 20,4 | 19,1 |
| Juli | 18,6 | 20,8 | 29,0 | 22,9 | 23,8 | 22,6 | 23,8 | 22,6 |
| August | 15,9 | 17,7 | 26,9 | 20,7 | 20,6 | 19,1 | 21,0 | 19,2 |
| September | 13,3 | 14,5 | 22,3 | 17,3 | 17,1 | 15,5 | 17,5 | 15,7 |
| Oktober | 9,3 | 11,4 | 16,7 | 12,5 | 12,6 | 11,9 | 12,8 | 11,9 |

Die Monatsmitteltemperaturen der Class A Wanne liegen, mit Ausnahme des Mai, durchwegs über jenen des Sees. Während die größte Differenz bei den Monatsmitteln nur 1,8 Grad (August und September) beträgt, läßt sich allerdings aus den zu den Klimaterminen gemessenen Temperaturen ein stark unterschiedlicher Tagesgang erkennen. Zur Illustration ist in Abbildung 42 der mittlere monatliche Tagesgang für den Juli 1967 dargestellt. Die Amplitude für die Temperatur der Class A Wanne beträgt 11 Grad, hingegen für den See nur zwei Grad. Die Class A Wanne weist also einen starken Tagesgang gegenüber dem See auf.

Da die Temperatur über das Sättigungsdefizit Einfluß auf die Verdunstung hat, wurde in Abbildung 42 auch das Sättigungsdefizit über dem See und über der Wanne dargestellt. Infolge der nicht linearen Beziehung zwischen Sättigungsdefizit und Temperatur verstärkt sich die Amplitude

des Tagesganges des Sättigungsdefizites gegenüber jener der Temperatur, Daraus läßt sich auf eine bedeutend verstärkte Verdunstung der Class A Wanne schließen.

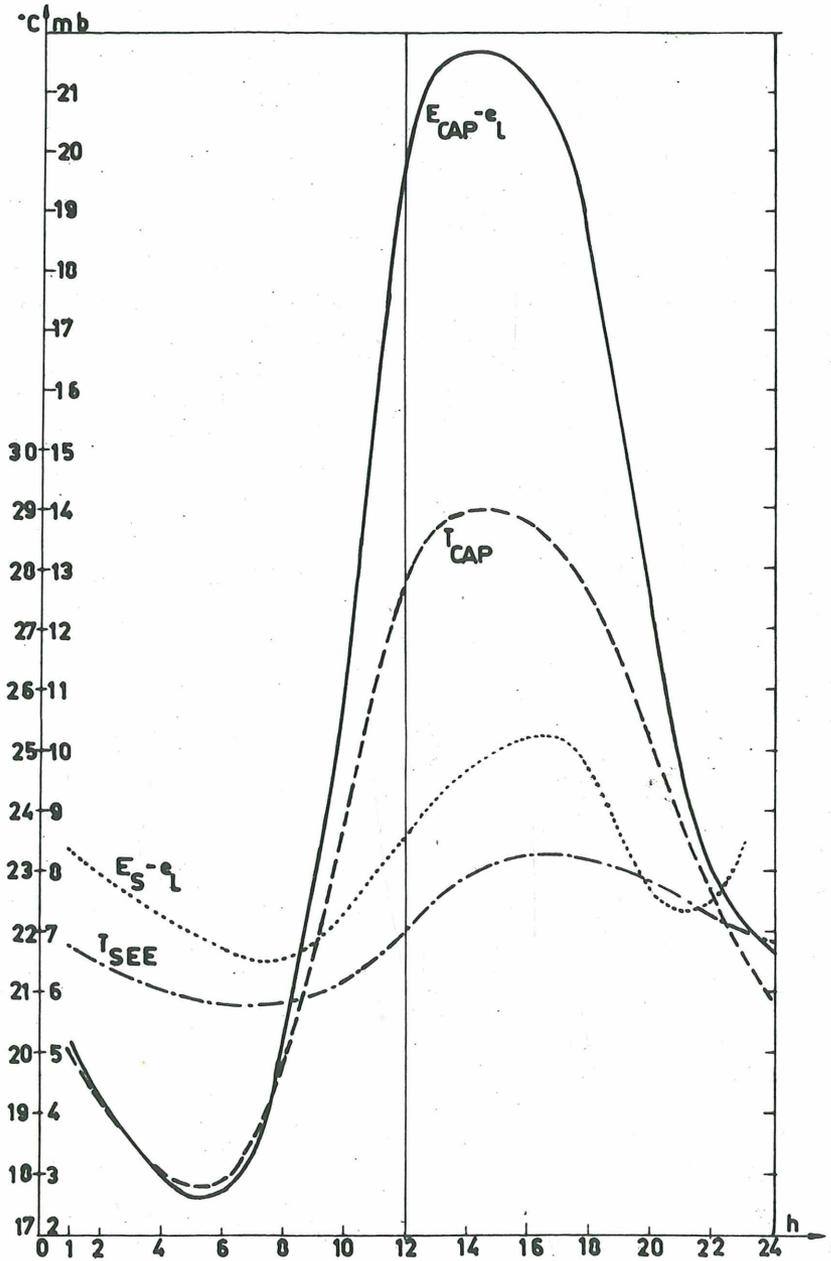


Abbildung 42: Mittlerer monatlicher Tagesgang Juli 1967

- (---) Temperatur CAP; (- · - ·) Temperatur See;
- (—) Sättigungsdefizit $E_{CAP} - e_L$;
- (...) Sättigungsdefizit $E_{See} - e_L$.

Bei den im Seewasser schwimmenden Wannen, aber auch bei der gespülten Class-A-Wanne traten keine wesentlichen Unterschiede in der Wasseroberflächentemperatur innerhalb und außerhalb der Wannen auf. Bei Stichprobenmessungen an ruhigen Strahlungstagen, wie zum Beispiel am 12. 8. 1967, war die Temperatur in diesen Wannen zu Mittag lediglich um 0,1—0,3 Grad höher, was einen Unterschied von 0,1—0,4 mb Sättigungsdefizit entspricht. Demgegenüber konnten die Temperaturdifferenzen zwischen den einzelnen Wannen bis zu 1,0 Grad betragen, was auf die horizontalen Temperaturunterschiede im Wasser des Schilfgürtels zurückzuführen war. (Kapitel III, Seite 93—97).

Da in den mit Schilf bepflanzten Wannen der Wasserspiegel meist über jenem des Sees lag und anzunehmen war, daß die Temperatur höher als im See wäre, wurde 1968 eine Temperaturregistrierung eingerichtet. Es zeigt sich, daß auch in diesen Wannen die Abweichungen von der Seetemperatur nicht sehr groß waren. In den Sommermonaten Juli und August, aus denen vollständige Registrierungen vorliegen, war die Wasseroberfläche im Mittel der Wanne jeweils nur um 0,3 Grad höher. Der mittlere monatliche Tagesgang zeigt für den Juli zu Mittag eine maximale Abweichung von 1,7 Grad.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß vor allem im Hinblick auf die Übertragung der Verdunstungsergebnisse der Wannen auf den See, temperaturmäßig bei der Class A Wanne Schwierigkeiten bestehen, hingegen alle anderen Wannentypen in guter Übereinstimmung mit dem See sind.

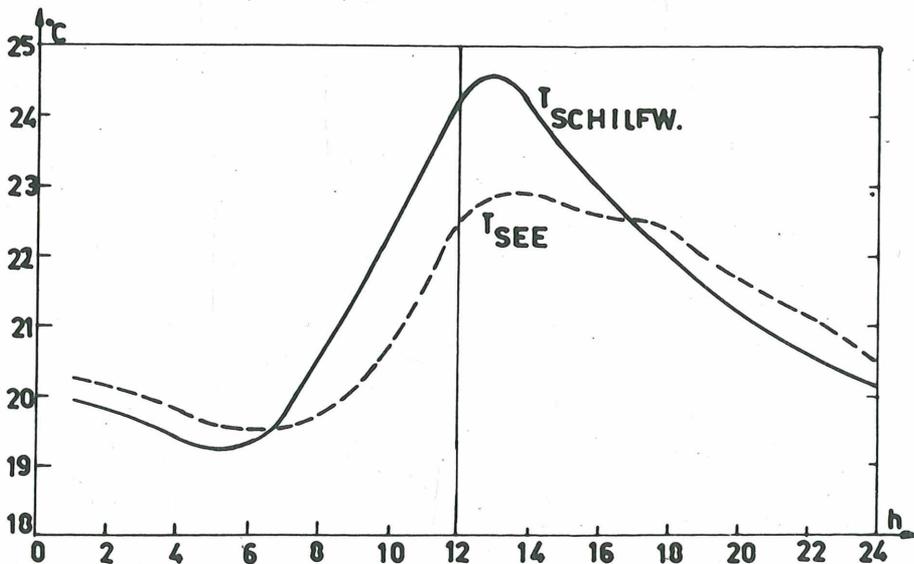


Abbildung 43: Mittlerer monatlicher Tagesgang der Oberflächentemperatur Juli 1968. (—) Schilfwanne; (---) See im Schilf.

3. EINFLUSS DER METEOROLOGISCHEN PARAMETER AUF DIE VERDUNSTUNG

Da aber nicht nur die Temperaturverhältnisse Einfluß auf die Verdunstung aus den Wannen nehmen, sondern auch andere meteorologische Größen, primär oder sekundär, von Bedeutung sind, soll der Versuch gemacht werden, die einzelnen Größen mit ihrer Wirkung auf die Verdunstung näher zu untersuchen.

Einen ersten Überblick über den zeitlichen Verlauf der Verdunstung in den einzelnen Wannen und der meteorologischen Größen während der Beobachtungsperioden 1967 und 1968 in Dekadenmitteln bzw. -summen die Abbildung 44.

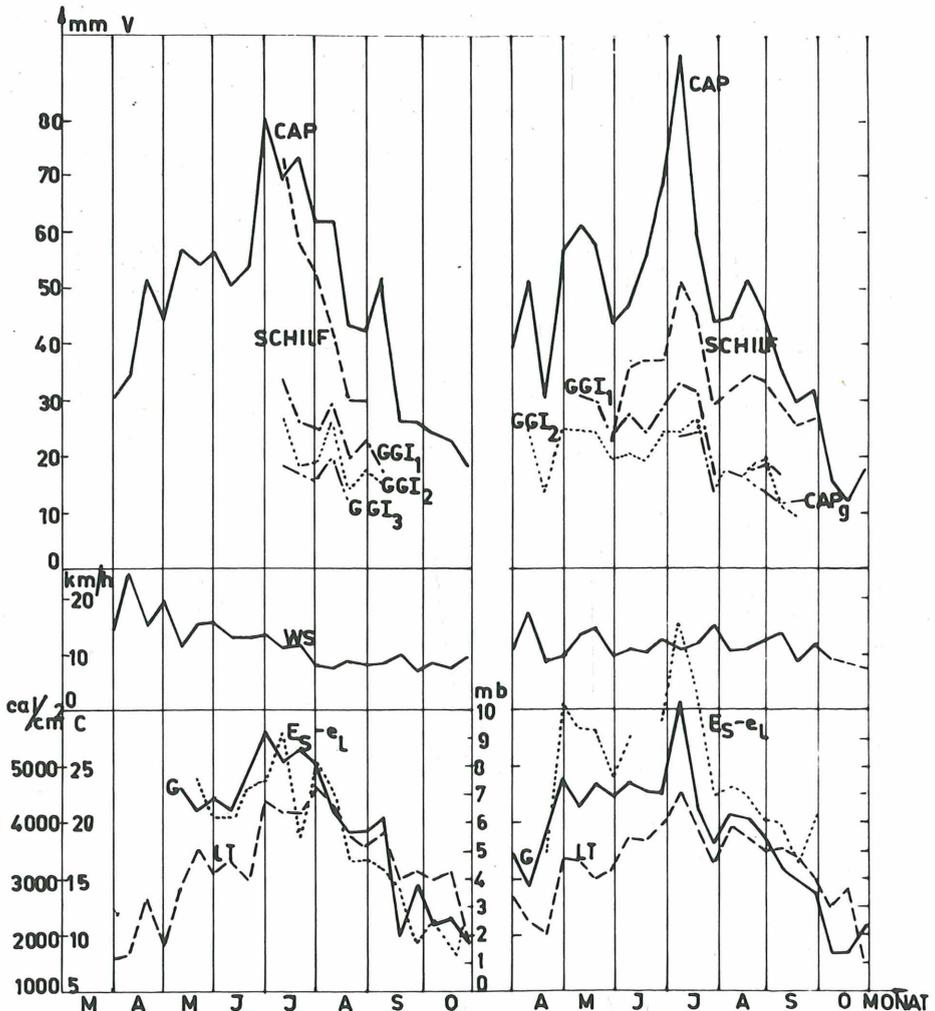


Abbildung 44: Dekadenwerte der Verdunstung (V), Windgeschwindigkeit (Ws), Globalstrahlung (G), Lufttemperatur (Lt), Sättigungsdefizit ($E_s - e_L$) für die Jahre 1967/68.

Wie nicht anders zu erwarten, zeigt der Verlauf der Strahlung und Verdunstung der Class-A-Wanne am Dach oft einen ähnlichen Verlauf, was eine nähere Untersuchung sinnvoll erscheinen läßt. In Abbildung 45 sind die Tagessummen der Verdunstung jenen der Einstrahlung gegenübergestellt. Tage mit Niederschlag wurden, um Meßfehler auszuschalten, nicht herangezogen.

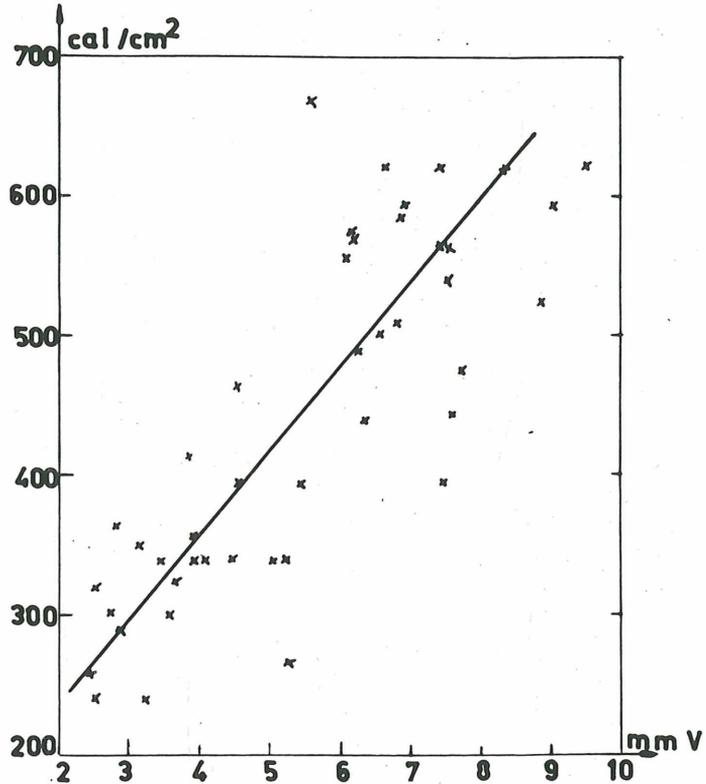


Abbildung 45: Beziehung Globalstrahlung — V_{CAP} aus Tagessummen in der Beobachtungsperiode 1967.

Die Beziehung zwischen Globalstrahlung und Verdunstung ist eng, wenn auch Einzelwerte stark streuen. Dies sind meist Tage, an denen andere Faktoren, wie zum Beispiel der Wind, größeres Gewicht haben.

Da diese Wanne als einzige dem Wind voll ausgesetzt war, soll die Verdunstung auch der Windgeschwindigkeit gegenübergestellt werden. Dazu wurde die Windgeschwindigkeit, die in 1,5 m über dem Schilf gemessen wurde herangezogen, da sie jener, der die Wanne ausgesetzt war, am nächsten kommt.

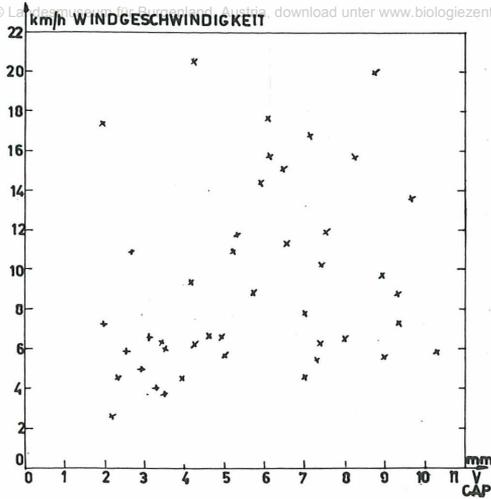


Abbildung 46: Beziehung V_{CAP} — Wind 1,5 m Tagesmittel bzw. Tagessummen aus der Beobachtungsperiode 1968.

Der direkte Vergleich zeigt, daß die Windgeschwindigkeit in keiner eindeutigen Beziehung zur Verdunstung steht.

Die Abhängigkeit der Verdunstung vom Sättigungsdefizit soll, wie anfangs erwähnt, besonders groß sein. Für die Class-A-Wanne wurde daher das Sättigungsdefizit den Verdunstungswerten in Abbildung 47 gegenübergestellt.

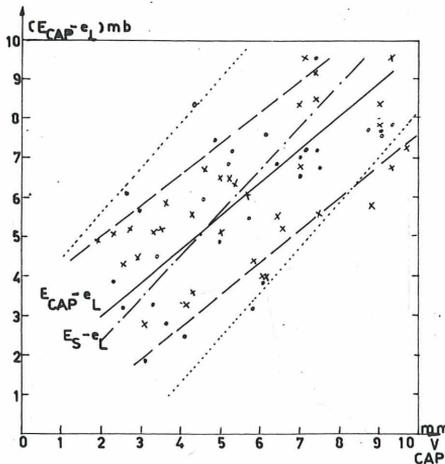


Abbildung 47: Beziehung Sättigungsdefizit V_{CAP} aus Tageswerten der Beobachtungsperiode 1968,

- (—) $E_{CAP} - e_L$ in Beziehung zu V_{CAP}
- (- - -) $E_{CAP} - e_L$ in Beziehung zu V_{CAP} Streubereich
- (- · -) $E_{See} - e_L$ in Beziehung zu V_{CAP}
- (...) $E_{See} - e_L$ in Beziehung zu V_{CAP} Streubereich

Die Beziehung zwischen Sättigungsdefizit, das eine komplexe Größe darstellt, und der Verdunstung ist weitaus eindeutiger, als zwischen dem Wind und der Verdunstung. Dies trifft jedoch nur dann zu, wenn man das Sättigungsdefizit auf die Wannentemperatur bezieht. Vergleicht man dagegen die Wannerverdunstung mit dem Sättigungsdefizit über dem Wasser im Schilfgürtel, so weist die Beziehungslinie nicht nur eine andere Steigung auf, sondern auch der Streubereich der Einzelwerte ist größer, was auf Grund der gezeigten Unterschiede im Temperaturverlauf von Wanne und See zu erwarten war.

Entsprechend der allgemeinen Verdunstungsformel /5/ müßte aus der Gegenüberstellung der Größe $V / (E - e)$ und dem Wind, auf die Funktion $f(u)$ geschlossen werden können.

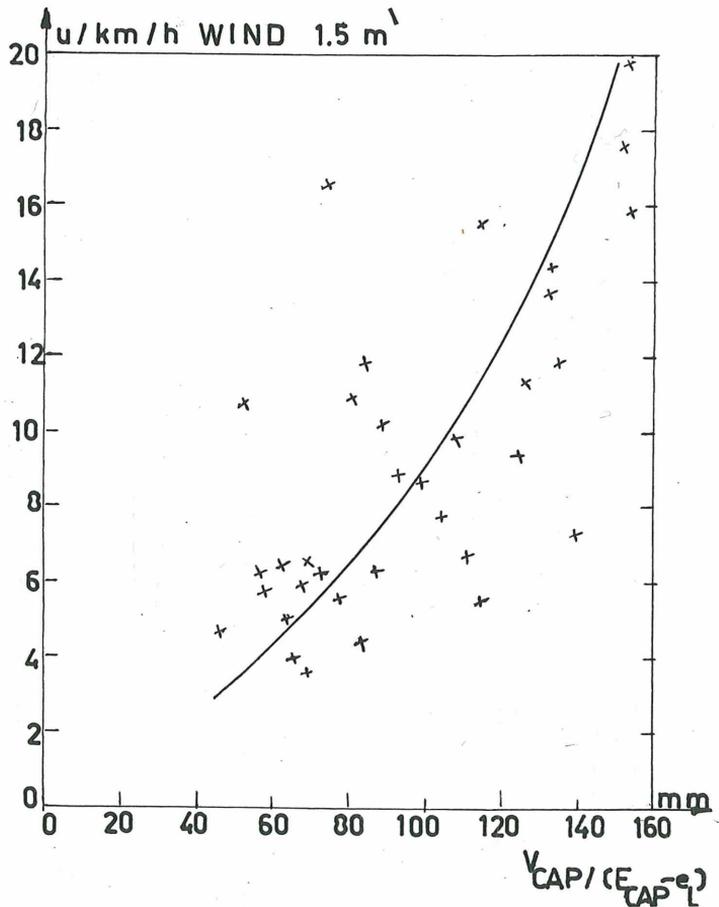


Abbildung 48: Beziehung Wind 1,5 m — $V_{CAP} / (E_{CAP} - e_L)$
aus Tageswerten 1968.

Die Abbildung 48 zeigt, daß diese Beziehung zwischen Verdunstung, Sättigungsdefizit und Windgeschwindigkeit besteht, wenn auch die Abhängigkeit vom Wind nicht linear ist, worauf bereits hingewiesen wurde, und wie es in den verschiedenen empirischen Verdunstungsformeln zu sehen ist (bei Trabert z. B. u).

Die Verdunstung der Class-A-Wanne zeigt ein deutliches Verhalten entsprechend der Formel

$$V_{CAP} = u \cdot (E_{CAP} - e_L) \quad /6/$$

Dies allerdings nur dann, wenn sowohl für die Windgeschwindigkeit als auch für das Sättigungsdefizit die Werte in bzw. über der Wanne herangezogen werden.

Bei den im Wasser schwimmenden Wannen ist, gemäß des Aufstellungsortes, auch eine andere Abhängigkeit der Verdunstung von den meteorologischen Größen zu erwarten. Die bei der Class A Wanne gefundene Beziehung läßt sich bei diesen Wannen nicht erkennen, selbst wenn als Strahlungswerte jene herangezogen werden, die am Grunde des Bestandes gemessen wurden.

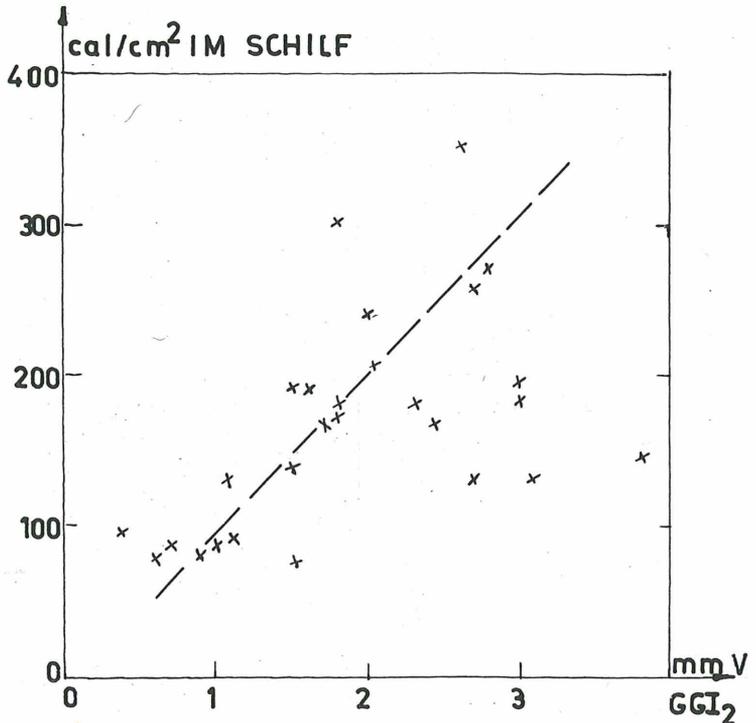
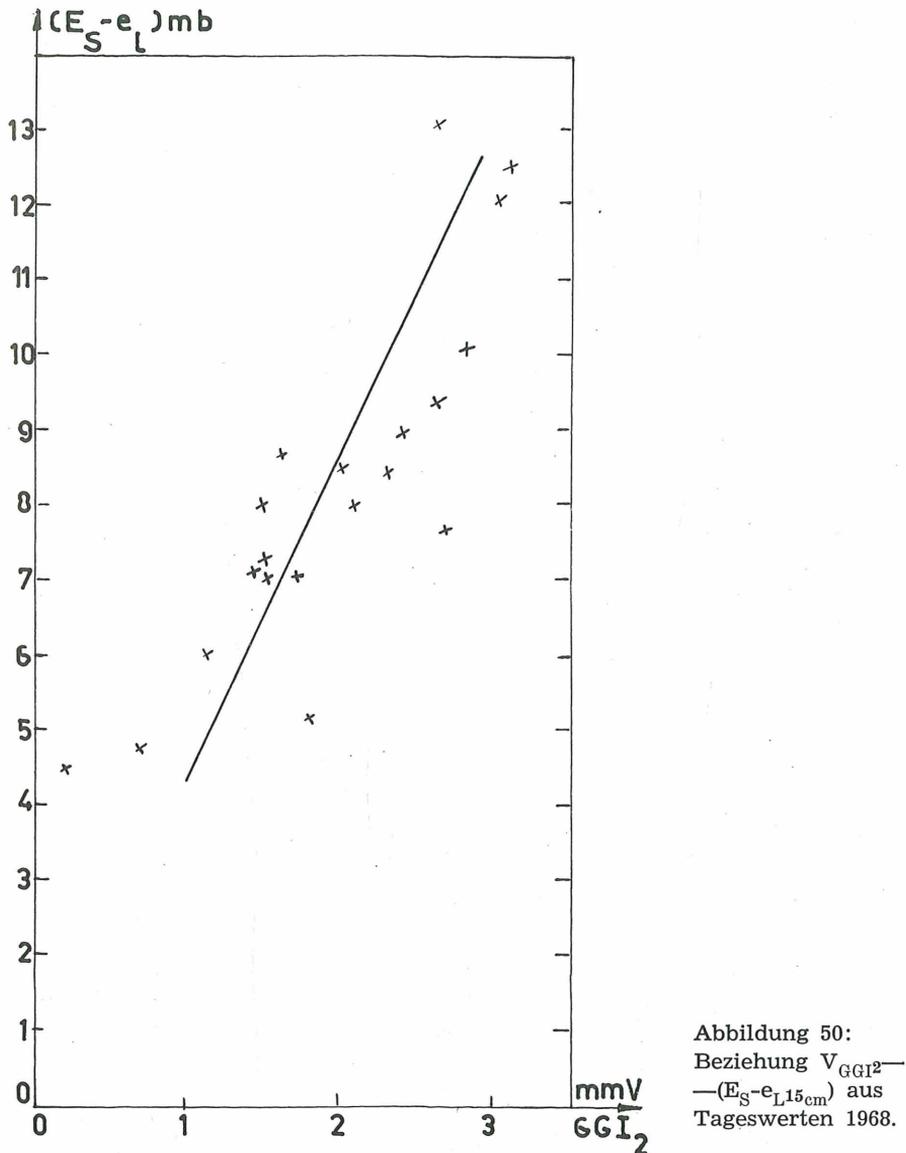


Abbildung 49:
Beziehung V_{GGI_2} zu kurzweiliger Einstrahlung am Grund des Schilfbestandes aus Tagessummen 1968.

Die starke Streuung der Werte ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, daß diese Wannen thermisch mit dem See verbunden sind, und daher auf Strahlung bei weitem nicht so stark reagieren, wie die Class A

Wanne. Da die Temperaturen der „GGI-Wannen“ und des Sees einander entsprechen, kann man auch das Sättigungsdefizit über dem See und den Wannen gleichsetzen. Da am Grund des Schilfes keine Windgeschwindigkeit meßbar war, läßt sich bei diesen Wannen lediglich eine Beziehung von Verdunstung und Sättigungsdefizit beschreiben.



Auch in diesem Fall wurden nur Tagessummen der Verdunstung herangezogen, die an niederschlagsfreien Tagen gemessen wurden. Für die Temperatur und die Feuchte der Luft wurden die Daten aus 15 cm Höhe

über dem Wasser herangezogen, da sie eher den Verhältnissen nahe dem Wasser im Schilfbestand entsprechen als die Werte aus der Klimahütte (Siehe Kapitel III, Seite 61).

Aus der Abbildung 50 ist deutlich die Abhängigkeit der Verdunstung der schwimmenden Wanne vom Sättigungsdefizit über dem See, mit geringer Streuung, zu sehen.

Die gezeigte Übereinstimmung der Verdunstung der Class-A-Wanne mit den meteorologischen Parametern, in bzw. über ihr, gestattet ein Übertragen dieser Werte auf die Verdunstung von der Wasseroberfläche im Schilfbestand nicht. Wie an Hand der Temperatur, des Sättigungsdefizites und der Strahlung gezeigt wurde, unterscheiden sich diese Größen bei der Class-A-Wanne stark von jenen über der Wasseroberfläche im Schilf. Bei den schwimmenden Wannenn, über denen nahezu die selben Verhältnisse herrschen, kann man auch ein Übereinstimmen der Verdunstungsgröße mit jener des Sees annehmen.

4. ERGEBNISSE DER VERDUNSTUNGSMESSUNGEN

Unter Berücksichtigung der aufgezählten Vor- und Nachteile der verschiedenen Wannenn können nun die Ergebnisse für 1967/68 gesehen werden.

Tabelle 37: Tagessummen der Verdunstung in mm

a) 1967

b) 1968

(die vertikalen Verbindungslinien sind Folgen von Meßausfällen. Der darunterstehende Wert entspricht der Verdunstungssumme seit der letzten Messung.)

Tabelle 37a: Tageswerte der Verdunstung in mm nach Wannennmessungen, Rust 1967; S = Summe; M = Tagesdurchschnitt

| | März | April | Mai | Juni | Juli | | | | |
|-----|------|-------|-----|------|------|------------------|------------------|------------------|--------|
| | CAP | CAP | CAP | CAP | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | GGI ₃ | Schilf |
| 1. | — | 3,1 | 4,9 | 6,1 | 6,0 | 3,2 | 2,7 | 1,9 | 9,2 |
| 2. | — | 3,9 | 5,4 | 3,9 | 6,1 | 2,8 | 1,9 | 1,4 | 6,3 |
| 3. | — | 3,1 | 4,7 | 4,4 | 12,1 | 2,5 | 1,9 | 1,2 | 7,4 |
| 4. | — | 3,7 | 4,6 | 6,5 | 7,7 | 5,9 | 3,8 | 1,2 | 7,5 |
| 5. | — | 2,0 | 4,2 | 5,7 | 7,6 | 5,0 | 3,6 | 3,0 | 6,7 |
| 6. | — | 2,0 | 6,8 | 6,2 | 6,6 | 4,5 | 3,4 | 2,8 | 9,3 |
| 7. | — | 2,0 | 6,3 | 6,5 | 7,5 | 3,6 | 2,6 | 2,6 | 6,9 |
| 8. | — | 4,9 | 6,5 | 3,5 | 4,6 | 1,8 | 1,5 | 1,3 | 4,7 |
| 9. | — | 2,4 | 8,8 | 3,5 | 2,8 | 0,0 | 0,0 | (0,0) | (3,0) |
| 10. | — | 7,4 | 4,7 | 2,6 | 4,3 | 2,5 | 2,0 | (0,0) | 7,9 |

desm... für Burgen... tria, do... unter www.biologiezentrum.at

| Tag | März CAP | April CAP | Mai CAP | Juni CAP | Juli CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | GGI ₃ | Schilf |
|-----|-------------|--------------|------------|-------------|-------------|------------------|------------------|------------------|--------|
| 11. | — | 4,7 | 4,5 | 6,1 | 7,0 | 3,5 | 2,7 | 3,5 | 4,2 |
| 12. | — | 3,8 | 5,8 | 5,6 | 7,2 | — | 1,9 | — | 5,1 |
| 13. | — | 1,5 | 6,3 | 4,9 | 7,1 | — | 1,9 | — | 6,6 |
| 14. | — | 6,1 | 6,3 | 6,3 | 12,5 | — | 1,7 | — | 6,1 |
| 15. | — | 4,8 | 6,3 | 3,0 | 7,7 | — | 1,6 | 1,6 | 7,1 |
| 17. | — | 6,6 | 0,4 | 6,1 | 3,4 | — | 1,7 | 0,7 | 4,1 |
| 16. | — | 6,6 | 9,4 | 6,2 | 9,0 | — | 2,7 | 2,4 | 8,0 |
| 18. | — | 6,6 | 4,5 | 6,0 | 6,9 | — | 2,4 | 2,2 | 4,2 |
| 19. | 1,1 | 7,2 | 6,9 | 6,9 | 8,3 | 2,4 | 2,2 | 1,9 | 5,5 |
| 20. | 0,8 | 4,1 | 6,8 | 9,5 | 7,4 | 2,9 | 2,3 | 1,8 | 7,0 |
| 21. | 3,6 | 4,1 | 7,4 | 7,1 | 6,8 | 2,6 | 1,6 | 1,0 | 6,0 |
| 22. | 5,0 | 6,6 | 4,7 | 7,5 | 8,2 | 2,6 | 2,4 | 1,1 | 5,3 |
| 23. | 3,9 | 5,1 | 1,9 | 7,7 | 7,7 | | | | |
| 24. | 3,9 | 6,4 | 8,2 | 6,9 | 6,1 | | | | |
| 25. | 4,0 | 4,6 | 3,9 | 6,1 | 6,1 | 7,7 | 5,6 | 5,6 | 17,0 |
| 26. | 3,2 | 2,2 | 7,3 | 10,2 | 2,8 | 1,6 | 1,2 | 1,4 | 3,4 |
| 27. | 1,7 | 3,7 | 5,5 | 9,8 | 5,7 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 4,4 |
| 28. | 1,8 | 3,9 | 6,8 | 7,8 | 7,3 | 2,7 | 2,3 | 1,7 | 4,2 |
| 29. | 1,1 | 5,4 | 5,9 | 7,8 | 8,9 | 2,8 | 1,9 | 1,9 | 5,4 |
| 30. | 2,7 | 5,5 | 5,0 | 8,4 | 6,7 | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 3,5 |
| 31. | 2,5 | | 5,2 | | 13,5 | 3,2 | 2,5 | 1,9 | 6,4 |
| S | | 134,0 | 175,9 | 188,8 | 221,6 | | 65,8 | | 182,6 |
| M | | 4,5 | 5,7 | 6,2 | 7,1 | (2,6) | 2,1 | (1,8) | 5,9 |

Tabelle 37a: Tageswerte der Verdunstung in mm nach Wannenmessungen, Rust 1967; S = Summe; M = Tagesdurchschnitt

| Tag | August | | | | | September | | | | Oktober |
|-----|--------|------------------|------------------|------------------|--------|-----------|------------------|------------------|------------------|---------|
| | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | GGI ₃ | Schilf | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | GGI ₃ | CAP |
| 1. | 11,7 | — | | | | 3,6 | | | | 1,4 |
| 2. | 7,9 | | | | | 3,6 | 2,3 | 2,6 | 2,0 | 3,2 |
| 3. | 3,5 | 9,4 | 7,7 | 5,7 | 11,3 | 7,2 | 2,6 | 1,4 | 1,0 | 1,0 |
| 4. | 7,2 | 2,6 | 2,1 | 1,4 | 3,5 | 7,6 | | | | 4,0 |
| 5. | 8,1 | 3,5 | 3,3 | 2,6 | 5,2 | 6,3 | 4,2 | 4,4 | 2,9 | 4,6 |
| 6. | 1,8 | | | | | 5,2 | 0,8 | 0,9 | 0,6 | 2,7 |
| 7. | 2,8 | 7,2 | 7,7 | 5,4 | 10,3 | 6,1 | 2,6 | 2,4 | 1,3 | 0,7 |
| 8. | 3,9 | (1,9) | 1,6 | 1,6 | 3,0 | 4,2 | 2,6 | 2,0 | 1,3 | 3,9 |
| 9. | 6,4 | 2,0 | 1,6 | 1,6 | 2,9 | 1,9 | — | | | 4,1 |
| 10. | 4,5 | 2,5 | 1,0 | 0,9 | 3,0 | 2,4 | — | | | 3,2 |
| 11. | 5,2 | 2,8 | 2,6 | 1,3 | 4,6 | 2,0 | — | | | 2,0 |

| Tag | August | | | | | September | | | | | Oktober | |
|-----|--------|------------------|------------------|------------------|--------|-----------|------------------|------------------|------------------|------|---------|--|
| | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | GGI ₃ | Schilf | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | GGI ₃ | CAP | | |
| 12. | 5,8 | 2,8 | 1,8 | 1,8 | 2,2 | 2,9 | — | 1,1 | 1,2 | 2,7 | | |
| 13. | 0,4 | 1,8 | 2,3 | 2,0 | 4,0 | 3,9 | 1,8 | 0,7 | 0,8 | 2,6 | | |
| 14. | 3,4 | 1,8 | 1,4 | 1,6 | 2,6 | 2,5 | 1,0 | 0,9 | 0,9 | 1,4 | | |
| 15. | 3,1 | 1,2 | 0,9 | 0,7 | 2,5 | 1,7 | 0,4 | 0,4 | 4,0 | 0,8 | | |
| 16. | 5,5 | | | | | 2,3 | — | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | |
| 17. | 3,6 | 2,7 | 0,7 | 1,8 | 5,1 | 2,3 | 2,4 | 0,4 | 0,0 | 2,4 | | |
| 18. | 5,6 | 2,3 | 1,8 | 1,3 | 3,2 | 2,7 | | | | 4,7 | | |
| 19. | 5,6 | 2,3 | 1,8 | 1,3 | 3,2 | 3,6 | 1,0 | 1,0 | 3,3 | 3,3 | | |
| 20. | 3,4 | 2,7 | 2,1 | 0,8 | 2,6 | 2,3 | 0,9 | 1,1 | 0,2 | 2,8 | | |
| 21. | 5,9 | 0,8 | 2,8 | 1,7 | 4,0 | 2,6 | 0,8 | 0,6 | 0,8 | 2,8 | | |
| 22. | 3,6 | 2,4 | — | 1,6 | 4,0 | 2,7 | | | | 0,9 | | |
| 23. | 3,7 | 1,6 | — | 1,0 | 1,6 | 2,1 | | | | 1,6 | | |
| 24. | 5,4 | 2,4 | — | 0,9 | 3,2 | 2,0 | | | | 0,1 | | |
| 25. | 0,3 | 2,4 | — | 0,1 | 0,7 | 2,0 | | | | 0,1 | | |
| 26. | 3,0 | 1,0 | 1,1 | 0,7 | 2,1 | 2,2 | | | | 0,0 | | |
| 27. | 6,5 | 2,0 | 1,4 | 0,7 | 3,5 | 4,1 | 4,0 | 4,4 | 1,5 | 1,1 | | |
| 28. | 5,0 | 2,3 | 1,8 | 1,3 | 4,1 | 1,8 | — | | | 0,7 | | |
| 29. | 3,8 | 1,8 | 1,9 | 1,5 | 3,5 | 2,6 | — | 0,7 | 1,0 | 1,0 | | |
| 30. | 4,4 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 2,5 | 2,4 | — | — | — | 1,3 | | |
| 31. | 4,2 | 1,4 | 1,1 | 0,7 | 2,7 | | | | | 1,6 | | |
| S. | 145,1 | 78,6 | | 42,9 | 101,0 | 98,8 | | | | 59,9 | | |
| M | 4,7 | 2,5 | (1,9) | 1,3 | 3,3 | 3,3 | (1,2) | (0,9) | (0,8) | 1,9 | | |

Tabelle 37b: Tageswerte der Verdunstung in mm nach Wannenmessungen, Rust 1968; S = Summe; M = Tagesdurchschnitt

| Tag | März | April | | | Mai | | | | | |
|-----|------|-------|------------------|------------------|--------|-----|------------------|------------------|--------|--------|
| | CAP | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | Schilf | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | Schilf | Schilf |
| | | | | | 1 | | | | 1 | 2 |
| 1. | | 5,4 | 4,3 | 2,9 | 3,5 | 4,8 | 1,8 | 2,0 | — | — |
| 2. | | 2,9 | 2,4 | 2,0 | 4,5 | 6,9 | | | — | — |
| 3. | | 6,5 | 3,0 | 2,6 | 1,4 | 3,2 | | | — | — |
| 4. | | 4,7 | 4,4 | 3,2 | 3,4 | 9,2 | 11,2 | 8,1 | — | — |
| 5. | | 8,7 | 3,2 | 3,5 | 2,9 | 9,7 | 4,5 | 3,8 | — | — |
| 6. | | 8,2 | 4,1 | 2,7 | 3,3 | 7,3 | 2,5 | 1,7 | — | — |
| 7. | | 1,4 | 1,6 | 1,7 | 2,4 | 5,8 | 2,1 | 1,5 | — | — |
| 8. | | 3,0 | 2,0 | 2,5 | 0,7 | 3,7 | 4,3 | 3,6 | — | — |
| 9. | | 6,4 | | | | 7,1 | 3,2 | 2,2 | — | — |
| 10. | | 3,5 | 1,7 | 0,4 | 6,9 | 6,9 | 3,6 | 2,7 | — | — |

| Tag | März | April | | | | Mai | | | | |
|-----|------|-------|------------------|------------------|--------|-------|------------------|------------------|--------|--------|
| | CAP | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | Schilf | CAP | GGI ₁ | GGI ₂ | Schilf | Schilf |
| 11. | | 3,0 | | | | 5,4 | 2,6 | 2,0 | — | — |
| 12. | | 2,3 | 3,2 | 2,4 | 3,5 | 9,2 | 2,0 | 1,6 | — | — |
| 13. | | 2,9 | — | | | 4,3 | | | — | — |
| 14. | | 4,6 | — | 2,9 | 3,2 | 7,6 | 8,2 | 5,9 | — | — |
| 15. | 1,9 | 2,4 | — | | | 6,9 | 3,4 | 2,4 | — | — |
| 16. | 4,1 | 1,9 | — | | | 4,5 | 3,4 | 2,4 | — | — |
| 17. | 3,1 | 1,2 | 4,2 | 3,8 | 4,9 | 3,1 | | | — | — |
| 18. | 5,8 | 4,4 | 2,4 | 1,8 | 1,7 | 4,9 | 4,4 | 5,3 | — | — |
| 19. | 6,1 | 5,8 | | | | 4,6 | 2,7 | 2,3 | 2,1 | — |
| 20. | 5,3 | 4,1 | 5,5 | 4,1 | 5,0 | 7,4 | 2,8 | 2,4 | 3,2 | — |
| 21. | 1,7 | 6,3 | 3,9 | 2,7 | 2,1 | 2,3 | | | | — |
| 22. | 5,8 | 7,2 | | | | 1,1 | 2,2 | 4,5 | 2,0 | 2,3 |
| 23. | 2,3 | 5,8 | | | | 4,0 | 3,1 | 2,1 | 2,4 | 3,0 |
| 24. | 3,2 | 9,0 | 12,4 | 8,2 | 8,7 | 3,6 | 1,7 | 1,6 | 1,9 | 2,5 |
| 25. | 2,2 | 6,8 | 4,3 | 2,8 | — | 3,6 | 2,3 | 1,5 | 1,9 | 2,4 |
| 26. | 6,1 | 7,0 | 6,1 | 4,2 | — | 3,2 | 1,3 | 1,1 | 1,6 | 1,9 |
| 27. | 3,5 | 2,7 | 3,3 | 1,2 | — | 4,3 | | | | |
| 28. | 3,3 | 2,7 | 2,4 | 1,6 | — | 6,6 | 6,4 | 4,0 | 6,0 | 7,1 |
| 29. | 5,0 | 7,5 | 3,7 | 2,4 | — | 7,6 | 3,3 | 2,4 | 3,7 | 3,2 |
| 30. | 5,7 | 3,6 | 1,8 | 2,0 | — | 5,7 | 3,1 | 2,5 | 4,3 | 3,2 |
| 31. | 5,4 | | | | | 1,9 | 2,6 | 1,6 | | 3,3 |
| S | | 141,0 | | 60,2 | | 165,8 | 88,2 | 70,8 | | |
| M | | 4,7 | | 2,0 | | 5,4 | 2,9 | 2,5 | | |

Tabelle 37b: Tageswerte der Verdunstung in mm nach Wannenmessungen, Rust 1968; S = Summe; M = Tagesdurchschnitt

| Tag | Juni | | | | | |
|-----|------|------|-----|--------|------|--|
| | CAP | GGI | | Schilf | | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| 1. | 2,7 | | | | | |
| 2. | 1,0 | | | | | |
| 3. | 2,7 | | | | | |
| 4. | 3,7 | | | | | |
| 5. | 11,6 | 14,5 | 9,9 | 20,7 | 19,4 | |
| 6. | 7,4 | | | 4,9 | | |
| 7. | 6,3 | | | | | |
| 8. | 4,0 | 7,3 | 6,2 | 5,5 | 11,5 | |
| 9. | 1,3 | | | | | |
| 10. | 3,3 | 4,0 | 4,1 | | 5,5 | |

| Tag | CAP | GGI | GGI | Schilf | Schilf |
|-----|-------|------|------|--------|--------|
| 11. | 5,0 | 2,0 | 2,0 | 8,5 | 2,7 |
| 12. | 4,9 | 2,9 | | 4,8 | 4,5 |
| 13. | 4,3 | 2,4 | 4,3 | 3,8 | 3,5 |
| 14. | 6,7 | | | | |
| 15. | 8,2 | 4,9 | 3,2 | 9,2 | 8,5 |
| 16. | 7,5 | 2,2 | 1,7 | 3,8 | 2,2 |
| 17. | 3,7 | 2,8 | 2,3 | 4,6 | 5,0 |
| 18. | 10,8 | 2,8 | 1,5 | 3,2 | 5,3 |
| 19. | 8,0 | 3,6 | 2,4 | 3,9 | 5,8 |
| 20. | 6,0 | 2,2 | 1,7 | 2,9 | 3,9 |
| 21. | 4,6 | | | | |
| 22. | 8,3 | 8,2 | 8,9 | 9,8 | 10,1 |
| 23. | 9,0 | 3,8 | 2,4 | 3,6 | 5,2 |
| 24. | 6,1 | 3,1 | 2,6 | 4,1 | 4,3 |
| 25. | 7,3 | 2,8 | 1,8 | 4,4 | 5,4 |
| 26. | 7,8 | 2,4 | 1,7 | 3,3 | 4,0 |
| 27. | 7,3 | 2,4 | 1,9 | 3,7 | 4,0 |
| 28. | 3,6 | | | | |
| 29. | 8,1 | 2,3 | 2,5 | 4,6 | 5,5 |
| 30. | 9,3 | 4,2 | 3,0 | 5,1 | 5,7 |
| S | 180,5 | 80,0 | 63,9 | 111,5 | 120,5 |
| M | 6,0 | 2,7 | 2,2 | 3,7 | 4,0 |

Tabelle 37b: Tageswerte der Verdunstung in mm nach Wannenmessungen, Rust 1968; S = Summe; M = Tagesdurchschnitt

| Juli | | | | | | | |
|------|------|-------|-----|-----|-----|--------|--------|
| Tag | CAP | CAP | GGI | GGI | GGI | Schilf | Schilf |
| | | gesp. | 1 | 1a | 2 | 1 | 2 |
| 1. | 9,8 | 1,8 | 4,0 | 4,0 | 2,8 | 5,5 | 5,9 |
| 2. | 10,1 | 3,9 | 4,6 | 4,6 | 3,1 | 6,2 | 6,5 |
| 3. | 7,3 | | | | | | |
| 4. | 9,2 | 2,9 | 5,6 | 6,4 | 4,1 | 8,9 | 10,1 |
| 5. | 10,0 | 2,2 | 3,7 | 3,4 | 2,3 | 5,3 | 6,6 |
| 6. | 12,1 | 2,2 | 3,6 | 3,4 | 2,3 | 5,3 | 6,7 |
| 7. | 8,4 | 3,1 | 3,9 | 4,3 | 3,0 | | 7,3 |
| 8. | 7,9 | 1,6 | 2,6 | 3,1 | 1,8 | 12,6 | 6,1 |
| 9. | 6,4 | | | | | | |
| 10. | 10,3 | 3,3 | 5,0 | 9,2 | 6,7 | 11,8 | 12,8 |
| 11. | 8,4 | | | | | | |

| Juli | | | | | | | |
|------|-------|------|------|------|------|--------|--------|
| Tag | CAP | CAP | GGI | GGI | GGI | Schilf | Schilf |
| 12. | 11,5 | | | | | | |
| 13. | 6,8 | | | | | | |
| 14. | 3,7 | 14,8 | 18,4 | 18,2 | 10,6 | 21,7 | 24,8 |
| 15. | 2,0 | 1,8 | 2,0 | 1,4 | 1,8 | | 2,8 |
| 16. | 7,5 | 2,7 | 3,9 | 2,5 | 3,0 | 7,0 | 4,0 |
| 17. | 0,6 | | | | | | |
| 18. | 2,0 | | | | | | |
| 19. | 5,2 | 3,0 | 3,4 | 4,3 | 7,0 | 7,4 | 8,3 |
| 20. | 6,2 | 2,4 | 1,8 | 2,8 | 2,1 | 3,7 | 4,4 |
| 21. | 3,5 | 1,4 | 1,8 | 1,9 | 1,7 | 3,4 | 3,5 |
| 22. | 4,5 | | | | | | |
| 23. | 4,3 | 3,0 | 3,3 | 2,4 | 2,9 | 6,6 | 7,3 |
| 24. | 3,0 | | | | | 2,1 | |
| 25. | 4,0 | 1,7 | 2,7 | 3,1 | 2,1 | 2,2 | 6,2 |
| 26. | 4,9 | 1,2 | 2,3 | 0,4 | 1,6 | 2,5 | 3,4 |
| 27. | 5,9 | 1,8 | 1,5 | 1,0 | 1,7 | 3,7 | 4,3 |
| 28. | 2,3 | | 2,8 | | | | |
| 29. | 6,7 | 2,7 | 0,7 | 3,2 | 3,6 | 5,9 | 6,8 |
| 30. | 9,3 | 1,9 | 2,0 | 1,6 | 1,3 | 4,8 | 5,4 |
| 31. | 7,0 | 1,3 | 2,0 | 1,4 | 1,2 | 4,4 | 4,0 |
| S | 200,8 | 60,3 | 81,3 | 82,6 | 72,0 | 130,0 | 137,3 |
| M | 6,5 | 2,0 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 4,2 | 4,4 |

Tabelle 37b: Tageswerte der Verdunstung in mm nach Wannenmessungen,
Rust 1968; S = Summe; M = Tagesdurchschnitt

| August | | | | | | | |
|--------|-----|-------|-----|-----|-----|--------|--------|
| Tag | CAP | CAP | GGI | GGI | GGI | Schilf | Schilf |
| | | gesp. | 1 | 1a | 2 | 1 | 2 |
| 1. | 6,1 | 1,3 | 2,0 | — | 1,2 | 4,2 | 4,0 |
| 2. | 3,0 | | | — | | | |
| 3. | 0,5 | | | — | | | |
| 4. | 0,8 | 4,0 | 3,3 | — | | 4,8 | 6,5 |
| 5. | 2,4 | 2,0 | 2,6 | — | 2,9 | 4,6 | 5,5 |
| 6. | 5,3 | | | — | | | |
| 8. | 8,4 | 8,5 | 3,4 | — | 1,9 | 9,4 | 10,0 |
| 9. | 2,2 | 1,0 | | — | | | |
| 10. | 5,0 | 1,0 | 0,7 | 0,5 | 4,9 | 2,5 | 2,0 |
| 11. | 4,3 | | 1,6 | 1,3 | 1,3 | 3,4 | 3,7 |
| 12. | 7,0 | | 3,1 | | | | |

| August | | | | | | | |
|--------|-------|------|------|-------|------|--------|--------|
| Tag | CAP | CAP | GGI | GGI | GGI | Schilf | Schilf |
| 13. | 5,4 | 4,1 | 0,8 | 4,1 | 3,7 | 9,9 | 12,1 |
| 14. | 8,0 | | | | | | |
| 15. | 5,3 | 2,8 | 5,5 | 3,4 | 3,5 | 6,7 | 6,7 |
| 16. | 5,3 | 3,4 | 2,3 | 1,7 | 1,9 | 6,6 | 7,7 |
| 17. | 0,5 | | | | | | |
| 18. | 3,7 | 2,9 | | | | | |
| 19. | 8,7 | 2,9 | 7,5 | 6,3 | 5,8 | 7,8 | 14,4 |
| 20. | 5,2 | 1,8 | 2,9 | 2,6 | 2,8 | 4,3 | 5,1 |
| 21. | 3,5 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 3,6 | 8,0 | 3,6 |
| 22. | 3,3 | | | | | | |
| 23. | 6,4 | 2,1 | 3,2 | 4,9 | 5,1 | 4,5 | 4,7 |
| 24. | 4,1 | 0,8 | | | | | |
| 25. | 4,1 | 0,8 | 2,4 | 2,9 | 1,9 | 3,9 | 4,6 |
| 26. | 2,3 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 1,0 | 4,3 | 4,9 |
| 27. | 3,9 | 1,1 | 2,3 | | 1,7 | 3,7 | 4,3 |
| 28. | 5,5 | 2,1 | 1,0 | 3,9 | 0,1 | 2,3 | 2,8 |
| 29. | 4,4 | | | | | | |
| 30. | 3,7 | 1,7 | 3,7 | 3,7 | 3,0 | 5,0 | 7,4 |
| 31. | | 2,4 | 2,9 | 2,2 | 2,1 | 4,0 | 5,0 |
| S | 131,5 | 47,1 | 53,6 | | 45,7 | 99,3 | 144,5 |
| M | 4,4 | 1,6 | 1,7 | (1,7) | 1,5 | 3,2 | 3,7 |

Tabelle 37b: Tageswerte der Verdunstung in mm nach Wannenmessungen, Rust 1968; S = Summe; M = Tagesdurchschnitt

| September | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-------|-----|--------|-----|---|
| Tag | CAP | CAP | GGI | | Schilf | | |
| | | | gesp. | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1. | 6,4 | 0,5 | 0,4 | 0,7 | 1,1 | 1,0 | |
| 2. | 3,4 | 2,1 | 2,4 | 2,4 | 6,9 | 7,6 | |
| 3. | 3,6 | 1,5 | 0,9 | 1,0 | 2,5 | 2,9 | |
| 4. | 3,9 | 0,7 | 2,4 | 1,1 | 2,3 | 2,9 | |
| 5. | 2,4 | 0,6 | 0,9 | | 2,6 | 1,6 | |
| 6. | 2,4 | 0,6 | 2,8 | 0,7 | 2,6 | 3,0 | |
| 7. | 3,6 | 0,4 | 0,3 | 0,4 | 2,8 | 2,8 | |
| 8. | 4,5 | | | | | | |
| 9. | 3,2 | | 2,2 | 1,4 | 6,2 | 6,9 | |
| 10. | 3,4 | 3,6 | 1,1 | 1,4 | | 2,1 | |
| 11. | 2,4 | 0,4 | 1,1 | 1,4 | 3,4 | 2,1 | |
| 12. | 1,9 | | | | 3,4 | | |

| September | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-----|-------|--------|--------|--|
| Tag | CAP | CAP | GGI | GGI | Schilf | Schilf | |
| 13. | 2,4 | 1,9 | 1,8 | 0,7 | 4,6 | 5,1 | |
| 14. | 3,5 | | | | 4,6 | 5,1 | |
| 15. | 3,3 | 4,2 | 1,8 | 3,0 | | 4,5 | |
| 16. | 0,9 | | 0,8 | 1,2 | 8,9 | 2,3 | |
| 17. | 3,0 | 4,2 | | | | | |
| 18. | 2,9 | | | | | | |
| 19. | (3,0) | | 5,8 | 3,6 | 7,7 | 11,2 | |
| 20. | (3,0) | | 1,0 | 0,8 | | 2,8 | |
| 21. | (3,0) | | | — | | — | |
| 22. | (3,0) | | | — | | — | |
| 23. | (2,9) | | | — | | — | |
| 24. | (2,9) | | | — | | — | |
| 25. | 3,5 | 7,0 | 4,3 | — | 13,2 | — | |
| 26. | 4,6 | 1,2 | 2,8 | 0,1 | 5,9 | 4,0 | |
| 27. | 2,1 | | 2,8 | | 5,9 | 4,0 | |
| 28. | 2,5 | 2,7 | 2,4 | 0,7 | 5,1 | 5,4 | |
| 29. | 2,6 | 0,7 | 0,9 | 0,7 | 1,3 | 1,8 | |
| 30. | 1,8 | | 0,4 | 0,2 | 2,2 | 2,2 | |
| S | 92,0 | 0,1 | 3,6 | | 78,8 | | |
| M | 3,1 | (1,1) | 1,1 | (0,8) | 2,6 | (3,4) | |

Tabelle 37b: Tageswerte der Verdunstung in mm nach Wannenmessungen, Rust 1968; S = Summe; M = Tagesdurchschnitt.

| Oktober | | | | | | |
|---------|-----|-------|-----|-----|--------|--------|
| Tag | CAP | CAP | GGI | GGI | Schilf | Schilf |
| | | gesp. | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1. | 4,0 | — | — | — | 2,2 | 3,2 |
| 2. | — | — | — | — | — | — |
| 3. | — | — | — | — | — | — |
| 4. | — | — | — | — | — | — |
| 5. | — | — | — | — | — | — |
| 6. | — | 0,2 | — | — | — | — |
| 7. | 0,8 | | 0,3 | — | 1,3 | 1,7 |
| 8. | 1,9 | | | — | | |
| 9. | 1,0 | 0,4 | 0,8 | — | 1,0 | 1,4 |
| 10. | 0,3 | 0,1 | 0,2 | — | — | 0,0 |
| 11. | | | | — | — | |
| 12. | | | 0,1 | — | — | 1,3 |
| 13. | 0,4 | 0,2 | | — | — | |

| Tag | CAP | CAP | GGI | GGI | Schilf | Schilf |
|-----|-----|-----|-----|-----|--------|--------|
| 14. | 1,5 | 0,1 | 0,0 | — | 2,0 | |
| 15. | 2,1 | 0,7 | 0,6 | — | 0,8 | 1,3 |
| 16. | 1,9 | 0,6 | 1,2 | 0,9 | 1,3 | 1,6 |
| 17. | 2,9 | 1,4 | 0,9 | 1,0 | 1,4 | 2,6 |
| 18. | 1,5 | 0,7 | 1,6 | 0,7 | 1,2 | 1,7 |
| 19. | 3,0 | 1,1 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 2,3 |
| 20. | 2,3 | 0,8 | 1,6 | 1,0 | 2,1 | 3,0 |
| 21. | 2,6 | 1,4 | 1,6 | 1,2 | 1,7 | 1,8 |
| 22. | 3,0 | 1,1 | 1,9 | 1,0 | 1,1 | 1,6 |
| 23. | 0,7 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1,7 | 1,8 |
| 24. | 0,4 | 0,0 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,7 |
| 25. | 0,5 | 0,2 | | 0,2 | 0,7 | 0,5 |
| 26. | 0,5 | | | | — | |
| 27. | 0,5 | | | | — | |
| 28. | 1,0 | 0,9 | 0,8 | 0,5 | — | 1,5 |
| 29. | 1,3 | 0,2 | 0,5 | 0,3 | — | 0,8 |
| 30. | 0,9 | 0,3 | — | 0,2 | — | 0,3 |

Die Tageswerte der Verdunstung in den einzelnen Wannen weisen große Schwankungen auf. So verdunsteten z. B. am 4. 4. 68 aus der „GGI“₁ 4,4 mm und aus der „GGI“₂ 3,2 mm. Am folgenden Tag jedoch 3,2 und 3,5 mm. Trotzdem läßt sich auch aus den Tageswerten eine Reihung der Wannen nach der Höhe der Verdunstung durchführen. Am meisten verdunstet die Class-A-Wanne am Hüttendach, dann die mit Schilf bepflanzte Wanne, bedeutend weniger Wasserverlust weisen die schwimmenden Wannen und die gespülte Class-A-Wanne auf.

In der Tabelle 38 wird ein Überblick über die Monatssummen der Verdunstung in den beiden Beobachtungsjahren gegeben. Bei den in Klammer gesetzten Werten wurden die Monatssummen aus den Monatsmitteln berechnet, falls einige Tageswerte ausgefallen waren. Weiters wird noch das Verhältnis der Verdunstung der einzelnen Wannen zu jener der Class-A-Wanne angegeben.

Tabelle 38: Monatssummen der Verdunstung und das Verhältnis der einzelnen Wannenverdunstung zur Verdunstung der CAP

| Wannen | A | M | J | J | A | S | O | Verhältn. | Jahr |
|--------------------|-----|-----|-----|------|------|------|----|-----------|------|
| CAP | 134 | 176 | 189 | 222 | 145 | 99 | 60 | 1,00 | |
| „GGI“ ₁ | — | — | — | (85) | (79) | (36) | — | 0,43 | |
| „GGI“ ₂ | — | — | — | 66 | (59) | (27) | — | 0,33 | 1967 |
| „GGI“ ₃ | — | — | — | (56) | 43 | (24) | — | 0,26 | |
| Schilf | — | — | — | 183 | 101 | — | — | 0,78 | |

| Wannen | A | M | J | J | A | S | O | Verhältn. | Jahr |
|---------------------|------|-----|-----|-----|-----|------|------|-----------|------|
| CAP | 141 | 166 | 181 | 201 | 131 | 92 | (44) | 1,00 | |
| „GGI“ ₁ | (93) | 88 | 80 | 81 | 53 | 36 | (21) | 0,47 | |
| „GGI“ ₂ | 60 | 71 | 64 | 72 | 46 | — | — | 0,38 | 1968 |
| CAP | — | — | — | 60 | 47 | (33) | (14) | 0,33 | |
| gesp. | | | | | | | | | |
| Schilf ₁ | — | — | 115 | 130 | 99 | 79 | — | 0,70 | |
| Schilf ₂ | — | — | 121 | 137 | 115 | — | — | 0,78 | |

Die hohe Verdunstung der Class-A-Wanne am Dach resultiert aus den angeführten extremen Tagesgängen der Temperatur und des Sättigungsdefizites, sowie aus dem weitgehend ungestörten Einfluß des Windes.

Die unterschiedliche Verdunstung bei den schwimmenden „GGI“ Wannen läßt sich vor allem durch die unterschiedliche Abschirmung der Sonne und des Windes erklären. Während die Class-A-Wanne einen deutlichen Jahresgang mit einem Maximum der Verdunstung im Juli aufweist, zeigen die schwimmenden „GGI“ Wannen kaum eine Zunahme der Verdunstung vom April zum Juli. Die „GGI“₁ verdunstet sogar im April und Mai am meisten, aber auch der Wert der „GGI“₂ ist im Juli nur um 1 mm größer als im Mai. Im Verhältnis zur Class-A-Wanne nimmt also bei diesen Wannen die Verdunstung vom April zum Oktober relativ ab. Dies hat seinen Grund im Wachstum des Schilfes, das mit zunehmender Größe stärker abschirmt.

Inwieweit dieses Verhalten auch auf die gespülte Class-A-Wanne zutrifft, läßt sich aus dem vorhandenen Material nicht ersehen, da keine Werte aus den Monaten April bis Juni vorliegen. Die niederen Verdunstungswerte in dieser Wanne sind bemerkenswert, da auf Grund der Aufstellung (50 cm über Wasser) die Einflüsse von Wind und Strahlung, z. B. gegenüber der „GGI“ Wanne, größer sind. Die verringerte Verdunstung in dieser Wanne könnte auf den größeren Wannendurchmesser zurückgeführt werden, da ja z. B. von Konstantinov (4) eine Verminderung der Verdunstung mit Zunahme des Durchmessers angegeben wird.

Für die Bestimmung der Verdunstung von der Wasseroberfläche im Schilfgürtel sollen daher die Werte der schwimmenden Wannen herangezogen werden. Da der Schilfgürtel nicht homogen ist — es gibt zahllose offene Wasserflächen — aber auch jede mögliche Dichte des Bestandes — scheint es gerechtfertigt zu sein, die Verdunstung der „GGI“ Wannen zu mitteln, wenn man eine durchschnittliche Verdunstung von der Wasseroberfläche des Schilfgürtels angibt.

Tabelle 39: Verdunstung von der Wasseroberfläche im Schilfgürtel in mm

| | April | Mai | Juni | Juli | Aug. | Sept. | Okt. |
|------|-------|-----|------|------|------|-------|------|
| 1967 | — | — | — | 69 | 64 | 29 | — |
| 1968 | 68 | 72 | 66 | 71 | 47 | 34 | 17 |

Die mit den mit Schilf bepflanzten Wannern erhaltenen Verdunstungswerte können nicht direkt mit jenen der übrigen Wannern verglichen werden. Der gemessene Wasserverlust setzt sich aus der direkten Verdunstung von der Wasseroberfläche und der Transpiration durch die Schilfpflanzen zusammen. Die Größe des Transpirationsverlustes läßt sich daher durch Subtraktion der reinen Wasserverdunstung von dem Gesamtwasserverlust ermitteln.

Tabelle 40: Transpiration des Schilfes in der Wanne 1 in mm 1968

| Juni | Juli | August | September |
|------|------|--------|-----------|
| 49 | 59 | 52 | 32 |

Die Transpiration ist vor allem vom entwicklungsphysiologischen Zustand der Pflanzen, aber auch von der Temperatur, Einstrahlung und Feuchtigkeit abhängig. Gerade das Wachstum des Schilfes in den Wannern unterschied sich stark von jenem im natürlichen Bestand. Es ist daher nicht möglich, von den gemessenen Verdunstungswerten direkt auf den Wasserverlust des Schilfgürtels zu schließen.

Untersuchungen von Pflanzenphysiologen über die Transpiration des Schilfes gestatten es, den Wasserverbrauch der Schilfpflanzen in den Wannern zu überprüfen. Die Transpiration des Schilfes ist bei gleichen meteorologischen Bedingungen der aktiven Blattfläche proportional. Aus zahlreichen Einzelmessungen der Transpiration mit Hilfe der Schnellwägemethode und einer daraus abgeleiteten Hochrechnung fand Tuschl (17) für 1967 folgende Werte der Transpiration.

Tabelle 41: Transpiration des Schilfes in Litern/m² Boden 1967

| A | M | J | J | A | S |
|----|-----|-----|-----|-----|----|
| 25 | 102 | 250 | 316 | 180 | 95 |

Diesem Ergebnis liegt eine mittlere Halmzahl von 74 pro m² der Bodenfläche und folgende mittlere Blattfläche pro Halm zugrunde:

Tabelle 42: Mittlere Blattfläche des Schilfhalmes in dm²

| A | M | J | J | A | S |
|-----|-----|------|------|-----|-----|
| 1,5 | 5,5 | 10,8 | 12,4 | 8,8 | 7,6 |

Da das Schilf in den Wannen nicht beschädigt werden sollte, konnte die Blattfläche des Wannenschilfes mit Hilfe der Halmzahl und der Pflanzhöhe nur annähernd geschätzt werden.

Wegen des schlechten Wachstums der Pflanzen in der 1967 verwendeten Wanne, aber auch wegen der zu schwachen Konstruktion, soll auf diese Wanne nicht näher eingegangen werden. Die ungefähre Blattfläche betrug für die Schilfwanne 1 1968 für die Monate Juni bis August 300 dm^2 (18).

Da für 1968 keine Transpirationswerte berechnet wurden, mußten jene von 1967 herangezogen werden, was wegen der geringen Unterschiede von Jahr zu Jahr (16) und bei der geringen Genauigkeit dieser Überschlagsrechnungen vertretbar ist. Die auf Grund dieser Angaben durchgeführte Berechnung der Transpiration des Schilfes in der Wanne 1 führt zu folgendem Ergebnis.

| | | |
|-------------|------|------------------------|
| Tabelle 43: | Juni | 94 Liter oder 47 mm |
| | Juli | 107 Liter oder 58,5 mm |
| | Aug. | 91 Liter oder 45,5 mm |

Wenn diese Werte auch nicht genau mit jenen der Tabelle 40 übereinstimmen, so entspricht die mit den Wannen gemessene der von Tuschl berechneten Transpiration relativ gut.

Faßt man die Ergebnisse der einzelnen Wannenmethoden zusammen, so kann man sagen, daß die am Dach installierte Class-A-Wanne Verdunstungswerte liefert, die für die Wasseroberfläche im Schilf nicht repräsentativ sind, aber einen Anschluß an die übrigen im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade am Neusiedlersee errichteten Stationen (19) gestattet. Die schwimmenden Wannen liefern auf Grund der weitgehenden Übereinstimmung der meteorologischen Parameter mit jenen über der Seefläche im Schilf, gute Verdunstungswerte. Inwieweit dies auch auf die gespülte Class-A-Wanne zutrifft, muß noch durch weitere Messungen erhärtet werden.

Die mit bepflanztten Verdunstungswannen gewonnenen Ergebnisse zeigen, daß mit diesem Wannentyp nahe an die natürlichen Verhältnisse herangekommen wird. Eine Extrapolation auf den Schilfgürtel setzt allerdings eine genaue Kenntnis der aktiven Blattfläche des Schilfes voraus.

V. BERECHNUNG DER VERDUNSTUNG UNTER ANWENDUNG DER WÄRMEHAUSHALTSGLEICHUNG

Die Wärme- oder Energiebilanzgleichung wurde von W. Schmidt (20) bereits 1916 zur Berechnung der Verdunstung der Ozeane herangezogen. Der Wärmebilanzgleichung liegt das Gesetz von der Erhaltung der Energie zugrunde. Die Energie, die für Verdunstungsvorgänge verbraucht wird, wird als Restglied der Wärmehaushaltsgleichung bei Kenntnis der übrigen Komponenten berechnet. Bezogen auf die Grenzfläche Boden — Luft lautet sie in ihrer allgemeinen Form:

$$Q + G + H + A + N + V = 0 \quad /7/$$

| | | | |
|-----------|---|-----|---|
| es steht: | Q | für | Strahlungsbilanz kurz- und langwellig |
| | G | | Wärmeumsatz im Boden bzw. im Untergrund |
| | H | | Wärmeaustausch Boden — Luft |
| | A | | Advektierte Energie |
| | N | | Energietransport durch Niederschlag |
| | V | | Verdunstungsenergie |

Die Größe A für die advektierte Energie kann bei genügender Homogenität der Umgebung des Meßplatzes gleich Null gesetzt werden (12). Da der Schilfgürtel aber relativ schmal ist, wird bei stärkerem Wind die von außen zuströmende Luft nicht genügend Zeit haben, eigenständige Vertikalgradienten herzustellen. In solchen Fällen ist durch die Vernachlässigung des Advektionsgliedes A ein verfälschtes Ergebnis zu erwarten. Der Energietransport durch den Niederschlag ist einerseits kaum zu bestimmen und andererseits größtmäßig von untergeordneter Bedeutung. Bei Vernachlässigung der Komponenten A und N reduziert sich die Gleichung 7 auf:

$$Q + G + H + V = 0; V = -(Q + G + H) \quad /8/$$

1) BERECHNUNG DER VERDUNSTUNG AUS DER WÄRMEHAUSHALTSGLEICHUNG UNTER VERWENDUNG DES BOWENS-QUOTIENTEN

In dieser Gleichung /8/ wird die Bowenbeziehung, die das Verhältnis zwischen fühlbarer und latenter Wärme darstellt, eingeführt.

$$B = \frac{H}{V} = \frac{p \cdot c_p}{0,623L} \cdot \frac{T_s - T_L}{E_s - e_L}$$

/9/

Es bedeutet: p Luftdruck in mb
 c_p spec. Wärme der Luft bei konst. Druck
 T_s Oberflächentemperatur
 T_L Lufttemperatur
 E_s Sättigungsdampfdruck bei T_s in mb
 e_L Dampfdruck der Luft mb

Um die Verdunstungsgröße in Form von cm bzw. mm Verdunstungshöhe zu erhalten, wird noch die Beziehung:

$$-V = E \cdot L$$

eingesetzt.

V Verdunstungsenergie in cal/cm²
 L Verdampfungswärme (590 cal/g)
 E Verdunstungshöhe in cm

Die Wärmehaushaltsgleichung ergibt sich somit in der bereits auf Seite 11 erwähnten Form:

$$E = \frac{Q + G}{L \left[1 + \frac{0,61p}{1000} \cdot \frac{T_s - T_L}{E_s - e_L} \right]} \quad \text{in [cm/h]} \quad /10/$$

Die in diesem Rechenansatz erhaltenen Größen wurden folgendermaßen bestimmt:

- Q Die Strahlungsbilanz wird gemessen. Ihr Fehler schwankt bei Stundenwerten zwischen 2 und 5% an schönen bzw. wolkgigen Tagen.
- G Der Wärmeumsatz des Untergrundes während eines bestimmten Zeitraumes entspricht der Wärmeinhaltsänderung zwischen Beginn und Ende des Zeitraumes. Die Wärmeinhaltsänderung des Untergrundes, hier Wasser und Seeboden, wird aus Temperaturmessungen in verschiedenen Tiefen nach der Tautochronenmethode berechnet, auf die im Abschnitt III/6 Seite 105 bereits eingegangen wurde.

Werden alle Wassertemperaturen am Ende oder am Anfang eines Berechnungsintervalles um 0,1 Grad falsch ermittelt, was der Meßgenauigkeit entspricht (Seite 15), so bedeutet das bei der Wärmeinhaltsänderung einen Fehler von etwa 7,5 cal/cm². Bei Berechnung von G für Stundenintervalle kann der Fehler daher über 100% betragen.

Der Faktor 0,61 in der Bownenbeziehung wird als Durchschnittswert von 0,66 und 0,58 angegeben (21).

Der Wert von 0,66 wird von Bowen für jeden Fall angegeben, bei dem sich die Windgeschwindigkeit innerhalb einer dünnen Schichte, die am Boden aufliegt, mit der Höhe nicht ändert. Die Luft an der Obergrenze dieser Schichte ist ruhig oder ganz schwachbewegt. Temperatur und Feuchte im ganzen Luftvolumen der Schichte ändern sich entsprechend jener Temperatur und Feuchte der Luft, die in Berührung mit der verdunstenden Oberfläche ist. Diffusion durch die Obergrenze der Schichte wird nicht angenommen. Der Wert 0,58 gilt für die Annahme, daß über dem Boden eine Schichte ruhiger Luft liegt, während darüber ein starker Wind angenommen wird. Wärme und Wasserdampf, die durch die stationäre Schichte diffundieren, werden sofort abtransportiert. In diesem Fall spielt die Diffusion die Hauptrolle.

p Für den Luftdruck wurden die Tageswerte von Eisenstadt herangezogen, die von 1000 mb nicht stark abwichen, so daß die Größe $p/1000$ meist einen Zahlenwert von 1 hatte.

T_s Die Wasseroberflächentemperatur wurde mit einem schwimmenden Meßfühler bestimmt. Die Meßgenauigkeit betrug ebenfalls 0,1 Grad.

T_L Den gleichen Meßfehler kann man für T_L angeben, die mit einem Thermohygrographen in der Klimahütte bestimmt wurde.

e_L wurde mit Hilfe von T_L und der relativen Feuchte bestimmt. Für die relative Feuchte kann ein Meßfehler von $\pm 2\%$ angegeben werden.

L die Verdampfungswärme, wurde mit 590 cal/g eingesetzt, obwohl sie von der Temperatur abhängig ist. ($L \sim 595,9 - 0,545 T^{\circ}\text{C}$) Der Fehler ist mit $\pm 1\%$ nur gering.

Aus den angegebenen Meßfehlern der einzelnen Komponenten kann sich für die errechneten Verdunstungswerte an einem Strahlungstag zur Mittagszeit ein Fehler von etwa 20% ergeben (bezogen auf einen Stundenwert). Während strahlungsschwächerer Nachtstunden kann sich dieser Fehler bis auf 100% vergrößern, da dann ein Fehler bei der Wärmeinhaltsänderung des Wassers stärker zur Geltung kommt. Auf Grund der geringen absoluten Größe der Verdunstung in dieser Zeit fällt der große relative Fehler nicht zu sehr ins Gewicht.

Außer diesen Fehlern, die durch die Meßgenauigkeit der Instrumente bedingt sind, ergeben sich vor allem bei der Berechnung der Wärmeinhaltsänderung und der komplexen Größe der Bownenbeziehung noch weitere Probleme.

Die Formel zur Berechnung der Wärmeinhaltsänderung wurde bereits auf Seite 105 dargestellt. Ebenso wurde auf die Bedeutung des Pegelstandes für den Wärmeinhalt der Wasserschichte hingewiesen. Da die Bodenbeschaffenheit im Schilfgürtel des Neusiedlersees aber stark unterschiedlich ist, kann man auch den Wert von $0,3 \text{ cal/cm}^3$ für die Volumwärme des Bodens nicht als gesichert ansehen.

Die Wärmeinhaltsänderung in der Haushaltsgleichung bezieht sich auf die am Wärmeumsatz beteiligten Medien. Zu diesen gehört nicht nur das Wasser und der Seeboden, sondern auch der Schilfbestand und die Luftschichte zwischen dem Strahlungsbilanzmesser und der Wasserfläche. Es müßte in G daher auch noch die Wärmeinhaltsänderung des Schilfbestandes miteinbezogen werden. Diese Komponente in G wurde aber vernachlässigt, was nach Messung von Baumgartner (22) sogar in einem dichten Fichtenbestand zulässig erscheint.

Um den möglichen großen Fehler bei der Berechnung der Wärmeinhaltsänderung zu umgehen, bietet sich die Möglichkeit an, größere Zeitintervalle zu wählen, da sich bei gleichem absolutem Fehler von $\pm 7,5 \text{ cal/cm}^2$ der relative Fehler verringert.

Der Bowensquotient, der das Verhältnis zwischen fühlbarer und latenter Wärme angibt, hängt von der Temperaturdifferenz Oberfläche — Luft und vom Sättigungsdefizit ab. Da die Temperatur der sogenannten „Aktiven Oberfläche“, die wegen des Schilfbestandes nicht mit der Wasseroberfläche zusammenfällt, nicht bekannt ist, wurde statt dessen die Wasseroberflächentemperatur herangezogen.

Die Bowenbeziehung „B“ hat im allgemeinen positives Vorzeichen, das nur an schönen Tagen, wenn die Luft wärmer als das Wasser ist, negativ wird. Im Frühling und im Herbst können bei Warmlufteinbrüchen allerdings extrem negative Werte für B auftreten.

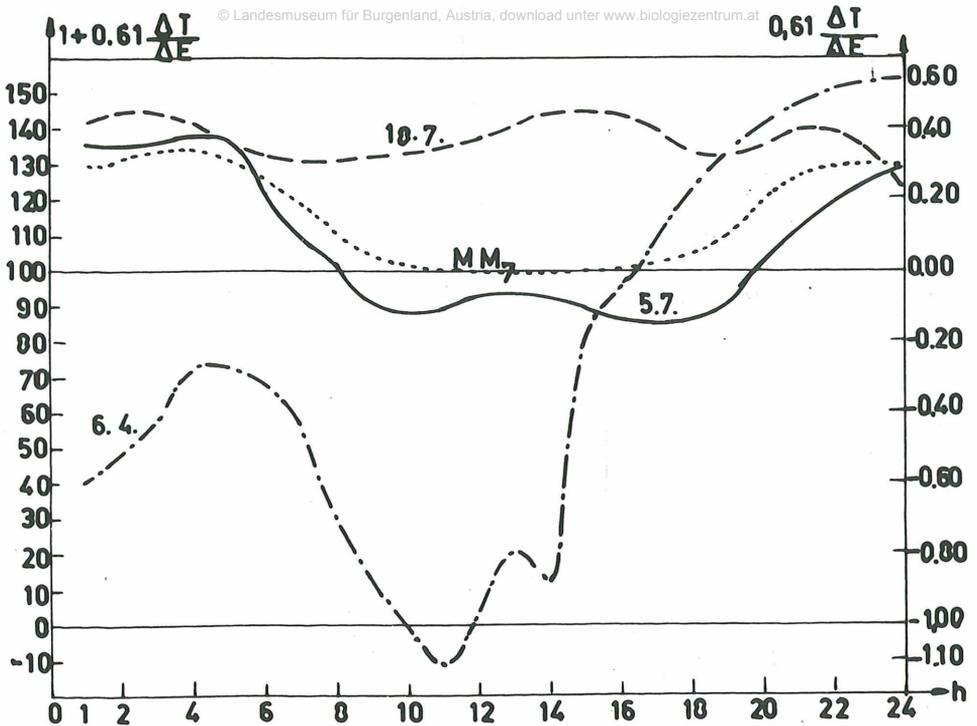


Abbildung 51: Tagesgang der Bowenbeziehung

- a) 6. 4. 1968 heiter (Warmluftadvektion in den Mittagsstunden)
- a) 5. 7. 1968 wolkenlos
- c) 18. 7. 1968 bedeckt
- d) MM₇ ... Monatsstundenmittel Juli 1968

Die Bowenbeziehung zeigt einen deutlichen Tagesgang, der nur an bedeckten Tagen kaum in Erscheinung tritt. Die Kurve vom 6. 4. in der Abb. 51 zeigt infolge zu warmer Luft über kaltem Wasser stark negative Werte, die sogar kurzzeitig kleiner $-1,00$ werden, was in der Haushaltsgleichung zu negativen Werten von E führt, die nicht real sind. Aber bereits negative Werte kleiner $-0,80$ führen, sofern sie untermittags auftreten, zu extrem hohen Werten von E , die ebenfalls nicht stimmen. An Tagen mit Warmlufteinbrüchen und an starken Strahlungstagen gewinnt daher das Berechnungsintervall besondere Bedeutung.

Von den einzelnen Komponenten der Wärmehaushaltsgleichung ergeben sich bei Q nur geringe Schwierigkeiten, während Meßfehler sich bei Bestimmung der Wärmeeinhaltsänderung G bei kurzen Zeiträumen stark auswirken können. Die Bowenbeziehung als Maß für den Wärmeaus-

tausch Oberfläche — Luft führt im Frühling und Herbst, sowie bei starken Warmluft einbrüchen im Sommer zu falschen Ergebnissen der Verdunstungsgröße. Das Problem der Wahl des Berechnungsintervalles soll daher später noch näher untersucht werden (Seite 151).

Ergebnisse der Berechnung:

Mangels geeigneter Werte der Oberflächentemperatur im Jahr 1967 wurde die Wärmehaushaltsgleichung in der angegebenen Form nur für das Jahr 1968 angewendet und auch da nur während des Zeitraumes März bis Ende September, aus dem Registrierungen der Oberflächentemperatur mit den schwimmenden Meßfühlern vorlagen. Berechnet wurde E für jede Stunde des Tages, doch soll auf diese Stundenwerte auf Grund der Fehlermöglichkeiten nicht näher eingegangen werden. In der folgenden Tabelle sind daher nur die Tagessummen der Verdunstung wiedergegeben.

Tabelle 44: Tagessummen der Verdunstung in mm, berechnet aus Stundenwerten. Die in eckigen Klammern befindlichen Werte wurden aus Tagesmittelwerten der einzelnen Komponenten berechnet.

| Tag | M | A | M | J | J | A | S |
|-----|-------|-------|-----|-------|-----|-----|-------|
| 1 | | 3,6 | 5,7 | 5,6 | 7,4 | 6,4 | 4,7 |
| 2 | | 1,9 | 5,8 | 3,7 | 7,7 | 3,7 | 3,6 |
| 3 | | 3,7 | 4,7 | 5,6 | 7,1 | 2,5 | [3,1] |
| 4 | | 3,8 | 5,1 | 6,5 | 6,4 | 5,5 | 5,2 |
| 5 | | 6,0 | 5,6 | 7,1 | 8,5 | 6,0 | 1,4 |
| 6 | | [3,7] | 4,3 | 7,1 | 6,9 | 4,7 | 1,6 |
| 7 | | 2,5 | 2,6 | 5,9 | 6,9 | 0,8 | [4,0] |
| 8 | | 1,8 | 6,1 | 4,5 | 7,0 | 5,6 | 5,8 |
| 9 | | 4,1 | 6,2 | 2,3 | 6,5 | 2,5 | 3,0 |
| 10 | | 4,2 | 6,1 | 3,9 | 6,9 | 4,6 | 5,7 |
| 11 | | 3,4 | 5,7 | (2,9) | 6,7 | 4,0 | 2,2 |
| 12 | | 2,8 | 5,0 | (3,8) | 8,1 | 4,2 | 0,8 |
| 13 | | 2,7 | 3,3 | (6,8) | 5,5 | 5,3 | 4,3 |
| 14 | | 4,3 | 6,8 | (6,7) | 6,2 | 4,9 | 2,8 |
| 15 | | 3,7 | 6,3 | (6,2) | 1,4 | 3,8 | [2,3] |
| 16 | | 3,2 | 5,8 | (4,9) | 7,1 | 5,9 | [1,7] |
| 17 | | 1,4 | 2,0 | — | 1,4 | 6,3 | 3,0 |
| 18 | 4,4 | 4,8 | 6,0 | (6,6) | 1,0 | 2,1 | 1,0 |
| 19 | 4,6 | 4,8 | 4,9 | — | 4,9 | 6,3 | 3,0 |
| 20 | [2,9] | 4,4 | 6,2 | — | 4,9 | 5,4 | 4,5 |
| 21 | [3,7] | 5,0 | 1,8 | (2,2) | 3,0 | 5,3 | [2,9] |

| | | | | | | | |
|----|-----|-------|-------|---------|-------|-------|------|
| 22 | 0,4 | 5,6 | 3,6 | (2,6) | 4,6 | 2,8 | 0,4 |
| 23 | 3,6 | 4,9 | 5,6 | 7,8 | 5,2 | 5,2 | 5,7 |
| 24 | 3,0 | 5,2 | 4,0 | 1,7 | 5,1 | 4,5 | 2,9 |
| 25 | 2,7 | 4,8 | 3,8 | 7,3 | 4,1 | 3,7 | 1,9 |
| 26 | 4,0 | 5,7 | 3,4 | 7,5 | 3,5 | 3,0 | 4,2 |
| 27 | 3,6 | 3,3 | 6,6 | 5,3 | 4,0 | 5,4 | 4,2 |
| 28 | 2,4 | 3,1 | 5,2 | 3,9 | 1,3 | 5,0 | 3,8 |
| 29 | 4,0 | 5,1 | 6,1 | 3,6 | 5,7 | 5,3 | 0,4 |
| 30 | 4,3 | 3,4 | 4,8 | 6,7 | 6,7 | 2,0 | 0,7 |
| 31 | 2,9 | | 4,0 | | 5,0 | 2,5 | |
| S | — | 116,9 | 153,1 | (169,2) | 166,6 | 135,2 | 91,4 |

Sowohl bei den maximalen Tageswerten, als auch in den Monatssummen ist ein deutlicher Jahresgang ersichtlich. Die größten Verdunstungssummen treten im Juni und Juli auf (Der etwas höhere Wert im Juni dürfte nicht zutreffend sein, da in diesem Monat für 123 Stunden, vorwiegend Nachtstunden, keine Werte vorliegen). Die starke Abnahme der Verdunstung vom Juli zum September, die zu jener der Strahlung parallel verläuft, ist auf die geringe Wärmekapazität des Sees zurückzuführen.

Die eckig geklammerten Werte in der Tabelle 44 mußten durch Verwendung von Tageswerten der einzelnen Komponenten der Wärmehaushaltsgleichung errechnet werden, da an diesen Tagen, bedingt durch warme Luft über kaltem Wasser, die Bowensbeziehung zu kleine negative Werte annahm, was wiederum zu extremen Verdunstungswerten führte.

Die Bedeutung des Berechnungsintervalles soll im folgenden näher untersucht werden. Bei der Verdunstungsberechnung für ein Intervall wurden in die Wärmehaushaltsgleichung /10/ die Mittelwerte (aus Werten zu den einzelnen Stunden) bzw. die Summen der einzelnen Komponenten während des Intervalles eingesetzt. Die Tagessumme der Verdunstung ergibt sich aus der Summe der Verdunstungswerte während der einzelnen Zeitabschnitte. Für ein sechsständiges Intervall wurden z. B. die Daten der Stunden 1,2 bis 6 verwendet und die Tagessummen wie folgt zusammengesetzt:

$$E_{\text{Tag}} = E_{1-6} + E_{7-12} + E_{13-18} + E_{19-24}$$

Tabelle 45: Tagessummen der Verdunstung in mm, berechnet aus verschiedenen Intervallen, für drei heitere und drei bedeckte Tage.
n - stündige Berechnungsintervalle

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 24 | |
|--------|------|-------|-------|------|------|-----|-----|-----|---------|
| 6. 4. | 45,1 | 102,9 | 029,3 | 98,8 | 19,7 | 8,7 | 6,7 | 3,7 | |
| 5. 7. | 8,5 | 8,5 | 8,8 | 8,5 | 8,5 | 8,3 | 7,6 | 7,4 | heiter |
| 27. 9. | 4,2 | 4,3 | 4,1 | 4,7 | 4,0 | 4,7 | 3,0 | 3,0 | |
| 17. 5. | 2,0 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | |
| 18. 7. | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,1 | 1,0 | 1,2 | 1,1 | 1,1 | bedeckt |
| 29. 9. | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | |

Die Tagessummen der Verdunstung am 6. 4. (Tab. 45) zeigen, bedingt durch den starken Tagesgang der Bowenbeziehung (Abbildung 51), extreme Unterschiede. Die geringen Werte der Größe $1 + 0,61 \Delta T / \Delta E$ in den Mittagsstunden führen zu sehr großen Verdunstungswerten während dieser Zeit. Beim 3-stündigen Berechnungsintervall kommt der negative Wert von $1 + 0,6 \Delta T / \Delta E$ um 11 h sogar noch in der Tagessumme stark zum Ausdruck. Annehmbare Werte der Verdunstung werden an diesem Tag erst bei Berechnungszeiträumen erreicht, die größer sind als 6 Stunden. Welcher Wert dem tatsächlichen am nächsten kommt, läßt sich kaum sagen (die Class-A-Wanne verdunstete an diesem Tag 8,2 mm).

Am 5. 7. (Tab. 45) unterscheiden sich die Tagessummen aus 1—6-stündigen Berechnungen kaum, nehmen aber von den 8—12-stündigen Intervallen an ab. Die aus den Tagesmittelwerten der einzelnen Größen berechnete Verdunstung liegt an diesem Tag um 13 % unter jener, die sich aus der Summe der Stundenwerte von E ergibt. Ähnlich sind die Verhältnisse am 27. 9. (Tab. 45), die Differenz zwischen Tageswert und Stunden-summe macht jedoch 29 % aus.

An bedeckten Tagen sind die Unterschiede der Tagessummen aus verschiedenen Berechnungsintervallen geringer. Lediglich am 29. 9. (Tab. 45) beträgt der Tageswert nur ein Viertel der 1-stündigen Tagessumme. Da der Absolutbetrag jedoch klein ist, kann hier ein großer Fehler vermutet werden.

Auf Grund der Ergebnisse in Tabelle 45 scheint ein Berechnungszeitraum für die Wärmehaushaltsgleichung von 6 Stunden am günstigsten zu sein, da einerseits auf die unterschiedlichen Verhältnisse im Tagesablauf noch eingegangen wird, andererseits aber die relativen Fehler, bedingt durch die Meßfehler, klein gehalten werden können. Ebenso werden durch die sechsstündigen Mittel kurzzeitige und lokale Abweichungen der Temperaturen und der Feuchte ausgeglichen. An extremen Tagen, wie

z. B. dem 6. 4.. lassen sich jedoch auch mit sechsstündigen Intervallen noch kein befriedigenden Ergebnisse erzielen.

Um zu sehen, inwieweit für Überschlagsrechnungen Tageswerte der Einzelgrößen herangezogen werden können, wurde für den Juli 1968 die Verdunstung auch auf diese Art berechnet (Tab. 46).

Tabelle 46: Tageswerte der Verdunstung in mm für den Juli 1968; berechnet aus Tagessummen bzw. aus Tagesmitteln der einzelnen Komponenten der Wärmehaushaltsgleichung.

| Tag | Emm | Tag | E | Tag | E |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1 | 6,7 | 11 | 5,5 | 21 | 4,4 |
| 2 | 6,7 | 12 | 7,6 | 22 | 3,6 |
| 3 | 6,3 | 13 | 4,8 | 23 | 4,2 |
| 4 | 5,9 | 14 | 5,4 | 24 | 3,8 |
| 5 | 7,4 | 15 | 1,4 | 25 | 3,6 |
| 6 | 5,8 | 16 | 6,1 | 26 | 2,3 |
| 7 | 6,4 | 17 | 1,5 | 27 | 3,9 |
| 8 | 6,5 | 18 | 1,1 | 28 | 0,8 |
| 9 | 6,1 | 19 | 4,1 | 29 | 4,8 |
| 10 | 6,7 | 20 | 4,5 | 30 | 5,9 |
| | | | | 31 | 4,7 |
| Monatssumme | | | | | 148,7 |

Das Ergebnis der Monatssumme von 148,7 mm liegt um 11% unter jenem das in Tabelle 44 für den Juli angegeben wird. Diese Abweichung kann man, angesichts der allgemeinen Genauigkeit und des wesentlich geringeren Rechenaufwandes, als gering bezeichnen, so daß es für Überschlagsrechnungen zulässig erscheint, die Verdunstung auf diese Weise zu berechnen.

Da in Rust über einem Schilfbestand gemessen wurde und die Temperatur der sogenannten „Aktiven Oberfläche“ nicht bekannt war, wurden, wie schon erwähnt, für alle vorangegangenen Berechnungen der Bowenbeziehung die Wasseroberflächentemperatur, sowie für die Lufttemperatur und Feuchte die Werte aus der Klimahütte verwendet. Die Entfernung zwischen Hütte und Oberflächentemperaturmeßstelle war jedoch beträchtlich, so daß versucht werden soll, ob die in der unmittelbaren Nähe des Wasseroberflächentemperaturfühlers gemessenen Werte der Lufttemperatur und der Feuchte, die, wie auf Seite 61 gezeigt wird, einen anderen Tagesgang aufweisen, zu anderen Verdunstungsergebnissen führen.

Tabelle 47: Stundenwerte der Verdunstung in mm · 10⁻¹ am 5. 7. 68

a) Bowenbeziehung berechnet mit T_S, T_L, e_L (Hütte)

b) Bowenbeziehung berechnet mit T_S, T_{15cm}, e_{15cm}

| Zeit | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Tagessumme | |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|-----|
| a | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 5 | 7 | 9 | 9 | 10 | | |
| b | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 4 | 5 | 7 | 9 | 9 | 10 | | |
| | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | |
| a | 10 | 10 | 8 | 6 | 5 | 2 | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | | 8,5 |
| b | 10 | 10 | 8 | 6 | 5 | 2 | 1 | 0 | -1 | 0 | -1 | 0 | | 8,5 |

Wie aus dieser Tabelle ersichtlich ist, stimmen alle einzelnen Werte genau überein. Daraus kann man ersehen, daß man durch die Verwendung der relativ leicht erhältlichen Hüttentemperatur und -feuchte bei der Verdunstungsberechnung keinen oder nur einen ganz minimalen Fehler begeht, auch wenn die Meßstellen für die Strahlungsbilanz und für die Wassertemperatur etwas voneinander entfernt sind.

Weiters wurde der Versuch gemacht, für die Temperatur der „Aktiven Oberfläche“ jene der ausstrahlenden Fläche einzusetzen. Auf Grund der Bauart des Strahlungsbilanzmessers war es möglich, mit Hilfe der Formel

$$SB_U = \epsilon \sigma T_o^4 + k.Rstr. - \sigma T_{SB}^4 \quad /11/$$

T_o ... Temperatur der ausstrahlenden Fläche

SB_U ... Kurz- und langwellige Strahlungsbilanz nach unten

k.Rstr. ... Kurzwellige Rückstrahlung

T_{SB} ... Temperatur des Bilanzmessers

$$\sigma = 4.939 \cdot 10^{-9} \text{ cal cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{grad}^{-4}$$

die Temperatur T_A der ausstrahlenden Fläche zu berechnen. (Das Emissionsvermögen des Untergrundes wurde entsprechend dem eines Schwarzsstrahlers gleich 1 gesetzt, da das Wasser, ε = 0,95, gegenüber dem Schilf nur zu geringem Teil an der Ausstrahlung beteiligt ist.) In der Bowenbeziehung wurde die Oberflächentemperatur des Wassers durch T_A ersetzt und auch für die Lufttemperatur und Feuchte wurden die Werte eingesetzt, die in 1 m über dem Wasser im Schilfbestand gemessen wurden. Für die ausstrahlende Oberfläche war ein tatsächlicher Dampfdruck nicht bekannt, so daß der Sättigungsdampfdruck E_A bei der Temperatur T_A herangezogen wurde, um den Bowensquotienten zu berechnen.

Tabelle 48: Stundenwerte der Bowenbeziehung $B = 0,61$

für den 5. 7. 1968

| | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|
| Zeit 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 h | |
| B | 0,26 | -0,05 | 0,00 | 0,07 | 5,5 | 2,4 | 2,6 | 10,7 | -3,4 | -2,2 | -0,92 | -0,57 |
| Zeit 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 h | |
| B | -0,49 | -0,52 | -0,36 | -0,29 | -0,18 | -0,15 | -0,08 | 0,07 | 0,18 | 0,11 | 0,15 | 0,12 |

Die stark positiven Werte der Bowensbeziehung in der Tabelle 48 in den frühen Morgenstunden sind nicht auf seine positive Differenz $T_A - T_{1m}$ zurückzuführen, sondern auf ein negatives Vorzeichen bei ΔT und bei Δe . Das bedeutet, daß der tatsächliche Dampfdruck über dem Sättigungsdampfdruck bei T_A liegt.

Die extremen Werte von B sind darauf zurückzuführen, daß die berechnete Temperatur der ausstrahlenden Fläche im Vergleich zur Lufttemperatur wesentlich zu tief liegt, wodurch selbst an einem Strahlungstag wie dem 5. 7. 1968 der Effekt eines starken Warmlufteinbruches entsteht. Die Temperatur der ausstrahlenden Fläche stimmt also in keiner Weise mit jener der „Aktiven Oberfläche“ überein und kann daher nicht verwendet werden.

Zusammenfassend kann zu diesem Abschnitt gesagt werden: Mit der Anwendung der Wärmehaushaltsgleichung auf Verdunstungsbestimmungen lassen sich annehmbare Werte erhalten. Von großer Bedeutung ist dabei die Wahl des Berechnungsintervalles: Ist es zu kurz, kann der Meßfehler relativ groß sein, wählt man hingegen zu große Zeiträume, führt dies zu geringeren Verdunstungswerten. Am günstigsten scheint ein Berechnungsintervall von sechs Stunden zu sein.

An Tagen mit Warmlufteinbrüchen, insbesondere im Frühling und Herbst, führt die Berechnungsart der Bowenbeziehung leicht zu falschen Ergebnissen. Auf solche Tage sollte die Wärmebilanzgleichung in dieser Form nicht angewendet werden.

2. BERECHNUNG DER VERDUNSTUNG AUS DER WÄRMEHAUSHALTSGLEICHUNG UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DES WINDEINFLUSSES

Die Verdunstungsergebnisse mit der Wärmehaushaltsgleichung nach /10/ sind, wie gezeigt wurde, stark von der Größe der Bowenbeziehung abhängig. Die zur Berechnung der Bowenbeziehung notwendige Oberflächentemperatur läßt sich aber über einem Bestand nur schwer bestimm-

men. Weiters ist der für die Verdunstung nicht zu vernachlässigende Einfluß des Windes in der Gleichung /10/ nur in den Gefällen der Temperatur und des Dampfdruckes implizit enthalten.

Eine Möglichkeit, die Oberflächentemperatur zu umgehen und den Windeinfluß zu berücksichtigen, bietet die Wärmehaushaltsgleichung in der Form von G. Hofmann (23):

$$E = \omega_s (Q + G) + \omega_v \alpha_L (1-f) \quad [\text{mm/h}] /12/$$

es stellt dar: E Verdunstung
 Q Strahlungsbilanz (lang- und kurzweilig)
 G Wärmeumsatz im Untergrund
 ω_s, ω_v temperaturabhängiger Koeffizient
 α_L Wärmeübergangszahl
 f relative Feuchte

Hofmann setzt in dieser Formel die Verdunstung aus zwei Komponenten zusammen: dem Strahlungsanteil und dem Ventilations- und Feuchteanteil.

Q und G entsprechen den gleichen Größen wie im vorangegangenen Abschnitt.

ω_s und ω_v sind temperaturabhängige Koeffizienten und es gilt für sie im Bereich von -10 bis $+30$ Grad folgende Beziehung:

$$\omega_s = 0,0076 + 0,002 T_L$$

$$\omega_v = 0,092 + 0,0048 T_L$$

Für T_L und die relative Feuchte f wurden die Daten aus der Klimahütte herangezogen.

Bei der Berechnung des Ventilations- und Feuchtegliedes der Hofmannformel ist die Bestimmung von α_L am schwierigsten. Die Wärmeübergangszahl α_L [$\text{cal cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ grad}^{-1}$] gibt jene Wärmemenge an, die in der Flächen- und Zeiteinheit bei einem Grad Temperaturdifferenz zwischen Oberfläche und Luft umgesetzt wird. Es gibt verschiedene Arten, um die Wärmeübergangszahl zu bestimmen.

Nach Berz (24) kann sie berechnet werden: unter www.biologiezentrum.at

als 1) linear von der Windgeschwindigkeit in der Höhe z abhängige Größe entsprechend der Formel

$$\alpha_{L1} = \frac{\rho \cdot c_p \cdot k^2}{\left(1 + \frac{z+z_0}{z_0}\right)^2} \cdot u \quad /13/$$

- ρ Dichte der Luft ($1,3 \cdot 10^{-3} \text{ g/cm}^3$)
- c_p spez. Wärme der Luft bei konstantem Druck ($0,241 \text{ cal grad}^{-1}\text{g}^{-1}$)
- k Kärman Konstante (0,40)
- u Windgeschwindigkeit in der Höhe z
- z_0 Rauigkeitsparameter

als 2) Verhältnis der Energieumsätze und der Differenz der äquivalentpotentiellen Temperaturen von Oberfläche und Luft, entsprechend der Formel

$$\alpha_{L2} = \frac{Q + G}{\theta_{\text{äs}} - \theta_{\text{äL}}} \quad /14/$$

- Q gesamte Strahlungsbilanz
- G Wärmeumsatz im Untergrund
- $\theta_{\text{äs}}$ äquivalentpotentielle Temperatur der Oberfläche
- $\theta_{\text{äL}}$ äquivalentpotentielle Temperatur der Luft

als 3) das Verhältnis des fühlbaren Wärmestromes und der Differenz der potentiellen Temperaturen von Oberfläche und Luft entsprechend der Formel

$$\alpha_{L3} = \frac{H}{\theta_L - \theta_0} \quad /15/$$

- L Strom fühlbarer Wärme
- θ_L Potentielle Temperatur der Luft
- θ_0 Potentielle Temperatur der Oberfläche

als 4) exponentiell von der Windgeschwindigkeit abhängige Größe entsprechend der Gleichung

$$\alpha_{L4} = C_1 \cdot U^{C_2} \quad /16/$$

- U Windgeschwindigkeit
- C_1, C_2 Konstante

a) Berechnung der Wärmeübergangszahl mit Hilfe der Windgeschwindigkeit und der Rauigkeitshöhe nach Gleichung /13/

In der Gleichung /13/ ist α_L linear von der Windgeschwindigkeit abhängig. Diese Formel zur Berechnung der Wärmeübergangszahl gilt streng nur für adiabetische Verhältnisse, da nur dann der Austauschkoefizient linear von der Höhe abhängt und auch nur dann das logarithmische Windprofil gilt.

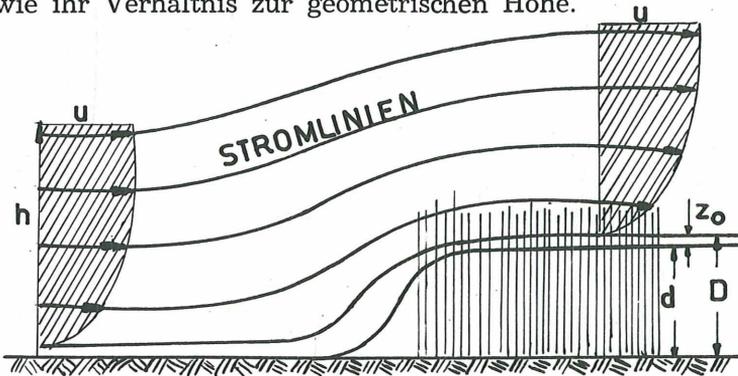
Die Rauigkeitshöhe z_0 , die die einzige Unbekannte in dieser Gleichung darstellt, wurde mit Hilfe der folgenden Formel nach Konstantinov (4) aus dem gemessenen Windprofil berechnet:

$$\frac{u_3 - u_2}{u_3 - u_1} = \frac{\ln \frac{z_3 - d}{z_2 - d}}{\ln \frac{z_3 - d}{z_1 - d}} \quad /17/$$

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{\ln \frac{z_1 - d}{z_0}}{\ln \frac{z_2 - d}{z_0}} \quad /18/$$

In diesen Gleichungen ist u_1, u_2, u_3 die Windgeschwindigkeit in den Höhen z_1, z_2, z_3 . „d“ ist die aerodynamische effektive Höhe über dem Boden, die als Nullpunktverschiebung bezeichnet wird. (In der englischen Literatur „displacement layer“.)

Die folgende Abbildung 52 veranschaulicht das Verhältnis von z_0 und d , sowie ihr Verhältnis zur geometrischen Höhe.



BESTAND

Abbildung 52: Darstellung der geometrischen zu der aerodynamischen Höhen z_0 und d und D (Verdrängungshöhe)

Die Nullpunktverschiebung d wurde für die Tage, für die die Wärmehaushaltsgleichung im vorangegangenen Abschnitt näher untersucht wurde, stundenweise berechnet (Abb. 53). Dazu wurde die Windregistrierung der Höhen 225 cm, 375 cm und 525 cm herangezogen. Da die Ansprechgeschwindigkeit der Anemometer etwa 50 cm/s beträgt, wurden entsprechend windschwache Stunden nicht berücksichtigt.

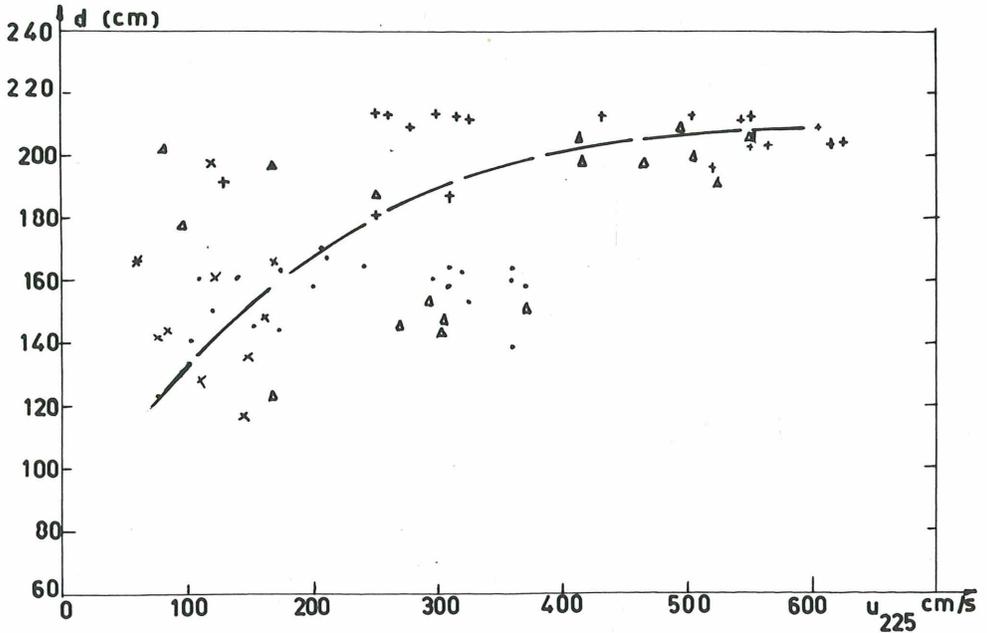


Abbildung 53: Nullpunktverschiebung d in cm in Abhängigkeit von u_1 (225 cm Höhe) in cm/s.

Trotz der relativ geringen Zahl von Werten und der erheblichen Streuung, läßt sich eine Zunahme von d mit der Windgeschwindigkeit erkennen. Dieses Ergebnis steht in Widerspruch mit jenem Konstantinovs (4) und auch jenem von Tajchmann (25). Bei beiden nimmt d , über Wald bestimmt, mit zunehmender Windgeschwindigkeit ab. Daß dies bei Schilf nicht so ist, könnte dahingehend erklärt werden, daß sich bei starkem Wind das Schilf elastisch verhält und hin und her schwankt, wodurch die turbulente Schicht höher reicht. Bei einem dichten Waldbestand kann man diese Elastizität nicht annehmen.

Für die Rauigkeitshöhe z_0 , berechnet nach der Gleichung /18/, bedeutet das Verhalten von „ d “ eine Abnahme mit zunehmender Windgeschwindigkeit. Um eine zu große Streuung zu vermeiden, wurden die in der Abbildung 54, die aus Tagesmitteln der Windgeschwindigkeit berechneten Werte von z_0 gegen die Windgeschwindigkeit aufgetragen.

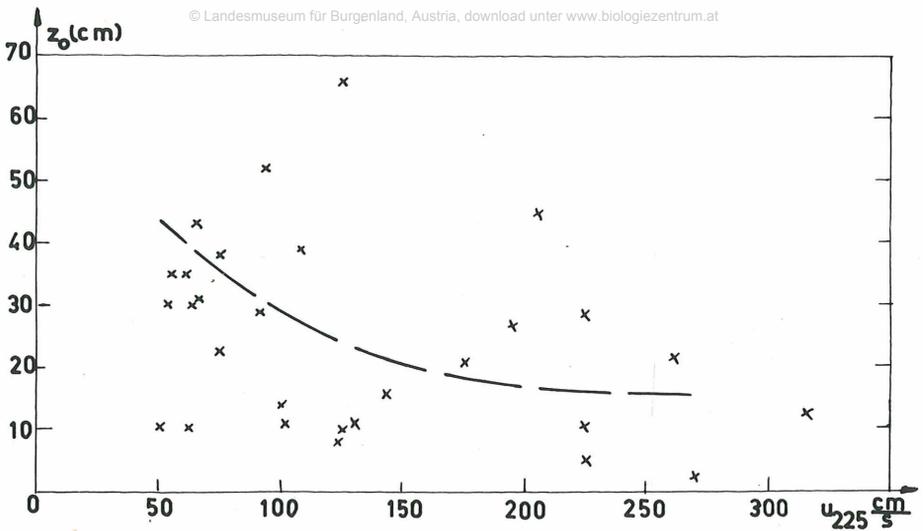


Abbildung 54: Rauigkeitshöhe z_0 in cm, in der Abhängigkeit von u_{225} aus Tagesmittelwerten.

Trotz der auch hier vorhandenen Streuung und der geringen Zahl von Punkten ist eine Abnahme von z_0 mit zunehmender Windgeschwindigkeit zu erkennen.

Um die Auswirkungen der Schwankungsbreite von z_0 auf α_L zu untersuchen, wurden für den 5. 7. und den 12. 7. 1968 die Wärmeübergangszahlen (Tabelle 49) für jene Stunden berechnet, an denen u_1 über 50 cm/s lag. Beide Tage waren wolkenlos, der 5. 7. schwach und der 12. 7. stark windig. Es wurde z_0 aus einem mittleren d berechnet, das der Kurve in Abbildung 53 entnommen wurde.

Tabelle 49: Die Wärmeübergangszahlen α_L [cal/cm² h grad] für den 5. 7. und 12. 7. 1968 sowie die Windgeschwindigkeit u_1 [cm/s]

| Stunden | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| u_1 | | | | | | | | | 61 | 75 | 111 |
| 5. 7. | | | | | | | | | 1,78 | 2,00 | 2,08 |
| u_1 | 97 | 81 | 167 | 414 | 550 | 522 | 494 | 505 | 464 | 416 | 369 |
| 12. 7. | 9,49 | 3,92 | 3,91 | 1,59 | 1,28 | 1,69 | 2,15 | 2,19 | 2,23 | 3,05 | 2,62 |

| Stunden | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|----|----|----|----|-------------|
| u ₁ | 169 | 119 | 158 | 147 | 144 | 122 | 83 | | | | | | |
| 5. 7. | 3,41 | 2,53 | 2,84 | 2,64 | 2,59 | 3,22 | 3,24 | | | | | | u < 50 cm/s |
| u ₁ | 400 | 355 | 294 | 308 | 302 | 269 | 250 | 164 | | | | | |
| 12. 7. | 2,27 | 2,46 | 3,96 | 3,48 | 2,14 | 1,89 | 5,90 | — | | | | | u < 50 cm/s |

Für den 5. 7. erhält man Werte von α_L , die größenordnungsmäßig gut mit den Angaben von Geiger (12) und Berz (24) übereinstimmen. Zunehmende Windgeschwindigkeit führt zu erhöhten Werten der Wärmeübergangszahlen.

Am stark windigen 12. 7., an dem sich die mittleren Werte von d kaum von den berechneten unterscheiden, erhält man ein extrem kleines z_0 (ca. 0,1—1,0 cm).

Dies führt in der Gleichung /14/ zu einem großen Wert im Nenner, sodaß trotz eines hohen Betrages von u im Zähler α_L klein wird. Dies steht im Widerspruch zu den Ergebnissen am 5. 7., an dem mit stärkerem Wind auch der Ventilationseinfluß stärker wird.

Die von Konstantinov angegebene Berechnungsmethode von d und z_0 führt, wie gezeigt, zu sehr starken Schwankungen dieser beiden Größen, was sich natürlich auch auf die Wärmeübergangszahl auswirkt.

Die starken Schwankungen bleiben, wie schon Abbildung 54 zeigte, auch noch bei Tagesmittelwerten erhalten. Für den Juli 68 wurde das Ventilations- und Feuchteglied der Hofmannformel mit α_L -Werten berechnet, denen die in Abbildung 54 eingetragenen z_0 -Werte zugrunde liegen. Wenn auch an einigen Tagen das Ergebnis gut mit den nach der Wärmehaushaltsgleichung in der Form /10/ berechneten Werten übereinstimmt, so beträgt es an manchen Tagen ein Vielfaches davon.

Bei den oben angeführten Berechnungen beträgt der Ventilationsanteil an der Monatssumme 65% (162 von 270 mm). Eine Diskussion der auf verschiedenen Wegen erhaltenen Verdunstungswerten folgt zusammenfassend später in Abschnitt VII.

Die Berechnung der Wärmeübergangszahl mit Hilfe der Windgeschwindigkeit, dem z_0 und d , wobei diese beiden Parameter nach einem Ansatz von Konstantinov bestimmt wurden, führt zu keinen befriedigenden Werten für α_L .

Eine wesentlich einfachere Methode zur Berechnung der Rauigkeitshöhe gibt Saposhnikowa (26) an:

$$\ln D = \frac{u_2 \ln z_1 - u_1 \ln z_2}{u_2 - u_1} \quad /19/$$

Unter adiabatischen Verhältnissen kann diese Gleichung für ebene, gleichmäßige Oberflächen angewandt werden. Die Rauigkeitshöhe, von der an sich die Windgeschwindigkeit logarithmisch mit der Höhe ändert, hängt dann nur von der Oberflächenbeschaffenheit ab.

Da in der Gleichung Saposhnikowas /19/ das D aus den Größen $d+z_0$ (Verdrängungshöhe und Rauigkeitsparameter) zusammengesetzt ist, kann D nicht mit z_0 oder d bedeutungsmäßig gleichgesetzt werden.

Der Vorteil der Gleichung /19/ liegt darin, daß D auch graphisch bestimmt werden kann, hingegen d und z_0 bei Konstantinow erst über ein Iterationsverfahren.

Da D bei dieser Formel lediglich aus Windmessungen in zwei Höhen bestimmt wird, erhält man, je nach Wahl der Meßniveaus, unterschiedliche Werte für D . Bestimmt man D aus der Windgeschwindigkeit in den Höhen 225 cm und 375 cm, so erhält man Werte, die etwa doppelt so groß sind wie jene, die sich aus der Windgeschwindigkeit in 375 cm und 825 cm ergeben.

Da die stärkste Krümmung des Windprofils innerhalb der untersten Schichten anzutreffen ist, wurde D für die weiteren Untersuchungen aus den Windmessungen in den unteren zwei Niveaus bestimmt. Nie Resultate zeigt die Abbildung 55.

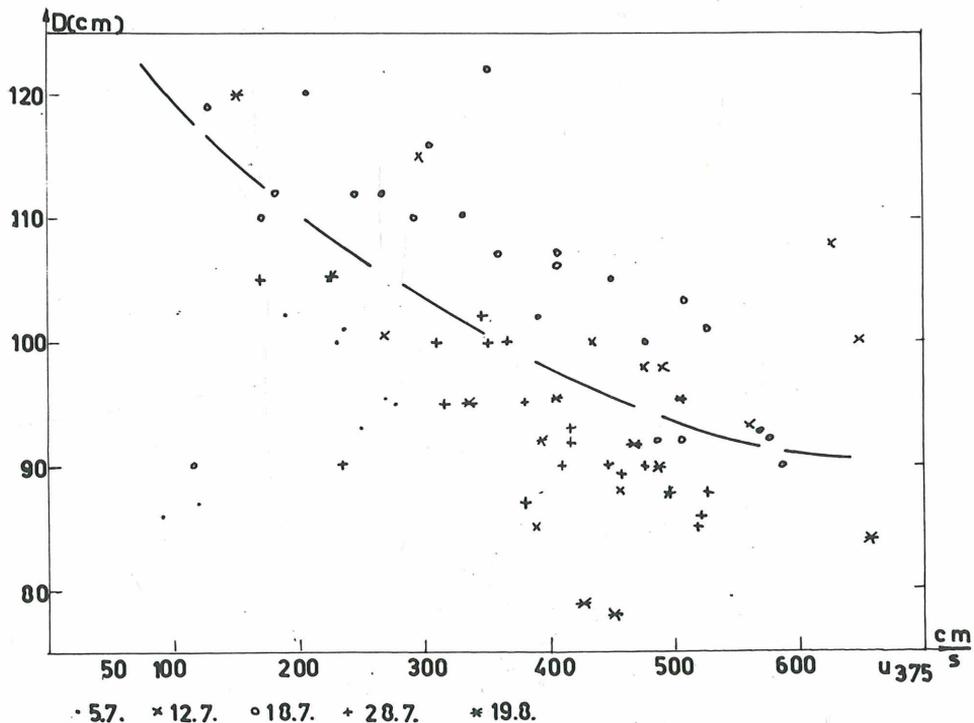


Abbildung 55: Abhängigkeit der Verdrängungsschicht D von der Windgeschwindigkeit in 375 cm

In Abbildung 55 sind die Stundenwerte von D für einige Tage des Juli 1968 dargestellt. Zu dieser Zeit hat das Schilf seine volle Höhe bereits erreicht.

Berechnungen von D für einige Tage im April und Mai zeigen wesentlich geringere Werte für D bei niedrigerem Bestand

(z. B. im Mittel: 56 cm bei einer Höhe des Schilfes von 20 cm im April
88 cm bei einer Höhe des Schilfes von 100 cm im Mai
102 cm bei einer Höhe des Schilfes von 225 cm im Juli)

Es wurden die selben Tage im Juli 1968 zur Berechnung herangezogen, die schon in den vorangegangenen Kapiteln herangezogen wurden.

Obwohl die Verdrängungsschicht D in der Abbildung 55 stark streut, ist immerhin eine Abnahme von D mit zunehmender Windgeschwindigkeit zu erkennen.

Setzt man $D = z_0$, obwohl $D \gg z_0$ ist, und berechnet ein α_L , dann zeigt die Tabelle 50, daß α_L mit zunehmender Windgeschwindigkeit größer wird. Das bedeutet, daß bei stärkerem Wind der Ventilationseinfluß auf die Verdunstung größer wird.

Tabelle 50: α_L und u_2 am 5. 7., 12. 7. und 18. 7. 1968

| h | α_L [cal/cm ² h grad] | | | | | |
|----|---|-------|------------|-------|------------|-------|
| | u_2 [cm/s] | | | | | |
| | 5. 7. | | 12. 7. | | 18. 7. | |
| | α_L | u_2 | α_L | u_2 | α_L | u_2 |
| 1 | | | 19,0 | 193 | 7,8 | 115 |
| 2 | | | 17,8 | 168 | 11,4 | 128 |
| 3 | | | 25,3 | 294 | 15,2 | 179 |
| 4 | | | 56,9 | 705 | 13,7 | 168 |
| 5 | | | 72,0 | 917 | 18,3 | 203 |
| 6 | | | 53,8 | 795 | 22,8 | 267 |
| 7 | | | 64,1 | 825 | 20,8 | 243 |
| 8 | | | 65,8 | 845 | 26,1 | 302 |
| 9 | 5,9 | 89 | 61,5 | 780 | 26,8 | 328 |
| 10 | 7,8 | 118 | 66,5 | 744 | 23,8 | 290 |
| 11 | 14,2 | 187 | 50,2 | 622 | 31,5 | 347 |
| 12 | 17,3 | 274 | 47,8 | 646 | 28,2 | 357 |
| 13 | 18,1 | 268 | 43,4 | 560 | 31,4 | 403 |
| 14 | 18,1 | 249 | 29,9 | 456 | 30,9 | 389 |
| 15 | 17,2 | 250 | 35,2 | 490 | 35,2 | 476 |
| 16 | 17,6 | 235 | 34,8 | 477 | 35,0 | 506 |
| 17 | 21,5 | 224 | 32,0 | 434 | 33,5 | 484 |
| 18 | 14,6 | 157 | 29,1 | 384 | 39,6 | 504 |

| | | | | | | |
|----------|------|-----|-------|------|-------|-----|
| 19 | 11,7 | 120 | 19,9 | 267 | 38,6 | 522 |
| 20 | | | 7,1 | 79 | 39,8 | 575 |
| 21 | | | 5,6 | 62 | 38,2 | 567 |
| 22 | | | 5,2 | 53 | 39,5 | 585 |
| 23 | | | (4,5) | (49) | 31,8 | 403 |
| 24 | | | (4,2) | (46) | 34,6 | 445 |
| Summe | | | | | | |
| (Mittel) | | | 851,6 | 454 | 674,4 | 367 |

Aus der Tabelle 50 ist ersichtlich, daß α_L mit zunehmendem Wind stets größer wird. Ein bei zunehmender Windgeschwindigkeit abnehmendes D wirkt auf Grund der Formel /13/ einer Zunahme von α_L mit zunehmender Windgeschwindigkeit entgegen. D nimmt jedoch nie Werte an, die dazu führen, daß, wie bei z_0 , Wärmeübergangszahlen erhalten werden, die bei höherem Wind geringer sind.

Vergleicht man nun die so erhaltenen Werte der Wärmeübergangszahlen mit den Angaben von Geiger (12) und Berz (24), so erkennt man, daß sie um eine Zehner-Potenz zu hoch sind. Zu dem selben Schluß kommt man auch, wenn man das Ventilationsglied der Hofmannformel mit diesen α_L Werten berechnet.

Diese zur Berechnung von z_0 bzw. D angegebene Formel /12/ kann daher zur Bestimmung von α_L nach der Formel /13/ nicht herangezogen werden, es sei denn, man benützt sie als Ausgangspunkt für eine empirische Gleichung, um α_L zu bestimmen. Zum Beispiel in der Form:

$$\alpha_L = X \frac{k^2 c_p u_2}{z-D} \left(\ln \frac{z-D}{D} \right)^2 \quad /20/$$

Wobei X eine empirische Konstante ist.

Für X wurde 10^{-1} eingesetzt und so ein α_L berechnet. Der mit diesen Wärmeübergangswerten bestimmte Ventilations- und Feuchteanteil beträgt im Juli 1968 40% der Gesamtverdunstung (73 von 181 mm).

b) Berechnung der Wärmeübergangszahl mit Hilfe der äquivalentpotentiellen, bzw. der potentiellen Temperatur.

Die Gleichung /14/ bestimmt die Wärmeübergangszahl aus dem Verhältnis der Energieumsätze und der Differenz der äquivalentpotentiellen Temperaturen von Oberfläche und Luft. Die äquivalentpotentielle Temperatur ist jene Temperatur, die ein Luftkörper annehmen würde, ver-

setzte man ihn von einem Druckniveau adiabatisch in das Niveau des Normaldruckes, und dabei würde auch noch die gesamte im Wasserdampf enthaltene latente Wärme zur Temperaturerhöhung herangezogen. Die äquivalentpotentielle Temperatur läßt sich nach der Gleichung

$$\theta_{\text{ä}} = \theta + \frac{0,623 r}{p c_p} \cdot e \quad /21/$$

bestimmen. Es stellen dar:

- $\theta_{\text{ä}}$ äquivalentpotentielle Temperatur
- θ potentielle Temperatur
- r Verdampfungswärme
- p Druck
- c_p spezifische Wärme bei konstantem Druck
- e Dampfdruck

Da zur Berechnung der äquivalentpotentiellen Temperatur die Kenntnis der Oberflächentemperatur notwendig ist, soll diese Formel zur Bestimmung von α_L nicht direkt angewendet werden. Durch eine Gegenüberstellung der mit obigen Formel erhaltenen Werte der Wärmeübergangszahl mit der Windgeschwindigkeit soll eine Beziehung von α_L zu u gefunden werden. Diese Beziehung soll von der Art $\alpha_L = C_1 u^{C_2}$ sein (Berz 24).

In der Abbildung 56 sind die Werte von α_L (Stundenwerte) vom 15. 5., 5. 7., 12. 7., 18. 7., 27. 9. und 29. 9. 1968 gegen die Windgeschwindigkeit in 372 cm Höhe aufgetragen. Die Werte, bei denen $(Q+G) > 3 \text{ cal/cm}^2\text{h}$ und $(\theta_{\text{äs}} - \theta_{\text{äL}}) < 0,5^\circ$ sind, wurden nicht berücksichtigt.

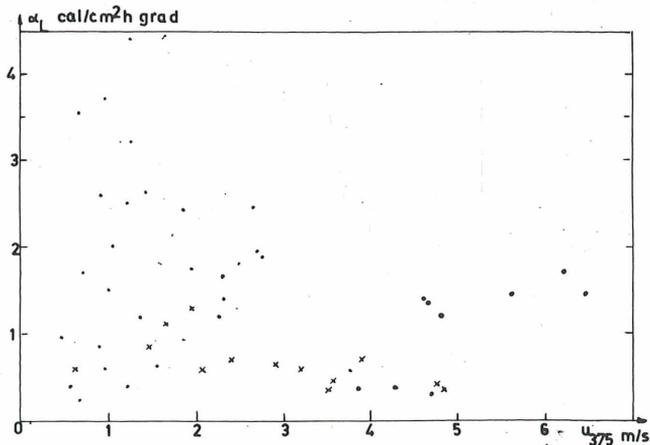


Abbildung 56: Abhängigkeit der Wärmeübergangszahl α_L [cal/cm² h grad] von der Windgeschwindigkeit in 375 cm Höhe m/s

Die Streuung der Werte ist sowohl an heiteren Tagen, als auch an bedeckten Tagen so groß, daß man keine Beziehung von α_L zu u_{375} erkennen kann. /15/

Mit der gleichen Zielsetzung, einer Beziehung zwischen α_L zu u , wurde die Wärmeübergangszahl aus der Gleichung

$$\alpha_{L,3} = \frac{H}{\theta_0 - \theta_L} \quad /15/$$

berechnet.

Die im Nenner stehende Differenz der potentiellen Temperatur läßt sich, da es sich um eine dünne bodennahe Schichte handelt, durch die Differenz der aktuellen Temperatur ersetzen. Zur Zustimmung von H , dem latenten Wärmestrom, wurde die Wärmehaushaltsgleichung /10/ herangezogen, für die die Größe E bereits berechnet wurde (Kapitel V, Seite 150). Nach der Gleichung /8/ und der Beziehung $-V = E \cdot L$ ergibt sich für H :

$$H = E \cdot L - (Q + G)$$

Um allzu starke Schwankungen zu vermeiden, wurde die Wärmeübergangszahl aus Tagesmitteln der Temperaturdifferenz und Tagessummen von H für den Juli 1968 berechnet und gegen die Windgeschwindigkeit in 225 cm Höhe aufgetragen. (Abbildung 57).

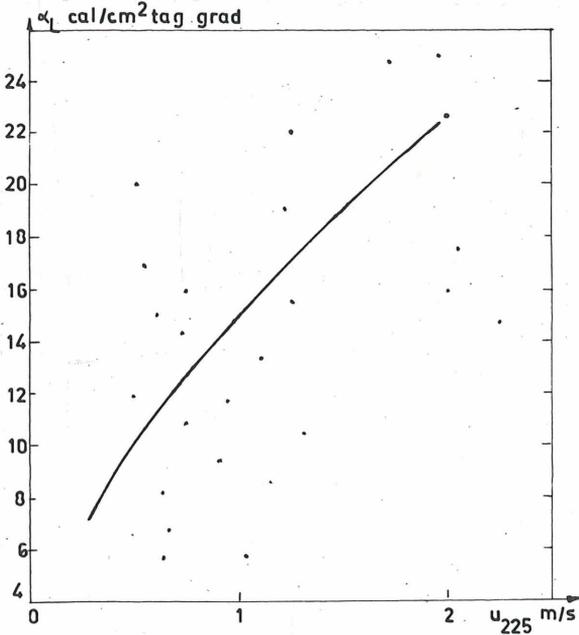


Abbildung 57: Beziehung $\alpha_{L,3}$ (aus Gleichung /15/ zu u_{225} Tagesmittel- bzw. Tageswerte Juli 1968

Die Streuung der Werte ist diesmal wesentlich geringer, so daß es möglich war, eine Exponentialkurve nach dem Muster $\alpha_L = C_1 \cdot u_1^{C_2}$ /16/, in Anlehnung an die Arbeit von Berz (24), zu zeichnen. Die in Abbildung 57 eingezeichnete Kurve entspricht der Funktion

$$\alpha_L = 15 u_1^{0,6} \text{ [cal/cm}^2 \text{ Tg grad]} \quad /22/$$

Berz hingegen fand über Rasen für α_L die Funktion:

$$\alpha_L = 23 u_{2m}^{0,65} \text{ [cal/cm}^2 \text{ Tg grad]}$$

die um etwa 40% höhere Wärmeübergangszahlen liefert.

Berechnet man den Ventilations- und Feuchteanteil in der Verdunstungsformel /12/, mit α_L -Werten nach der Gleichung /22/, so beträgt er für das Monatsmittel Juli 1968 20% der Gesamtverdunstung (29 mm von 138 mm). Berz (24) gibt als durchschnittlichen Anteil des Ventilations- und Feuchteglieders in der Formel von G. Hofmann /12/ 20% der Gesamtverdunstung an.

Wurde α_L nach den Formeln /13, 17, 18/ berechnet, so steuert das Ventilationsglied 65% bei, nach der Formel /20/ 40% und nach der Gleichung /22/ 20%. Entsprechend den Angaben von Berz entspricht das Ergebnis nach der Formel /22/ am besten, während die mit den anderen Methoden gewonnenen Werte zu hoch scheinen. Inwieweit dies auf die Gesamtverdunstung, im Vergleich mit den anderen Verdunstungsergebnissen zutrifft, wird im Kapitel VII untersucht.

Zusammenfassend kann zu diesem Abschnitt gesagt werden: Die Anwendung der Wärmehaushaltsgleichung in der Form von G. Hofmann /12/, ist zur Bestimmung der Verdunstung anwendbar, doch ergeben sich bei der Berechnung der Wärmeübergangszahl α_L erhebliche Schwierigkeiten, die wiederum bei der Berechnung nach der Formel /13/ von der zuverlässigen und genauen Bestimmung des Rauigkeitsparameters abhängt.

VI. VERDUNSTUNGSBERECHNUNG NACH DER AUSTAUSCH-METHODE

Die Anwendbarkeit der Wärmehaushaltsgleichung für die Berechnung der Verdunstung, einerseits mit der Bowenbeziehung und andererseits unter Berücksichtigung der Ventilation nach G. Hofmann, lieferte, vor allem für kleine Zeitintervalle, keine befriedigenden Resultate. Es soll daher noch mit Hilfe des Austausches versucht werden, bessere Ergebnisse für einige Einzelfälle zu erhalten.

Auf Grund der Austauschüberlegung von W. Schmidt (20), läßt sich die Verdunstung V durch den vertikalen Gradienten der spezifischen Feuchte $\frac{dq}{dz}$ und einem Koeffizienten A , dem Austauschkoefizienten, darstellen.

$$V = A \frac{dq}{dz} \quad /23/$$

Ist der Austauschkoefizient für die spezifische Feuchte q gleich jenem der Bewegungsgröße, so läßt sich A folgend ausdrücken:

$$A = \frac{\rho k^2 (q_1 - q_2) (u_2 - u_1)}{\ln \frac{z_2}{z_1}} \quad /24/$$

Es steht ρ für die Dichte der Luft

k Kärman Konstante

u_1, u_2 mittlere Windgeschwindigkeit in z_1 und z_2

Setzt man A in die erste Gleichung ein und integriert die so erhaltene Differentialgleichung zwischen den Grenzen z_1 und z_2 , dann erhält man die Verdunstungsformel von C. W. Thornthwaite und B. Holzman (27).

$$V = \frac{\rho k^2 (q_1 - q_2) (u_2 - u_1)}{\left(\ln \frac{z_2}{z_1}\right)^2} \quad /25/$$

Diese Formel gilt streng nur für adiabatische Verhältnisse. Um mit dem Dampfdruck rechnen zu können, formte F. Pasquill (28) die Gleichung /25/ um:

$$V = \frac{k^2 M (e_1 - e_2) (u_2 - u_1)}{R T \left(\ln \frac{z_2}{z_1}\right)^2} \quad /26/$$

- es ergibt M Molgewicht des Wassers (18)
 R Allgemeine Gaskonstante (83,15.10⁶)
 T Temperatur in Grad Kelvin

Aus dieser Gleichung ergibt sich

$$V = \frac{1,66 (e_1 - e_2) (u_2 - u_1)}{T_0 \left(\ln \frac{z_2}{z_1}\right)^2} [\text{mm/h}] \quad /27/$$

wenn man e in mmHg und u in cm/s angibt.

Diese Formel nach Thornthwaite, modifiziert von Pasquill, gilt nur für indifferente Schichtungen.

Monin und Obuchow (29) geben ein Korrektionsglied f an, das V adiabatisch für alle Fälle gültig macht. Die Verdunstungsformel ergibt sich dann allgemein:

$$V = f^2 V_{\text{adiabatisch}} \quad /28/$$

Der Korrektionsfaktor f ist folgend definiert:

$$f = 1 - \beta \frac{g}{T_0} \frac{(T_2 - T_1) (z_2 - z_1)}{(u_2 - u_1)^2} \quad /29/$$

- es bedeutet β Konstante nach Monin und Obuchow 0,6 auf Grund theoretischer Überlegungen)
 β Konstante nach Pasquill 3,67 (auf Grund von Wind-Windmessungen)
 g Schwerebeschleunigung (981 cm/s²)
 T₀ Mitteltemperatur zwischen den Höhen z₂—z₁

Setzt man den Ausdruck

$$\frac{g (T_2 - T_1) (z_2 - z_1)}{T_0 (u_2 - u_1)^2} = S \quad /30/$$

so erhält man die Verdunstungsformel

$$V = (1 - \beta S)^2 \cdot V_{\text{adiabatisch}} \quad /31/$$

S kann als Stabilitätsfunktion bezeichnet werden und steht in engem Zusammenhang mit der Richardsonzahl. Ist S negativ, besteht eine labile, ist S gleich Null, eine indifferente und ist S größer Null, eine stabile Schichtung.

Nach Berényi (26) kann die von Pasquill modifizierte Thornthwaite-Holzmann Formel /27/ nur über glatten, unbewachsenen Flächen angewendet werden.

Über einem Pflanzenbestand ergeben sich zusätzliche Schwierigkeiten, da die Pflanzenhöhe nicht mit der aerodynamischen Höhe zusammenfällt. Dieser Umstand beeinflußt die Verdunstungsberechnungen umso mehr, je höher der Pflanzenbestand ist.

Rider (30) führte in die Gleichung von Pasquill /27/ einen Ausdruck für die aerodynamische Höhe ein. Für adiabatische Verdunstung lautet die Formel dann:

$$V = \frac{1,66 (u_2 - u_1) (e_1 - e_2)}{T_0 \left(\ln \frac{z_2 - d}{z_1 - d} \right)^2} \quad [\text{mm/h}] \quad /32/$$

Die Größe d stellt die Dicke der Versetzungsschichte dar und entspricht jener in Abbildung 52 (Seite 161). d wurde mit Hilfe der Konstantinowformel /18/ bereits im Zuge der Berechnungen von α_L bestimmt, so daß hier darauf zurückgegriffen werden kann. Ebenso wurde der Versuch gemacht, das mit Hilfe der Formel von Saposhnikowa bestimmte D in die Formel Rider einzusetzen.

In diesem Fall wurden die Windmessungen aus den Höhen 825 cm und 375 cm über Wasser herangezogen und in die Formel /19/ eingesetzt. Die Ergebnisse der adiabatischen Verdunstungsberechnungen nach der Formel von Rider sind unter V_7 und V_8 in der Zusammenstellung des folgenden Abschnittes enthalten.

Wie in Kapitel III, 2 auf Seite 66 gezeigt wurde, entspricht die Temperaturschichtung in Rust fast nie adiabatischen Verhältnissen. Es wurde daher auch das Korrektionsglied f in der Gleichung /28/ nach der Formel /29/ berechnet.

Für den 5. 7. sind die Werte von f^2 in der Tabelle 51 zusammengestellt, wobei f^2_1 mit $\beta = 0,6$ und f^2_2 mit $\beta = 3,67$ berechnet wurden.

Tabelle 51: Stundenwerte des Korrektionsfaktors f^2 mit $\beta = 0,6$ und f^2 mit $\beta = 3,67$ am 5. 7. 68

| | | | | | | | | | | |
|---------|-------|------|------|------|------|------|-------|--------|-------|------|
| Stunden | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| f^2_1 | 0,08 | 0,81 | 0,90 | 0,85 | 0,86 | 1,11 | 1,99 | 6,55 | 3,42 | 1,66 |
| f^2_2 | 11,00 | 0,11 | 0,50 | 0,24 | 0,19 | 1,67 | 12,25 | 112,50 | 38,50 | 7,85 |
| Stunden | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| f^2_1 | 2,10 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,94 | 0,94 | 0,74 |
| f^2_2 | 14,02 | 1,07 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,67 | 0,67 | 0,14 |
| Stunden | 21 | 22 | 23 | 24 | | | | | | |
| f^2_1 | 0,66 | 0,64 | 0,76 | 0,69 | | | | | | |
| f^2_2 | 0,02 | 0,06 | 0,05 | 0,00 | | | | | | |

Diese Stundenwerte des Korrektionsglieders weisen extreme Schwankungen auf, insbesondere dann, wenn man für β den von Pasquill angegebenen Wert 3,67 in die Formel /29/ einsetzt. Während der Stunden mit stabiler Schichtung ist f^2 im allgemeinen kleiner 1, was bedeutet, daß die tatsächliche Verdunstung geringer ist als die adiabatisch berechnete.

Bei extrem stabiler Schichtung, wie z. B. um 1 Uhr, erhält man jedoch auf Grund der Formel /31/ mit $\beta = 3,67$ und $S = 1,18$ einen stark positiven Wert von $f^2_2 = 11,0$, der nicht real ist. Trotz der stark labilen Schichtung in den Morgenstunden dürften Korrektionsfaktoren wie jener um 8 Uhr (112,5) nicht real sein.

So stark schwankende Korrekturfaktoren, die teilweise auf Meßfehler zurückzuführen sein dürften, führen bei Stundenwerten der Verdunstung zu falschen Ergebnissen.

Die aus Tagesmittelwerten berechneten Korrektionsfaktoren weisen eine wesentlich geringere Schwankungsbreite auf. (Für den Juli 1968 schwankt f^2 bei einem $\beta = 3,67$ zwischen 0,27 und 1,00, bei $\beta = 0,6$ zwischen 0,85 und 1,00.)

In der Zusammenfassung der Verdunstungsergebnisse im folgenden Abschnitt wurden daher nur Tageswerte der adiabatischen Verdunstung mit dem Faktor f^2 korrigiert.

Die Zuverlässigkeit der Verdunstungsberechnung über einem Pflanzenbestand nach der Austauschmethode hängt weitgehend von der Bestimmung der Größe d ab, also der aerodynamischen Versetzungsschichte.

Die Verwendung des Korrekturgliedes bei nicht adiabatischen Schichtungen führt durch das Einsetzen unterschiedlicher Werte für die Konstante β zu einer halbempirischen Gleichung.

VII. GEGENÜBERSTELLUNG UND DISKUSSION DER VERDUNSTUNGSERGEBNISSE

In den vorangegangenen Abschnitten wurden verschiedene Methoden der Verdunstungsbestimmung diskutiert und durchgerechnet, sowie auf Probleme hingewiesen, die sich dabei ergeben.

Eine Zusammenstellung der erhaltenen Ergebnisse soll es ermöglichen, die Anwendbarkeit der einzelnen Methoden abzuschätzen.

Der Einfluß der verschiedenen Berechnungsverfahren auf den Tagesgang soll an Hand der Ergebnisse für den 5. 7., einem Strahlungstag, und dem 18. 7., einem bedeckten Tag, gezeigt werden. Da der rechnerische Aufwand für manche Formeln beträchtlich ist, beschränkt sich die folgende Zusammenstellung auf den Juli 1968.

Die Methoden bzw. die Formeln und die verwendeten Meßdaten, mit denen die Verdunstungsgrößen bestimmt wurden, sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt.

Tabelle 52: Formeln und verwendete Meßdaten, die zur Bestimmung der Verdunstung herangezogen wurden.

Wannenmethoden:

V_1 = Class-A-Wanne

V_2 = Mit Schilf bepflanzte Verdunstungswanne

Berechnung nach der Wärmebilanz:

| | | |
|--|-------|--|
| $V_3 = \frac{Q + G}{L \left[1 + 0,61 \frac{T_s - T_L}{E_s - e_L} \right]}$ | T_s | Oberflächentemperatur (Wasser) |
| | E_s | Sättigungsdampfdruck bei T_s |
| | T_L | Lufttemperatur (Hütte) |
| | e_L | Dampfdruck der Luft |
| $V_4 = \omega_s (Q + G) + \alpha_L \omega_V (1 - f)$ | f | relative Feuchte (Hütte) |
| $\alpha_L = \frac{k^2 \rho c_p u}{\left(\ln \frac{z + z_0}{z_0} \right)^2}$ | u | Windgeschwindigkeit in 225 cm Höhe (cm/s) |
| | z_0 | nach den Gleichungen / 17, 18 / von Konstantinow S 161 |

$$V_5 = \omega_s (Q+G) + \alpha_L \omega_V (1-f)$$

$$\alpha_L = X \frac{k^2 \rho c_p u}{\left(\ln \frac{z+D}{D}\right)^2}$$

f relative Feuchte (Hütte)
 u Windgeschwindigkeit in 375 cm Höhe (cm/s)
 D nach der Formel von Saposhnikowa / 19 / S 165
 x 0,1

$$V_6 = \omega_s (Q+G) + \alpha_L \omega_V (1-f)$$

$$\alpha_L = 15 \cdot u^{0,6}$$

f relative Feuchte (Hütte)
 u Windgeschwindigkeit in 225 cm Höhe (cm/s)

Berechnung nach der Austauschmethode:

$$V_7 = \frac{1,66 (u_4 - u_2) (e_2 - e_4)}{T_0 \left(\ln \frac{z_4 - d}{z_2 - d}\right)^2}$$

u₄ Windgeschwindigkeit in 825 cm Höhe (cm/s)
 u₂ Windgeschwindigkeit in 375 cm Höhe (cm/s)
 e₂ Dampfdruck 375 cm (mmHg)
 e₄ Dampfdruck 825 cm (mmHg)
 T₀ Temperatur in 825 cm (K)
 d nach der Gleichung /17 / von Konstantinow S 161

$$V_8 = \frac{1,66 (u_4 - u_2) (e_2 - e_4)}{T_0 \left(\ln \frac{z_4 - D}{z_2 - D}\right)^2}$$

u₄, u₂, e₂, e₄, T₀ wie bei V₇
 D nach der Gleichung / 19 / von Saposhnikowa S 165

$$V_9 = V_8 \cdot f^2$$

$$f = 1 - \beta S$$

$$S = \frac{g (T_4 - T_2) (z_4 - z_2)}{T_0 (u_4 - u_2)^2}$$

T₄ Temperatur in 825 cm Höhe
 T₂ Temperatur in 375 cm Höhe
 u₄, u₂, T₀ wie bei V₇
 β 0,6 (Monin-Obuchow)

$$V_{10} = V_8 f^2$$

S wie bei V₉
 f² = 1 - βS

β 3,57 (Pasquill)

In den Tabellen 53 und 54 sind die verschiedenen Verdunstungswerte für den 5. 7. und den 18. 7. 1968 wiedergegeben.

Tabelle 53: Verdunstung in mm am 5. 7. 68, berechnet nach den verschiedenen Methoden V_1 — V_8 entsprechend Tab. 52. T_ε = verschiedenen Methoden V_1 — V_8 entsprechend Tab. 52. T_ε = Summe der Stundenwerte; T_M = aus Tagesmittelwerten.

| Zeit | V_1 | V_3 | V_4 | V_5 | V_6 | V_7 | V_8 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | | -0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,15 |
| 2 | | -0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,18 | 0,22 |
| 3 | | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,06 |
| 4 | | -0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,17 | 0,13 |
| 5 | | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,11 | 0,07 |
| 6 | | 0,07 | 0,11 | 0,07 | 0,06 | 0,04 | 0,04 |
| 7 | | 0,31 | 0,36 | 0,30 | 0,34 | 0,04 | 0,05 |
| 8 | | 0,49 | 0,46 | 0,44 | 0,46 | 0,02 | 0,05 |
| 9 | | 0,66 | 0,56 | 0,51 | 0,60 | 0,03 | 0,05 |
| 10 | | 0,89 | 0,83 | 0,69 | 0,66 | 0,06 | 0,07 |
| 11 | | 0,92 | 0,89 | 0,81 | 0,72 | 0,18 | 0,26 |
| 12 | | 1,04 | 1,24 | 1,00 | 0,87 | 0,22 | 0,37 |
| 13 | | 1,00 | 1,11 | 1,01 | 0,84 | 0,18 | 0,37 |
| 14 | | 0,98 | 1,15 | 1,00 | 0,85 | 0,24 | 0,40 |
| 15 | | 0,83 | 0,99 | 0,86 | 0,72 | 0,28 | 0,43 |
| 16 | | 0,62 | 0,81 | 0,69 | 0,54 | 0,29 | 0,38 |
| 17 | | 0,47 | 0,81 | 0,65 | 0,44 | 0,22 | 0,35 |
| 18 | | 0,24 | 0,57 | 0,35 | 0,24 | 0,21 | 0,27 |
| 19 | | 0,13 | 0,35 | 0,19 | 0,12 | 0,30 | 0,24 |
| 20 | | -0,01 | 0,10 | 0,06 | 0,10 | 0,35 | 0,22 |
| 21 | | -0,07 | 0,00 | -0,02 | -0,02 | 0,54 | 0,32 |
| 22 | | -0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,22 | 0,22 |
| 23 | | -0,05 | 0,00 | -0,01 | 0,00 | 0,15 | 0,18 |
| 24 | | -0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,18 | 0,15 |
| T_ε | 10,00 | 8,48 | 10,55 | 8,63 | 7,53 | 4,42 | 5,05 |
| T_M | | 7,44 | 10,44 | 7,53 | 6,41 | 4,12 | 4,47 |

Die Berechnungen mit den Wärmehaushaltsgleichungen zeigen einen ausgeprägten Tagesgang: ein starkes Maximum in den Mittagsstunden und nahezu keine Verdunstung in der Nacht.

Die Resultate aus der Wärmehaushaltsgleichung mit der Bowenbeziehung (V_3) können sogar schwach negative Werte annehmen, die einer Kondensation entsprechen. Dieses Ergebnis ist auf eine schwach negative Bilanz von Q und G zurückzuführen und tritt bei Verwendung der Wärmehaushaltsgleichung nach Hofmann (V_4) nicht mehr auf. Ein schwach

negativer Betrag des Strahlungsgliedes wird durch den stets positiven Ventilationsanteil wettgemacht.

Nach den Austauschberechnungen ($V_7—V_8$) ist die Amplitude des Tagesausganges, aber auch die Tagessumme wesentlich geringer. Die größten Verdunstungswerte sind in der zweiten Tageshälfte anzutreffen. Das läßt sich auf das Auftreten des großen Ventilations- und Feuchtigkeitsgradienten in dieser Zeit zurückführen.

Unter der Annahme, daß die Verdunstung der Class-A-Wanne, auf Grund ihrer exponierten Lage und der tagsüber hohen Temperatur (siehe Seite 116) eine Maximalverdunstung darstellt, ist als Tagessumme der Verdunstung aus dem Schilfgürtel für den 5. 7. 1968 ein Wert um 8 mm wahrscheinlich. Da bereits eine relativ spärlich mit Schilf bewachsene Wanne 5,3 mm verdunstete, dürften die Werte von $V_7—V_8$ zu niedrig sein.

Die Tagesverdunstung, berechnet aus der Summe der Verdunstungswerte in den einzelnen Stunden, liegt nahezu überall um etwa 10% über jenen Tageswerten, die aus Tagesmittelwerten der Einzelkomponenten berechnet wurden.

Um zu sehen, ob sich diese Unterschiede bei den verschiedenen Berechnungsverfahren auch an einem bedeckten Tag in gleicher Weise bemerkbar machen, werden in der Tabelle 54 die entsprechenden Verdunstungsdaten für den 18. 7. 1968 wiedergegeben.

Tabelle 54: Verdunstung in mm am 18. 7. 1968, berechnet nach den verschiedenen Methoden ($V_1—V_8$) entsprechend der Tabelle 52.

| Zeit | V_1 | V_3 | V_4 | V_5 | V_6 | V_7 | V_8 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | | 0,10 | | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| 2 | | —0,07 | | —0,05 | —0,06 | 0,06 | 0,10 |
| 3 | | 0,01 | | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,05 |
| 4 | | 0,05 | | 0,05 | 0,05 | 0,20 | 0,20 |
| 5 | | 0,09 | | 0,11 | 0,09 | 0,11 | 0,21 |
| 6 | | 0,00 | | 0,06 | 0,02 | 0,16 | 0,25 |
| 7 | | 0,12 | | 0,16 | 0,11 | 0,14 | 0,18 |
| 8 | | —0,05 | | 0,02 | —0,02 | 0,07 | 0,11 |
| 9 | | 0,24 | | 0,25 | 0,21 | 0,13 | 0,21 |
| 10 | | 0,11 | | 0,14 | 0,11 | 0,11 | 0,20 |
| 11 | | 0,06 | | 0,10 | 0,07 | 0,11 | 0,20 |
| 12 | | 0,06 | | 0,10 | 0,07 | 0,12 | 0,21 |
| 13 | | 0,02 | | 0,05 | 0,03 | 0,25 | 0,25 |
| 14 | | 0,10 | | 0,13 | 0,10 | 0,33 | 0,30 |
| 15 | | 0,06 | | 0,08 | 0,06 | 0,22 | 0,38 |

| | | | | | | |
|----------------|------|-------|------|-------|------|------|
| 16 | | 0,03 | 0,06 | 0,04 | 0,23 | 0,37 |
| 17 | | 0,05 | 0,08 | 0,06 | 0,20 | 0,33 |
| 18 | | 0,07 | 0,12 | 0,07 | 0,19 | 0,33 |
| 19 | | —0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,20 | 0,36 |
| 20 | | 0,03 | 0,09 | 0,04 | 0,16 | 0,28 |
| 21 | | 0,04 | 0,09 | 0,05 | 0,23 | 0,36 |
| 22 | | —0,04 | 0,02 | —0,02 | 0,21 | 0,35 |
| 23 | | —0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,12 | 0,21 |
| 24 | | 0,06 | 0,15 | 0,08 | 0,11 | 0,22 |
| T _ε | 2,00 | 1,25 | 2,04 | 1,27 | 3,81 | 5,73 |
| T _M | | 1,11 | 1,98 | 1,31 | 3,90 | 5,17 |

Summe der Stunden
aus Tagesmitteln
berechnet

An diesem bedeckten, regnerischen Tag sind die Schwankungen von Stunde zu Stunde bei den Wärmehaushaltsberechnungen relativ groß und sehr unregelmäßig. Es treten diesmal auch bei den Berechnungen nach der Hofmannformel ($V_4 - V_6$) schwach negative Verdunstungswerte auf. Der negative Strahlungsanteil wird durch das Ventilations- und Feuchteglied nicht mehr kompensiert, da durch die große relative Feuchte der Ausdruck $(1-f)$ sehr klein wird.

Die Unterschiede im Tagesgang der Verdunstung sind bei den Austauschmethoden etwas geringer. Die markante Zunahme der Verdunstung in der Zeit von 3 auf 4 Uhr ist auf ein starkes Ansteigen des Feuchtegradienten zurückzuführen, während für die übrigen hohen Werte hauptsächlich eine starke Zunahme des Windes mit der Höhe verantwortlich ist. Auch die hohen Tageswerte der Verdunstung ergeben sich durch den Windeinfluß. Der Unterschied zwischen den Ergebnissen von V_7 und V_8 liegt in der unterschiedlichen Größe der aerodynamischen Höhe d und D begründet.

Im Vergleich mit den Ergebnissen aus der Wärmebilanzberechnung, aber auch mit der Class-A-Wanne, erscheinen die Verdunstungswerte nach der Austauschmethode stark überhöht. Eine Verdunstung von 1—2 mm dürfte für den 18. 7. am wahrscheinlichsten sein.

Der Vergleich der Tabellen 53 und 54 zeigt, daß an einem schönen Strahlungstag die Berechnung der Verdunstung nach der Austauschmethode zu zu niedrigen an einem Schlechtwettertag dagegen zu zu hohen Werten führt.

Die aus den Tagesmitteln der einzelnen Meßgrößen bestimmte Tagesverdunstung ist an einem schönen Tag kleiner als jene Verdunstungssumme,

die für die einzelnen Stunden berechnet wurde, an einem schlechten Tag ist der Unterschied geringer und hat umgekehrtes Vorzeichen.

Die Unterschiede der Tagesverdunstung, berechnet aus den Stunden-summen der Verdunstung und aus den Tagesmitteln der Einzelkomponenten, sind nicht groß. Für den Juli 1968 wurden daher die Tageswerte der Verdunstung aus den Tagesmitteln der Meßwerte nach verschiedenen Verfahren berechnet, und in Tabelle 55 zusammengestellt.

Tabelle 55: Tageswerte der Verdunstung in mm für den Juli 1968 bestimmt nach verschiedenen Methoden V_1 — V_{10} entsprechend der Tabelle 52. (Verdunstungswerte von V_2 nach fehlenden Daten sind aus Sammelmessungen erhalten worden)

| Tag | V_1 | V_2 | V_3 | V_4 | V_5 | V_6 | V_7 | V_8 | V_9 | V_{10} |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 1 | 9,8 | 5,5 | 6,7 | 9,6 | 8,4 | 6,8 | 1,9 | 2,3 | 2,2 | 1,5 |
| 2 | 10,1 | 6,2 | 6,7 | 15,2 | 8,6 | 6,7 | 3,3 | 3,8 | 3,8 | 3,5 |
| 3 | 7,3 | | 6,3 | 9,0 | 6,5 | 5,9 | 7,5 | 8,2 | 7,9 | 6,5 |
| 4 | 9,2 | 8,9 | 5,9 | 5,8 | 5,6 | 5,1 | 2,6 | 3,4 | 3,0 | 1,1 |
| 5 | 10,0 | 5,3 | 7,4 | 10,4 | 7,5 | 6,4 | 4,1 | 4,5 | 4,1 | 2,5 |
| 6 | 12,2 | 5,3 | 5,8 | 11,6 | 8,5 | 5,8 | 3,8 | 4,6 | 4,6 | 4,3 |
| 7 | 8,4 | | 6,4 | 11,9 | 7,0 | 5,9 | 3,7 | 3,4 | 2,9 | 0,9 |
| 8 | 7,9 | 12,6 | 6,5 | 11,0 | 6,8 | 5,8 | 4,8 | 4,7 | 4,4 | 3,1 |
| 9 | 6,4 | | 6,1 | 7,0 | 6,6 | 5,7 | 2,5 | 3,3 | 3,1 | 2,4 |
| 10 | 10,3 | 11,8 | 6,7 | 14,9 | 7,2 | 5,7 | 8,7 | 7,1 | 6,4 | 3,9 |
| 11 | 8,4 | | 5,5 | 6,5 | 7,4 | 5,5 | 3,3 | 4,9 | 4,9 | 4,9 |
| 12 | 11,5 | | 7,6 | 11,0 | 15,8 | 7,9 | 7,3 | 11,6 | 11,6 | 11,6 |
| 13 | 6,8 | | 4,8 | 9,7 | 5,0 | 4,4 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| 14 | 3,7 | 21,7 | 5,4 | 6,4 | 4,9 | 4,5 | 3,5 | 3,5 | 3,1 | 1,9 |
| 15 | 2,0 | | 1,4 | 12,4 | 1,9 | 1,4 | 2,7 | 3,5 | 3,3 | 2,3 |
| 16 | 7,5 | 7,0 | 6,1 | 7,1 | 6,7 | 5,4 | 2,5 | 3,4 | 3,3 | 2,7 |
| Tag | V_1 | V_2 | V_3 | V_4 | V_5 | V_6 | V_7 | V_8 | V_9 | V_{10} |
| 17 | 0,6 | | 1,5 | 13,1 | 2,0 | 1,5 | 3,1 | 3,1 | 2,8 | 1,6 |
| 18 | 2,0 | | 1,1 | 2,4 | 1,9 | 1,3 | 3,9 | 5,2 | 5,2 | 4,8 |
| 19 | 5,2 | 7,4 | 4,1 | 11,3 | 7,5 | 4,5 | 12,9 | 16,4 | 16,4 | 16,4 |
| 20 | 6,2 | 3,7 | 4,5 | 6,5 | 6,9 | 4,3 | 3,5 | 5,1 | 5,1 | 5,1 |
| 21 | 3,5 | 3,4 | 4,4 | 2,9 | 5,0 | 3,1 | 3,6 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| 22 | 4,5 | | 3,6 | 14,0 | 5,3 | 3,5 | 4,7 | 5,1 | 5,1 | 5,1 |
| 23 | 4,3 | 6,6 | 4,2 | 5,7 | 4,0 | 3,4 | 7,4 | 7,4 | 7,4 | 7,4 |
| 24 | 3,0 | 2,1 | 3,8 | 4,4 | 3,5 | 3,1 | 1,4 | 1,4 | 1,4 | 1,3 |
| 25 | 4,0 | 2,2 | 3,6 | 6,1 | 4,1 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 | 3,2 |
| 26 | 4,9 | 2,5 | 2,3 | 4,0 | 3,4 | 2,4 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 3,3 |
| 27 | 5,9 | 3,7 | 3,9 | 9,4 | 5,2 | 3,7 | 3,2 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |

| | | | | | | | | | | |
|----|--------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|-------|-------|
| 28 | 2,3 | 0,8 | 7,0 | 3,3 | 1,5 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | |
| 29 | 6,7 | 5,9 | 4,8 | 19,9 | 6,3 | 4,5 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | 1,2 |
| 30 | 9,3 | 4,8 | 5,9 | 19,2 | 6,5 | 5,2 | 4,8 | 3,7 | 3,5 | 2,9 |
| 31 | 7,0 | 4,4 | 4,7 | 6,3 | 4,7 | 4,1 | 6,0 | 6,3 | 5,6 | 2,8 |
| S | 200,8 | 130,0 | 148,7 | 271,1 | 181,3 | 138,1 | 131,2 | 149,0 | 144,1 | 123,2 |
| | Wannen | | Wärmehaushaltsberechnung | | | | | Austauschberechnungen | | |

Die Verdunstungswerte in der Tabelle 55 zeigen an einzelnen Tagen sehr starke Unterschiede, entsprechend schwanken auch die Monatssummen so stark, daß eine Entscheidung, welche der Berechnungsmethoden am besten ist, schwer zu fällen ist.

Es wurde daher der Tagessverlauf der verschiedenen Verdunstungsergebnisse graphisch dargestellt. Die Verdunstung der Schilfwanne (V_2) wurde wegen zu häufig ausgefallener Einzelmessungen nicht eingetragen. Die Ergebnisse, die nach der Formel von G. Hofmann und dem z_0 nach Konstantinow erhalten wurden (V_4), weichen zu stark von den anderen Werten ab, so daß sie auch nicht in die Abbildung 58 eingezeichnet wurden.

Die mit der Austauschmethode und dem Korrektionsglied f^2 errechneten Verdunstungswerte (V_9) unterschieden sich nur sehr geringfügig von jenen der „adiabatischen“ Verdunstung (V_8), da f^2 meist nur wenig von 1 abwich. Es wurde V_9 wegen der Übersicht in der Abbildung 58 nicht graphisch dargestellt.

Zum besseren Verständnis des Verlaufes der Verdunstungswerte wurden in der Abbildung 58 (a, b) noch die mittlere Windgeschwindigkeit in 375 cm, die mittlere Tagestemperatur und die Tagessummen der kurzwelligen Einstrahlung eingetragen.

Bei der Diskussion des Verlaufes der verschiedenen Verdunstungswerte kann man davon ausgehen, daß den Werten der Class-A-Wanne, die direkt gemessen wurden, zwar nicht in der Größe, so doch in der Charakteristik des Verlaufes (V_1) eine besondere Bedeutung zukommt. Dies umsomehr, als sich der Verlauf der Class-A-Wannenverdunstung während des ganzen Monats aus dem Verlauf der Strahlung, der Temperatur und des Windes erklären läßt.

Die Abnahme der Class A-Verdunstung vom 2. zum 3. 7. ist auf einen starken Rückgang der Windgeschwindigkeit zurückzuführen. Der Grund der Zunahme vom 3. auf den 4. 7. kann mit der höheren Temperatur zusammenhängen. Am 11. 7. ist die Wannenverdunstung trotz stärkerem Wind kleiner als am Vortag. Eine Abnahme der zugestrahlten Energie, bei gleicher Lufttemperatur, dürfte die Ursache sein.

Im folgenden soll untersucht werden, ob auch für die übrigen Verdunstungsergebnisse, wenn ihr Verlauf von dem der Class-A-Wanne abweicht, eine Erklärung gefunden werden kann.

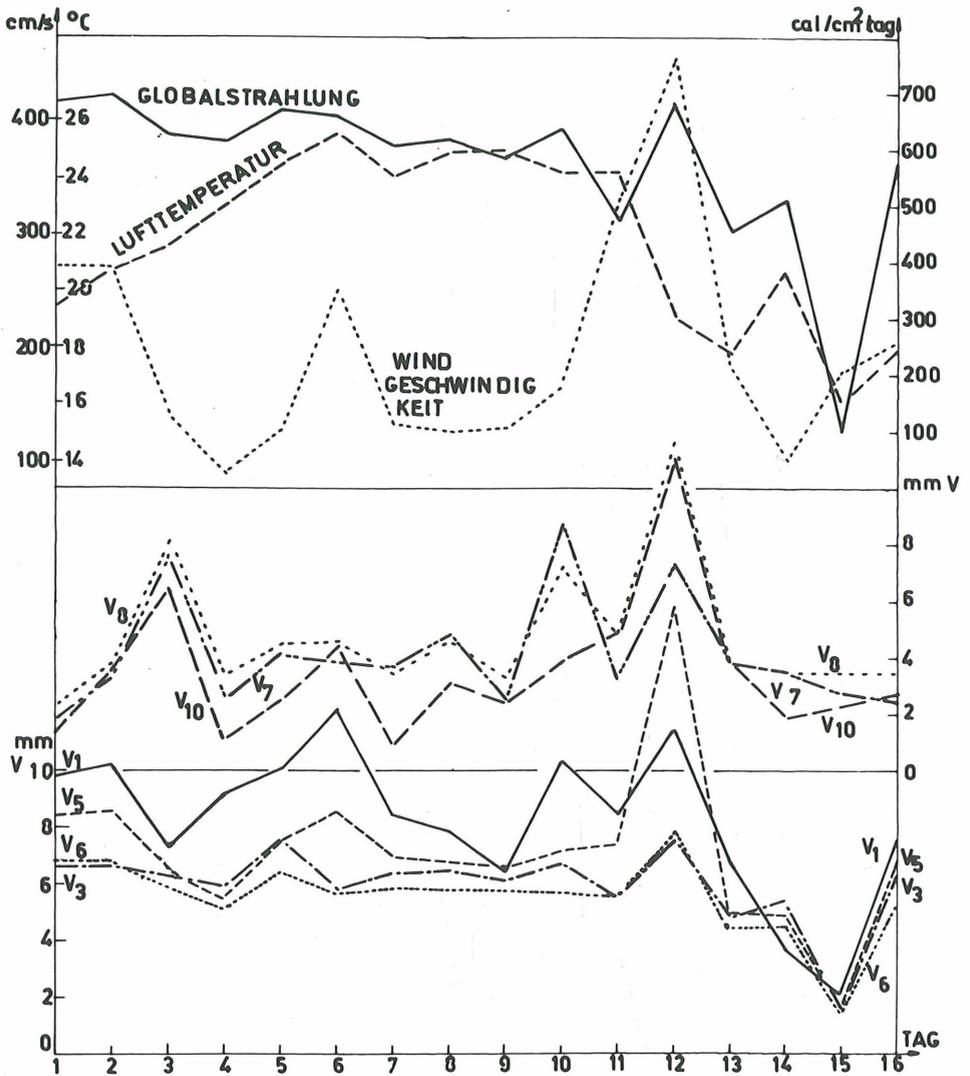


Abbildung 58a: Verlauf der Tagesverdunstung vom 1.—16. Juli 1968 in Rust, für V_1 (—), V_3 (- · -), V_5 (- - -), V_6 (· · ·), V_7 (· · ·), V_8 (· · ·), V_{10} (—) in mm/Tag; der Tagesmittelwert der Windgeschwindigkeit (· · ·) 375 cm in cm/s; der Lufttemperatur (- -) und der Tagessummen der Globalstrahlung (—) in cal/cm² Tag.

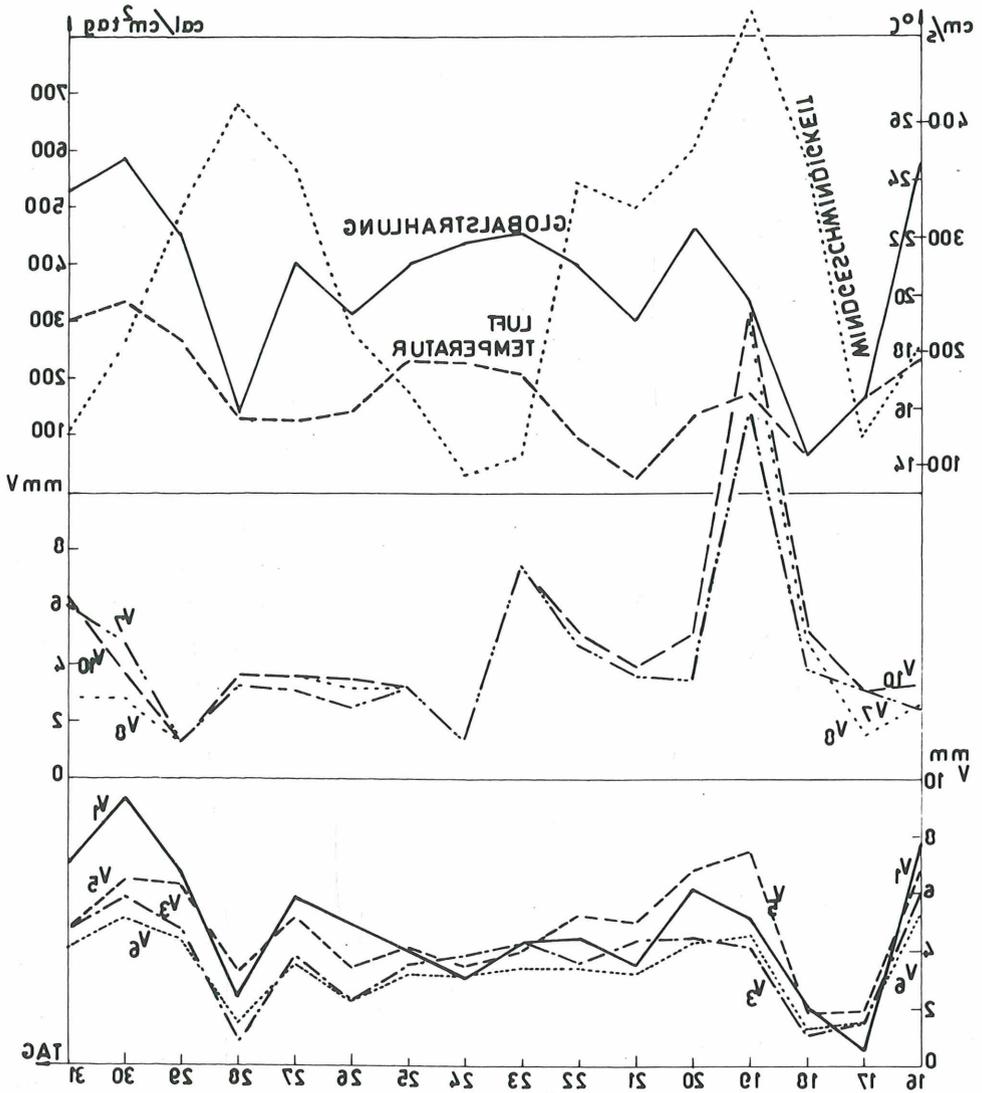


Abbildung 58b: Verlauf der Tagesverdunstung vom 16.—31. Juli 1968 in Rust, für V_1 (—), V_3 (- · - ·), V_5 (- - -), V_6 (· · · ·), V_7 (· · · ·), V_8 (· · · ·), V_{10} (—) in mm/Tag; der Tagesmittelwert der Windgeschwindigkeit (· · · ·) 375 cm in cm/s; der Lufttemperatur (- - -) und der Tagessummen der Globalstrahlung (—) in cal/cm² Tag.

Die Ergebnisse nach der Wärmehaushaltsgleichung mit der Bowen-beziehung verlaufen sehr ähnlich jenen der Class-A-Wanne. Das unterschiedliche Verhalten am 6., 18., 25. und 27. 7. ist jedesmal auf einen entsprechenden Verlauf der Strahlung zurückzuführen. Der an diesen Tagen bei der Class-A-Wanne zum Ausdruck kommende Windeinfluß findet bei dieser Form der Wärmehaushaltsgleichung keinen Ausdruck.

Die Verdunstung mit der Wärmehaushaltsgleichung / 10 / bestimmt, führt zu Resultaten, die stark von der Strahlung, aber kaum vom Wind beeinflusst sind. An stark windigen Tagen dürften die Verdunstungswerte daher zu niedrig sein.

Mit der Wärmehaushaltsgleichung in der Form von G. Hofmann, wenn man α_L das z_0 nach Konstantinow berechnet, erhält man extrem schwankende Verdunstungswerte (V_4), die nicht real sein dürften.

Die Ergebnisse (V_5) nach der Hofmannformel, wenn man α_L nach der halbempirischen Gleichung / 20 / berechnet, verlaufen weitgehend ähnlich wie die der Class-A-Wanne.

Im Gegensatz zur Wärmehaushaltsgleichung (V_3) und parallel zur Class-A-Wanne nimmt die Verdunstung bei V_5 vom 5. zum 6. 7. hin zu; der Windeinfluß wird hier deutlich. Wie aber der 12. 7. und der 20. 7. zeigen, kann der Wind das Ergebnis auch zu stark beeinflussen. Am 12. 7. in positiver, am 20. 7. in negativer Richtung.

Die Verdunstungsergebnisse V_6 , bei denen α_L abhängig vom Wind nach der Exponentialfunktion / 22 / berechnet wurde, schwanken viel weniger, als die der Class-A-Wanne (V_1) oder die Ergebnisse nach V_5 . Der Einfluß des Windes tritt in den Hintergrund und ist an vielen Tagen nicht erkennbar.

Mit der Austauschformel und den darin eingesetzten Größen erhält man Verdunstungswerte, die untereinander mit wenigen Ausnahmen den selben Verlauf zeigen, jedoch von den Ergebnissen aus den Wärmehaushaltsgleichungen und der Class-A-Wanne stark abweichen.

Die Abweichung der Austauschergebnisse von jenen aus der Wärmebilanzgleichung basieren z. B. am 3. 7. auf einem extremen Feuchtegradienten ($e_{375} - e_{825} = 0,87$ mmHg), am 19. 7. auf einem außergewöhnlich hohen Gradienten der Windgeschwindigkeit ($u_{825} - u_{375} = 190$ cm/s) und am 23. 7. auf einem Zusammentreffen von relativ hohen Werten für die beiden Gradienten. Dies sind Größen, die sich der Art nach von jenen in der Wärmehaushaltsgleichung stark unterscheiden.

Die Differenz zwischen V_7 und V_8 ist aus dem Unterschied von „d“ nach Konstantinow und D nach Saposchnikowa zu erklären. „d“ nimmt, wie in Abbildung 53, Seite 162 gezeigt wurde, mit dem Wind zu, dies führt, laut der Formel / 32 / von Rider, zu kleineren Verdunstungswerten.

An Tagen mit starkem Wind erhält man daher mit „d“ geringere Verdunstungswerte als mit D, dessen Abhängigkeit vom Wind verkehrt proportional „d“ ist.

Der Verlauf der Werte von V_{10} (die mit dem Korrektionsfaktor f^2 , $\beta =$ nach Pasquill 3,37, multiplizierten Verdunstungswerte nach der Formel von Rider, V_8), zeigt an manchen Tagen mit stark stabiler Schichtung, wie z. B. am 4. 7. und 14. 7. zu geringe Verdunstungswerte.

Nachdem versucht wurde, für den Verlauf der einzelnen Kurven und deren Abweichungen voneinander, eine Erklärung zu finden, soll eine Abschätzung der einzelnen Berechnungsmethoden hinsichtlich der damit erhaltenen Ergebnisse gemacht werden.

Mit der *Wärmehaushaltsgleichung / 10 /*, die den latenten Wärmestrom mit Hilfe der Bowenbeziehung berechnet, erhält man annehmbare Tageswerte der Verdunstung (V_3), die jedoch an stark windigen Tagen zu niedrig ausfallen.

Die *Wärmebilanzgleichung nach Hofmann* mit den halbempirisch bestimmten Wärmeübergangszahlen, führt ebenfalls zu guten Ergebnissen (V_5). Dem Einfluß des Windes wird hier Rechnung getragen. An einzelnen windigen Tagen können allerdings überhöhte Werte auftreten.

Berechnet man die Wärmeübergangszahl in der Hofmannformel aus der Windgeschwindigkeit mittels der Exponentialfunktion / 22 /, so erhält man Verdunstungswerte (V_6), die in den meisten Fällen zu tief liegen dürften.

Die *Austauschformeln* liefern im allgemeinen zu tiefe Verdunstungswerte, an Einzeltagen jedoch auch stark überhöhte. Die sich daraus ergebende Unsicherheit gegenüber den Einzelwerten läßt die Austauschformel in der verwendeten Form für nicht sehr günstig erscheinen.

Von der Monatssumme der Evapotranspiration des Schilfgürtels bei Rust kann man annehmen, daß sie großemäßig zwischen der Verdunstung der exponierten Class-A-Wanne und der mit Schilf bepflanzten Wanne liegt. Sie liegt aber auch höher als die Werte der Wärmehaushaltsgleichung. Begründet kann dies damit werden, daß in dieser Gleichung der Einfluß des Windes vernachlässigt wird.

Am besten erfüllt das Resultat aus der Wärmehaushaltsgleichung nach Hofmann mit einer halbempirisch bestimmten Wärmeübergangszahl alle Voraussetzungen.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß auf Seite 139 eine von Tuschl (16) mitgeteilte Transpirationsmenge von 329 lt/m^2 angegeben wurde, was eine Evapotranspiration des Schilfbestandes von 370 mm für den

Juli 1968 ergibt. Diesem Wert müssen jedoch nicht zutreffende Annahmen zugrunde liegen, da nicht zu ersehen ist, woher die für eine solche Verdunstungshöhe notwendige Energie ($21\,830\text{ cal/cm}^2$ Monat), kommen soll. Vergleiche dazu die Monatssumme der Strahlungsbilanz im Juli 1968 mit $9\,344\text{ cal/cm}^2$.

Die vorgenommene Gegenüberstellung der Verdunstungsergebnisse zeigt, wie stark diese je nach Berechnung variieren können, und für wie wenig gesichert man einzelne Methoden ansehen kann. Darüber hinaus muß man die einzelnen Komponenten der verschiedenen Gleichungen besonders genau überprüfen. Einer statistischen Überprüfung und Bestimmung bedürfen in diesem konkreten Fall vor allem die Bowenbeziehung und besonders die Rauigkeitsparameter der Oberfläche in Zusammenhang mit der Windgeschwindigkeit.

Im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade (1965—75) wurden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik seit 1966 im Gebiet des Neusiedlersees meteorologische Untersuchungen durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit wurde die Verdunstung vom Schilfbestand nach verschiedenen Methoden einer kritischen Untersuchung unterworfen. Ein Teil der Hauptarbeit im Rahmen dieser Dissertation, war der Aufbau einer Wärmehaushaltsstation und die Installation der verschiedenen meßtechnischen Einrichtungen zur Bestimmung der Verdunstung nach dem Austauschverfahren. Ferner wurden einfache Methoden zur Verdunstungsbestimmung, wie Verdunstungswannen mit und ohne Schilfbepflanzung angewandt. Auch für bestandsklimatische Fragen, soweit sie im Zusammenhang mit den obigen Berechnungsverfahren stehen, wurden verschiedene Meßeinrichtungen für Dauer- und Einzelmessungen **aufgebaut**.

Auf Grund der erhaltenen Meßdaten wurde auch versucht, eine klimatische Darstellung des Gebietes Rust und speziell der mikroklimatischen Verhältnisse des Schilfgürtels zu geben. Daraus ist zu ersehen, daß Rust in einem der niederschlagsärmsten und sonnenreichsten Gebiete Österreichs liegt. Die ausgleichende Wirkung des Sees auf die Temperaturextreme ist ein weiteres wesentliches Resultat.

Aus den **Ergebnissen** der Verdunstungsbestimmung mit Hilfe der verschiedenen Verdunstungswannen (Class A, Class A gespült, „GGI 500“, Schilfwannen) zeigt sich, daß die Aufstellung der Wannen von wesentlicher Bedeutung für die Ergebnisse ist und, daß vor allem Messungen im Schilfbestand mit schwimmenden Wannen starke unterschiedliche Resultate ergeben. Speziell über die einzelnen Wannen ist zu sagen, daß die Ergebnisse mit der gespülten Class-A-Wanne eher der Verdunstung von der Wasserfläche weg entsprechen, als die der Class-A-Wanne.

Ideal wären die Resultate der mit Schilf bepflanzten Wannen, jedoch ist die Reproduzierbarkeit der Daten auf die verdunstende Schilfoberfläche mit großen Fehlern behaftet. Aus der Meßperiode 1968, die sich von April bis Oktober erstreckte, kann aus den verschiedenen Wannen eine mittlere summarische Verdunstung in der Höhe von 375 mm von der Wasserfläche im Schilfbestand angenommen werden.

Die Anwendung der Wärmehaushaltsgleichung einerseits mit der Bowenbeziehung und andererseits nach einem Ansatz von Hofmann, zeigt, daß die Berechnung von Stundenwerten der Verdunstung große Fehler haben kann, die erst bei einem sechsständigen Berechnungsintervall klein werden. Die Ursachen dafür liegen meist in der Unkenntnis der Oberflächentemperatur, die für die Bowenbeziehung bekannt sein soll, aber über einem Bestand nicht meßbar ist und andererseits bei der Hofmannformel in der Berechnung der Wärmeübergangszahl aus dem Windprofil.

Die in der vorliegenden Arbeit angewendete Austauschformel von Thornthwaite und Holzmann unter Berücksichtigung verschiedener Korrekturen anderer Autoren, zeigt wie bei der Berechnung der Wärmeübergangszahlen in der Hofmannformel die Schwierigkeit, der Berechnung eines Windprofils über einem hohen flexiblen Pflanzenbestand. Dies führt meist zu einer Überschätzung des Windeinflusses.

Die zahlenmäßigen Resultate der Verdunstungsberechnung nach obigen Methoden, ergeben für ein Monat und zwar den Juli 1968 eine Streuung um den Verdunstungswert mit der Wärmehaushaltsgleichung, in der Form mit der Bowenbeziehung, von +83% und -17%.

Da für die Wärmehaushaltsgleichung, in der Form mit der Bowenbeziehung, ein Rechenprogramm für den Computer (IBM 1620) vorlag, wurde die Formel über das Beobachtungsjahr 1968 (April—September) abgerechnet. Für diesen Zeitraum ergibt sich eine Verdunstungshöhe von 832 mm. Zufolge der Resultate mit den Verdunstungswannen beträgt die Verdunstung von der Wasserfläche im gleichen Zeitraum 358 mm. Das heißt, die gesamte Evapotranspiration und 474 mm Transpiration zusammen.

Abschließend möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Friedrich LAUSCHER für die Themenstellung und Mühewaltung, sowie bei Herrn Prof. Dr. Ferdinand STEINHAUSER für die Bereitstellung der Instrumente und die finanzielle Unterstützung bedanken.

Herrn Dr. Otto MOTSCHKA gebührt mein aufrichtigster Dank für die immer gern gewährten Hinweise bei der Errichtung der Meßanlage und die Ratschläge bei der Bearbeitung der Meßergebnisse. Herrn Dr. Hartwig DOBESCH danke ich für die statistische Bearbeitung der Meßdaten und die Erstellung des Rechnungsprogrammes für die Wärmehaushaltsgleichung.

Herrn Univ. Doz. Dr. Karl BURIAN und Herrn Dr. Peter TUSCHL möchte ich für die Zusammenarbeit bei der Bepflanzung der Verdunstungswannen mit Schilf danken.

Nicht zuletzt bin ich Herrn Prof. KÖNIG für die Überlassung einer Unterkunft und Herrn Hofrat Dr. A. OHRENBERGER für den Arbeitsplatz in der Biologischen Station Rust zu Dank verpflichtet.

- 1) W. MÜLLER: Die Verdunstungsgröße und ihre Bestimmung durch das Picheevaporimeter. Universität Wien, Diss. 1956
- 2) E. KLEINSCHMIDT: Handbuch der meteorologischen Instrumente; Berlin 1935
- 3) WMO: Technical Note Nr. 83; Measurement and Estimation of Evaporation and Evapotranspiration; Genf 1966
- 4) A. R. KONSTANTINOW: Evaporation in Nature; U.S. Department of Commerce Washington D.C.
- 5) W. MAHRINGER: Verdunstungsstudien am Neusiedlersee; Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie Serie B Nr. 1/1970
- 6) I. DIRMHIRN: Das Strahlungsfeld im Lebensraum; Wien 1965.
- 7) W. MAHRINGER und O. MOTSCHKA: Verbesserungen an Sternpyranometern und Strahlungsbilanzmessern; Archiv Met., Geoph. und Biokl. Serie B im Druck
- 8) D. SONNTAG: Hygrometrie; 2. Lieferung, Akademieverlag, Berlin 1967
- 9) O. MOTSCHKA: Mündliche Mitteilung
- 10) F. KOPF: Die wahren Ausmaße des Neusiedlersees; Wasserwirtschaft 16, Wien 1964
- 11) F. LAUSCHER: Klimatographie von Österreich, Wien 1960
- 12) R. GEIGER: Das Klima der bodennahen Luftschichten; 4. Auflage München 1961
- 13) F. STEINHAUSER: Kleinklimatische Messungen der Windverhältnisse am Neusiedlersee, Idöjaras 1—2 1970
- 14) O. ECKEL: Klimatographie von Österreich, Wien 1960
- 15) W. WESTPHAL: Lehrbuch der Physik
- 16) A. KOHLER: Lake and Pan Evaporation; Lake Hefner Studies, U.S. Geol. Survey Prof. Paper 269
- 17) P. TUSCHL: Die Transpiration von Phragmites Communis im geschlossenen Bestand des Neusiedlersees. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien 1969
- 18) K. BURIAN: Mündliche Mitteilungen
- 19) W. MAHRINGER und O. MOTSCHKA: Met. Untersuchungen am Neusiedlersee im Jahre 1967; Wetter und Leben Nr. 20/1968
- 20) W. SCHMIDT: Der Massenaustausch in freier Luft und verwandte Erscheinungen (1. Grad Hamburg 1925)
- 21) O. G. SUTTON: Micrometeorology; London 1953
- 22) A. BAUMGARTNER: The Heat, Water and Carbon Dioxid; Budget of a plant Cover, München 1965.
- 23) G. HOFMANN: Strahlung und Verdunstung; Wiss. Zeitschrift Univ. Leipzig Math.-Nat. Reihe Nr. 4/1964
- 24) G. BERZ: Untersuchungen zum Wärmehaushalt der Erdoberfläche und zum bodennahen atmosphärischen Transport; Univ. München Wiss. Mitteilung 16/1969
- 25) S.TAJCHMANN: Energie und Wasserhaushalt verschiedener Pflanzenbestände bei München; Univ. München Wiss. Mitteilung 12/1967
- 26) D. BERENYI: Mikroklimatologie; Stuttgart 1967
- 27) C. W. THORNTON und B. HOLZMAN: Measurement of evaporation from Land and Water surfaces; Washington 1942
- 28) F. PASQUILL: Some estimates of the amount and diurnal variation of evaporation. Quart. Journ. Roy. Met. Soc. 75
- 29) A. S. MONIN und A. M. OBUCHOW: Fundamentale Gesetzmäßigkeit der turbulenten Vermischung in der bodennahen Schichte der Atmosphäre, Sammelband zur statistischen Theorie der Turbulent, Berlin 1958
- 30) N. E. RIDER: Quart. Journ. Roy. Met. Soc. 1954 Nr. 80