

## Zum Kleinklima der Heide – und Torfmoos – Gesellschaften des Naturschutzgebietes Kipshagener Teiche

mit 23 Abbildungen  
und 12 Tabellen

Ernst FRANKEN, Hamburg<sup>x1</sup>

### Inhalt

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 1.    | Vorbemerkung zum Anlaß und Werdegang der Untersuchung   | 214 |
| 2.    | Lage des Gebietes, Großklima, Bodenverhältnisse   | 217 |
| 3.    | Die Pflanzengesellschaften  | 218 |
| 4.    | Meßstellen, Meßpunkte, eingesetzte Instrumente  | 222 |
| 5.    | Witterungsverhältnisse während der Meßperiode   | 227 |
| 6.    | Meßergebnisse   | 229 |
| 6.1   | Zu den Temperaturverhältnissen  | 229 |
| 6.1.1 | Vorbemerkung  | 229 |
| 6.1.2 | Tagesmittelwerte der Temperatur aller Meßpunkte vom Teichrand bis zur <i>Calluna</i> –Heide, errechnet aus 24 stündlichen Werten der Tage vom 10. bis 19. August 1932 | 229 |
| 6.1.3 | Werte der Tageshöchsttemperaturen, der Tagestiefsttemperaturen und der Tagesschwankungen der Temperatur, 10. bis 19. August 1932                                      | 231 |
| 6.1.4 | Tagesgang der Temperatur in den Meßhöhen im Mittel der Tage vom 10. bis 18. August 1932   | 236 |

---

<sup>x1</sup>Name und Anschrift des Verfassers: Ernst Franken, Philipp Reis Weg 3, D–2000 Hamburg 67

<sup>x2</sup>Herausgeber: Die Vorsitzenden des Naturwissenschaftlichen Vereins für Bielefeld und Umgegend e.V., Kreuzstr. 38, D–4800 Bielefeld 1

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 6.1.5   | Temperaturprofile der <i>Calluna</i> –Heide und des nas-<br>sen <i>Sphagnum</i>  | 241 |
| 6.1.6   | Auswirkung von Unterschieden der Himmelsbedek-<br>kung und der Windgeschwindigkeit auf die Tempe-<br>raturverhältnisse   | 244 |
| 6.1.7   | Abweichungen der zweistündlichen Temperaturwerte<br>der einzelnen Meßpunkte gleicher Höhe von ihrem<br>gemeinsamen Mittelwert  | 250 |
| 6.1.7.1 | Abweichungen der mittleren zweistündlichen Tempe-<br>raturwerte der einzelnen Meßpunkte gleicher Höhe<br>von ihrem gemeinsamen Mittelwert der Zeitspanne<br>vom 10. bis 18. August 1932      | 250 |
| 6.1.7.2 | Abweichungen zweistündlicher Temperaturwerte der<br>einzelnen Meßpunkte gleicher Meßhöhe von ihren<br>gemeinsamen Mittelwerten an vier Tagen der Zeit-<br>spanne vom 10. bis 19. August 1932 | 252 |
| 6.1.7.3 | Tagesgänge der Temperaturdifferenzen der Meßhöhen<br>– 2.5 cm, 4 cm und 20 cm ( <i>Calluna</i> 30 cm) zur<br>Meßhöhe 0 cm  | 255 |
| 6.1.8   | Zusammenhänge statistischer Art zwischen Tempe-<br>raturen verschiedener Meßhöhen  | 257 |
| 6.1.9   | Zur Temperatur des ufernahen Teichbodens   | 260 |
| 6.2     | Zur relativen Luftfeuchtigkeit   | 262 |
| 7.      | Zusammenfassung  | 267 |
| 8.      | Literatur  | 270 |

## 1. Vorbemerkung zum Anlaß und Werdegang der Untersuchung

Im Jahre 1933 feierte der Naturwissenschaftliche Verein für Bielefeld und Umgebung sein 25jähriges Bestehen. Eine Festschrift befaßte sich mit naturkundlichen Bedingungen des Schutzgebietes "Kipshagener Teiche" (KIPSHAGEN 1933, 13 Arbeiten). Mein Beitrag behandelte das Klima der Senne (E. FRANKEN, 1933). Auf Anregung des Vereinsleiters Dr. F. KOPPE (1933) und meines Vaters (A. FRANKEN, 1933) wurden darüber hinaus Ablesungen an meteorologischen Instrumenten in einem Bereich vom nördlichen Ufer des unteren Teiches Kipshagens über *Sphagnum*– und *Erica*–Bestände bis zur höher gelegenen *Calluna*–Heide vorgenommen. Dabei halfen mir gerne und ohne Entgelt: W. HEISSMANN, W. VONHOFF, G. HOLLMANN, an einigen Tagen auch H. CITZLER, damals sämtlich arbeitslos.

Die Meßreihe begann am Abend des 9. August 1932 und endete am 19. August 24 Uhr.

Krankheit, Berufsausbildung und Beruf nahmen mich dann stark in Anspruch. Außerdem ging es mit dem Naturschutzgebiet steil bergab (KOPPE 1933, REHM 1962). Gepflanzte Kiefernbestände unterdrückten mehr und mehr die Heideflächen und setzten den *Sphagnum*-Polstern am Teichrand sehr zu. Ich sah kaum noch einen Sinn in dem Unternehmen und schob das Ausarbeiten der Meßergebnisse vor mir her, zumal auch die meßtechnischen Gegebenheiten ihre Schwächen gehabt hatten. Oft genug überkam mich aber auch am weit entfernten Wohnort das Gefühl, meine Entschuldigungsgründe seien fadenscheinig.

Auf den Monat genau, 50 Jahre nach den Messungen, fällt mir bei einem kurzen Besuch in Bielefeld – Brackwede ein Zeitungsartikel in die Hand. Eine Jugendgruppe versucht, durch Kahlschlag von Kiefern wenigstens in einem kleinen Teil des Gebietes den alten Zustand wiederherzustellen. Eben hier, am Nordrand des unteren Teiches, hatten wir 1932 die Messungen vorgenommen. Das gab den Ausschlag, alle Bedenken beiseite zu schieben, mich zu meiner Saumseligkeit zu bekennen, das seinerzeit gewonnene Material zu bearbeiten und es dem ein oder andern Interessenten zur Verfügung zu stellen.

Die Meteorologie muß mit einem besonderen Problem fertig werden. Bei ihr geht es um Faktoren, die sich von Stunde zu Stunde – auch in ihrem Zusammenspiel – ändern. Der Wechsel vom Tag zur Nacht, vom Sommer zum Winter, von Regen, Schneefall und Trockenheit erfordert jahrzehntelange Meßreihen zur Charakterisierung der klimatischen Bedingungen eines Standortes. Soll ein Urteil über die klimatischen Bedingungen in und unter Pflanzenbeständen gefällt werden, so kommen die Auswirkungen der Pflanzen und des Bodens mit ihren jahreszeitlich bedingten Abwandlungen hinzu. Das Gewinnen langer Meßreihen sämtlicher wichtigen Faktoren stößt jedoch vor allem in meist abgelegenen Naturschutzgebieten auf große Schwierigkeiten. Daher hilft jede Versuchsreihe dem Wissen um die Zusammenhänge.

Für das Auswerten des Beobachtungsmaterials spricht auch heute noch, daß wir seinerzeit stündlich – tags und nachts – eine größere Zahl von Instrumenten in mehreren Pflanzenbeständen abgelesen haben. Allerdings handelte es sich um die einfachsten Geräte. Vor allem ergaben sich größere Ungenauigkeiten bei den Hygrometern. Heute kämen bei einem solchen Unternehmen besser angepaßte Registrierverfahren zum Einsatz, vorausgesetzt, die finanziellen und personellen Anforderungen ließen sich erfüllen.

Noch schwerer als heute fanden sich vor 50 Jahren Vertreter verschiedener wissenschaftlicher Zweige zu einer Gemeinschaftsarbeit im gleichen Problemkreis bereit. Sie mußten dafür sogar das Fremdwort "Teamwork" übernehmen. Dr. F. KOPPE darf als Pionier dieser Arbeitsrichtung gelten. Das von ihm angeführte Unternehmen "Kipshagener Teiche" mit den Beiträgen in der Jubiläumsschrift des Naturwissenschaftlichen Vereins Bielefeld (1933) steht als Ergebnis der Zusammenarbeit.

Vielleicht erholen sich die Pflanzengesellschaften am Rande des unteren Teiches. Dann mag sich eine Arbeitsgruppe erneut und besser ausgestattet u.a. auch der bestandsklimatischen Probleme annehmen, wie das in Zeitabständen seit 1932 mit Fragen der Pflanzensoziologie geschehen ist. Dieser Gruppe dürfte mit einer ausführlichen Behandlung der 1932 mit einfachstem Instrumentarium gewonnenen Ergebnisse besser als mit einer gerafften Darstellung gedient sein.

Für den folgenden Untersuchungsbericht heißt es aber doch, einige Einschränkungen in Kauf zu nehmen. Tabellen treten an die Stelle einer Anzahl von Abbildungen. Das gilt vor allem für den Ablauf der Temperatur an jedem Meßpunkt und für einzelne Tage des Untersuchungszeitraumes. Statt der stündlich gemessenen Werte geben die Tabellen nur die Werte jeder zweiten Stunde an. Sollte in einiger Zukunft jemand erneut den bestandsklimatischen Bedingungen der Pflanzengesellschaften Kipshagens nachgehen, so kann ihm der Verfasser einen Bericht mit weiteren graphischen Darstellungen ausleihen.

Mein Dank gilt dem Naturwissenschaftlichen Verein Bielefeld. Der Verein hat sich trotz des seit 1932 verstrichenen Zeitraumes zur Veröffentlichung der seinerzeit gewonnenen Ergebnisse bereit erklärt. Ferner macht er es durch sein Zustimmung zu einer ausführlichen Wiedergabe dem Leser möglich, den langen und mühsamen Weg von den Meßwerten bis zum Abschluß der Auswertung mitzugehen. Ähnlich geartete Untersuchungen müssen sich meist mit einer stark abgekürzten Darstellung zufrieden geben. Dabei bleibt das Wissen um das Für und Wider in der Deutung der Zusammenhänge leicht auf der Strecke.

Ich widme die verspätete Ausarbeitung Dr. FRITZ KOPPE, meinem Vater AUGUST FRANKEN und meinem Bruder WILHELM FRANKEN (damals 18jähriger Schüler, gef. 13.1.1945), die wesentliche Beiträge zur Jubiläumsausgabe 1933 gestellt haben. Schließlich dem Bruder OTTO FRANKEN (gef. 31.12.1942), der als 12jähriger beim Transport von Instrumenten geholfen hat.

Die Instrumente stellten das Geophysikalische Institut der Universität Göttingen und die Öffentliche Wetterdienststelle Hamburg. Mein Dank dafür kommt sehr verspätet.

Zum Schluß der Vorbemerkung ein nostalgischer Farbkleck: Unser Stützpunkt an den Teichen, ein kleines Giebelzelt. Wer sich damals der Probleme Kipshagens annahm, der setzte sich dazu wieder und wieder aufs Fahrrad. Nahte die Nacht, so fielen Starenschwärme aus allen Richtungen ins Schilf des oberen Teiches ein.

## 2. Lage des Gebietes, Großklima, Bodenverhältnisse

Das Naturschutzgebiet Kipshagener Teiche liegt zwischen den Ortschaften Schloß Holte und Stukenbrock, 6 km südlich des Teutoburger Waldes in einer Meereshöhe von etwa 125 m NN. Es umfaßt 20 Hektar, davon 3 Hektar Wasserfläche. Eine Lageskizze bringt REHM (1962).

FRANKEN (1933) beschreibt das Großklima. Da an einen Vergleich mit kleinklimatischen Bedingungen in *Calluna*-Beständen der Lüneburger Heide gedacht wird (LÖTSCHERT 1962), scheint hier ein Nebeneinanderstellen einiger großklimatischer Mittelwerte der Senne und des Gebietes um den Wilseder Berg angebracht. Im Falle der Senne mußten langjährige Werte Güterslohs den Bedingungen der höher gelegenen Senne angepaßt werden.

| Mitteltemperatur (T °C)<br>1881 bis 1930 |        |      | Niederschlagsmengen (mm)<br>1891 bis 1930 |              |
|--|--------|------|---|--------------|
|  | Januar | Juli | Jahr                                      | Mai bis Juli |
| Kipshagen                                | 0,6    | 16,7 | 798                                       | 277          |
| Wilsede                                  | -0,5   | 16,7 | 738                                       | 202          |

Die größere Jahresniederschlagsmenge der Senne ist demnach den reichlicheren Regenfällen der Monate Mai bis Juli zu verdanken.

Nach BURRICHTER (1933) und HORST (1962) sind durch menschliches Einwirken im Klima überwiegend ozeanischen Charakters auf den Sandböden Norddeutschlands ausgedehnte Heideflächen entstanden, die zur Ortsteinbildung neigen.

Bei Beachten der Streuung in Tiefe und Dicke der einzelnen Bodenschichten stimmen die mittels Bohrstock bis zu einer Tiefe von etwa 80 cm nördlich des unteren Teiches ermittelten 12 Profile mit den von REHM (1962) angegebenen überein. Unter ufernahen *Sphagnum*-Beständen erreicht die obere Humusschicht eine Dicke von 70 cm und mehr. In einem niedrigen *Sphagnum*-Polster, 5 m vom Ufer entfernt, folgt unterhalb 60 cm humoser Sand. Ab etwa 15 m nördlich des unteren Teiches besteht die oberste Bodenschicht bis zu 3 oder 5 cm Tiefe aus lockerem Humus. Darunter folgt eine Schicht grauen oder braunen Sandes. Lockerer Ortstein nimmt in wechselnder Dicke und Tiefe eine Lage zwischen 25 und 50 cm ein. Die tieferen Schichten bestehen hier aus gelbem oder ortsteinbraunem Sand.

Die Pflanzen und Pflanzengesellschaften des norddeutschen Flachlandes haben sich unter ständig wechselnden Temperatur-, Strahlungs- und Niederschlagsverhältnissen entwickelt und darauf eingestellt. Innerhalb eines be-

grenzten Gebietes sind es vor allem die unterschiedlichen Bodeneigenschaften im weitesten Sinn, die dem Aufkommen einer "Einheitsgesellschaft" entgegenstehen und die Vielzahl der Pflanzengesellschaften ermöglichen. Abweichungen im Strahlungseinfall an Hügelhängen führen bestenfalls zu Variationen in der gleichen Gesellschaft, und dies trotz deutlicher Temperaturunterschiede der Hanglagen bei Strahlungswetter (LÖTSCHERT 1962). Nach ELLENBERG (1963) kommt Braunmoos nicht auf Süd bis West exponierten Bulthängen vor.

Für die fast waagerechte Meßstrecke Kipshagens sind damit die Grenzen des Untersuchungsvorhabens gesteckt. Es wird nicht der Versuch gemacht, die vorgefundenen Pflanzengesellschaften auf darin herrschende meteorologische Bedingungen zurückzuführen, obgleich Bodenflora und Insektenwelt infolge der teilweisen Abschirmung der Sonnenstrahlung durch die bis zu 40 cm hohen Heidepflanzen und der damit verbundenen Temperaturbeeinflussung ihre eigene Note erhalten können. Auch ein Vergleich mit der nahegelegenen Klimastation Hövelriege muß sich auf die Werte der kurzen Meßperiode beschränken. Rückschlüsse auf andere Jahreszeiten und Jahre hätten wesentlich längere Meßreihen erfordert.

### 3. Die Pflanzengesellschaften

Die Untersuchung sollte einen Eindruck von den Temperatur- und Luftfeuchteverhältnissen in einigen Pflanzengesellschaften des Naturschutzgebietes vermitteln. Namenslisten der jeweils beteiligten Pflanzen finden sich bei KOPPE (1933). Abb. 1 und Abb. 3 stellen die Streubreite der jeweils an verschiedenen Stellen des Naturschutzgebietes in den *Calluna*- und *Erica*-Beständen beteiligten Pflanzenarten dar. Man darf annehmen, daß an allen 3 Stellen der *Calluna*-Heide und denen der *Erica*-Heide die gleichen meteorologischen Bedingungen herrschen. Beweis oder Gegenbeweis dieser Annahme ließe sich nur durch moderne Datenerfassung und -bearbeitung über lange Meßperioden erbringen. Dabei wäre in jeder der Gesellschaften die gleiche Meßanordnung mehrfach zu wiederholen. Ein solches Vorhaben lag 1932 außerhalb der Möglichkeiten.

Die Angaben sollen das Eingliedern der Kipshagener Pflanzengesellschaften in die z.B. von RUNGE (1966) gebrachte Liste der Assoziationen erleichtern und damit den Vergleich der Meßdaten mit in Heidebeständen anderer Regionen ermittelten meteorologischen Werten ermöglichen, dies in Anbetracht der kurzen Beobachtungsreihe mit allem Vorbehalt.

Der Mittelbalken der Abb. 1 führt die in der *Calluna*-Heide am oberen

ostwärts Feldweg      am oberen Teich      am unteren Teich

|                    |                              |                     |
|--------------------|------------------------------|---------------------|
| _____              | Calluna vulgaris             | _____               |
| _____              | Vaccinium vitis idaea        | _____               |
| _____              | Betula verrucosa             | _____               |
| _____              | Juniperus communis           | _____               |
| _____              | Pinus silvestris (gepflanzt) | _____               |
| _____              | Rumex acetosella             | _____               |
| _____              | Scleranth. perenn.           | Molinia coerueola   |
| Spergula Märisonii | Hypericum perfor.            | _____               |
| Teesdalia nudic.   |                              |                     |
| Hieracium pilos.   | Carex arenaria               | _____               |
| Festuca ovina      |                              |                     |
| _____              | Dicranum scoparium           | _____               |
| _____              | Polia nutans                 | _____               |
| _____              | Entodon Schreberi            | _____               |
| _____              | Hypnum ericetor.             | _____               |
| _____              | Ceratodon purpur.            | _____               |
| _____              | Polytrichum juniper-         | _____               |
| _____              | "    piliferum               | _____               |
| _____              | Ptilidium ciliare            | Pogonatum nanum     |
| Lactarius rufus    | Boletus bovinus              | _____               |
| _____              | Polis ictus perennis         | _____               |
| _____              | Telephora terrestr.          | _____               |
| _____              | Clavaria inaequal.           | _____               |
| _____              | Cladonia silvatica           | Lophozia ventricosa |
| _____              | "    impexa                  | _____               |
| _____              | "    gracilis                | Cladonia pyxidata   |
| _____              | "    bacillaris              | _____               |
| _____              | "    coniocraza              | _____               |
| _____              | "    squamosa                | _____               |
| _____              | "    unicialis               | _____               |
| _____              | Cetraria tenuiss.            | _____               |

Abb. 1: Pflanzen in der *Calluna*-Heide von Kipshagen (nach KOPPE 1933)

Teich von KOPPE (1933) vorgefundenen Pflanzen an. Kräftig ausgezogene Querstriche zeigen, welche dieser Pflanzen auch am Feldweg oder im Gebiet der meteorologischen Messungen (unterer Teich) vorkommen. Dünne Querstriche geben an, daß es die im Mittelteil angeführte Pflanze am Feldweg bzw. am unteren Teich nicht gibt, wohl aber eine nah verwandte. Geht es nach der Zahl der kräftigen Linien, so besteht zwischen der *Calluna*-Heide ostwärts des Feldweges und der am oberen Teich größere Übereinstimmung als zwischen den beiden Beständen an den Teichen.

Da später die Meßergebnisse in der Kipshagener *Calluna*-Heide mit denen LÖTSCHERTS (1962) verglichen werden, gibt Abb. 2 die Pflanzenassoziation Kipshagens und die eines Nord- und eines benachbarten Südhangs des

Lüneburger Heide  
(Nordhang)

Senne

Lüneburger Heide  
(Südhang)

|                              |                                  |                               |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
|                              | <i>Calluna vulgaris</i>          |                               |
|                              | <i>Vaccinium vit. id.</i>        |                               |
|                              | <i>Betula verruc.</i>            | <i>Genista pilosa</i>         |
|                              | <i>Juniperus communis</i>        |                               |
| <i>Picea excelsa</i>         | <i>Pinus silvestris</i> (gepfl.) |                               |
|                              | <i>Rumex acetosella</i>          |                               |
|                              | <i>Scleranth. perenn.</i>        |                               |
| <i>Nardus stricta</i>        | <i>Spergula Morisonii</i>        | <i>Spergula vernalis</i>      |
|                              | <i>Hypericum perfor.</i>         |                               |
|                              | <i>Molinia coerulea</i>          |                               |
|                              | <i>Teesdaea nudic.</i>           |                               |
|                              | <i>Hieracium pilos.</i>          |                               |
| <i>Carex pilulifera</i>      | <i>Carex arenaria</i>            | <i>Carex pilulifera</i>       |
| <i>Festuca capillata</i>     | <i>Festuca ovina</i>             | <i>Festuca capillata</i>      |
|                              |                                  | <i>Deschampsia flexuosa</i>   |
| <i>Dicranum undulatum</i>    | <i>Dicranum scoparium</i>        |                               |
|                              | <i>Pohlia nutans</i>             | <i>Sieglingia decumbens</i>   |
|                              | <i>Entodon Schreberi</i>         | <i>Spergula vernalis</i>      |
|                              | <i>Hypnum ericetum</i>           | <i>Rumex acetosella</i>       |
|                              | <i>Ceratodon purpureus</i>       | <i>Hypnum cupressiforme</i>   |
|                              |                                  | <i>" ericetum</i>             |
| <i>Polytrich. attenuat.</i>  | <i>Polytrichum juniperum</i>     | <i>Polytrichum attenuatum</i> |
|                              | <i>Polytrichum piliferum</i>     |                               |
| <i>Leucobryum glaucum</i>    | <i>Pogonatum nanum</i>           | <i>Leucobryum glaucum</i>     |
|                              | <i>Ptilidium ciliare</i>         | <i>Dicranum spurium</i>       |
| <i>Dicranum scoparium</i>    |                                  | <i>Dicranum scoparium</i>     |
| <i>Pleurozium schreberi</i>  | <i>Lactarius rufus</i>           |                               |
|                              | <i>Boletus bovinus</i>           |                               |
|                              | <i>Polys ictus perenn.</i>       |                               |
|                              | <i>Telephora terrestr.</i>       |                               |
|                              | <i>Clavaria inaequal</i>         |                               |
| <i>Cladonia mitis</i>        | <i>Cladonia pyxidata</i>         | <i>Cladonia mitis</i>         |
|                              | <i>" silvatica</i>               |                               |
|                              | <i>" impexa</i>                  |                               |
|                              | <i>" gracilis</i>                |                               |
| <i>Cladonia chlorophaea</i>  | <i>" bacillaris</i>              | <i>Cladonia chlorophaea</i>   |
|                              | <i>" coniocraea</i>              | <i>" pleurota</i>             |
|                              | <i>" squamosa</i>                |                               |
|                              | <i>" uncialis</i>                |                               |
| <i>Cetraria islandica</i>    | <i>Cetraria tenuiss.</i>         | <i>Cetraria islandica</i>     |
| <i>Comicularia aculeata</i>  | <i>Lophozia ventricosa</i>       | <i>Comicularia aculeata</i>   |
| <i>Marasmius androsaceus</i> |                                  | <i>Marasmius androsac.</i>    |
|                              |                                  | <i>Parmelia physodes</i>      |

Abb. 2: Pflanzen in der *Calluna*-Heide von Kipshagen und der Lüneburger Heide (nach LÖTSCHERT 1962)



Nordrand  
oberer Teich

Westecke  
des Gebietes

Nordrand  
unterer Teich

|                      |                         |                         |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| _____                | Erica tetralix          | _____                   |
| _____                | Calluna vulgaris        | _____                   |
| _____                | Vaccinium myrtill.      | _____                   |
| _____                | " vitis idæa            | _____                   |
| _____                | Vaccinium uliginosum    | _____                   |
| _____                | Genista anglica         | _____                   |
| _____                | Betula pubescens        | _____                   |
| _____                | Molinia coerulea        | _____                   |
| _____                | Juncus squarrosus       | _____                   |
| _____                | Carex panicea           | _____                   |
| _____                | Drosera rotundifolia    | Eriophorum vaginatum    |
| Rhynchospora alba    | _____                   | Rhynchospora alba       |
| _____                | Scirpus caespitosus     | _____                   |
| _____                | Lycopodium inund.       | _____                   |
| _____                | Juncus supinus          | _____                   |
| _____                | " effusus               | _____                   |
| _____                | Nardus stricta          | _____                   |
| _____                | Pedicularis silvatica   | _____                   |
| _____                | Gentiana pneumon.       | _____                   |
| _____                | _____                   | Eriophorum polyst.      |
| _____                | _____                   | Carex Oederi            |
| _____                | _____                   | Rhynchospora fusca      |
| _____                | Sphagnum compactum      | _____                   |
| _____                | " cymbitoid.            | _____                   |
| _____                | " plumulosum            | _____                   |
| _____                | " fimbriatum            | _____                   |
| _____                | " teres                 | _____                   |
| _____                | _____                   | Sphagnum rubellum       |
| _____                | _____                   | " papillosum            |
| _____                | _____                   | " medium                |
| _____                | _____                   | " auriculat.            |
| _____                | _____                   | " recurvum              |
| _____                | Leptoscyph. anomal.     | _____                   |
| _____                | Gymnocolea inflata      | _____                   |
| Odonotosch. denudat. | _____                   | _____                   |
| Cephalozia Francisci | Cephalozia bicuspidata  | _____                   |
| " dia Hampeana       | " connivens             | Cephalozia macrostachya |
| _____                | Lophozia Mildiana       | _____                   |
| _____                | Alicularia scalaris     | _____                   |
| _____                | _____                   | Pellia epiphylla        |
| _____                | _____                   | Odonotoschisma Sphagni  |
| Dicranum spurium     | _____                   | Lepidozia setacea       |
| " scop. orthoph.     | _____                   | _____                   |
| Entodon Schreberi    | _____                   | _____                   |
| Pohlia nutans        | Hypnum ericetor.        | _____                   |
| Hypnum imponens      | Leucobryum glaucum      | _____                   |
| _____                | Polytrichum perigoniale | _____                   |
| _____                | " juniperin.            | _____                   |
| _____                | _____                   | Dicranella cervicul.    |
| _____                | _____                   | Aulacomn. palustre      |
| _____                | _____                   | Polytrichum strict.     |
| _____                | Zygonium ericet.        | _____                   |
| Baeomyces rufus      | _____                   | Cetrana tenuissima      |
| Lecidea granulosa    | _____                   | Baeomyces rufus         |
| Cladonia undulata    | _____                   | _____                   |
| _____                | Cladonia implexa        | _____                   |
| _____                | " silvatica             | _____                   |
| _____                | _____                   | Cladonia floerkeana     |
| " chlorophaea        | _____                   | " pyxidata              |
| " bacillaris         | _____                   | _____                   |
| " pleurota           | _____                   | Cladonia squamosa       |

Abb. 3: Pflanzen in der Erica-Heide von Kipshagen (nach KOPPE 1933)

Gebietes um den Wilseder Berg wieder. In diesen Vergleich sind die Pflanzenarten aller 3 Bestände Kipshagens einbezogen worden. Es deutet sich eine nähere Übereinstimmung zwischen den Assoziationen Kipshagens und derjenigen des Südhanges der Lüneburger Heide an.

Für die *Erica*-Bestände dreier Stellen des Schutzgebietes erscheint die Beteiligung der Arten gleichmäßiger (Abb. 3). Der Nordrand des unteren Teiches (Gebiet meteorologischer Messungen) hebt sich jedoch durch die Vielzahl der *Sphagnum*-Variationen ab. Ein Vergleich dieser Gesellschaft des unteren Teiches zeigt nähere Verwandtschaft mit der *Sphagnetum papill.* Subass. von *Erica tetralix* der Lüneburger Heide als mit dem dortigen *Ericetum cladoniotosum* (HORST 1962). Dies läßt sich vielleicht aus dem größeren Bodenwassergehalt in den ähnlichen Beständen erklären.

Für die *Sphagnum*-Bestände in Teichnähe bringt KOPPE (1933) folgende Liste:

|                              |                             |                              |
|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <i>Pinus silvestris</i>      | <i>Molinia coerulea</i>     | <i>Sphagnum rubellum</i>     |
| <i>Betula verrucosa</i>      | <i>Rhynchospora alba</i>    | <i>Sphagnum plumulosum</i>   |
| <i>Betula pubescens</i>      | <i>Carex ampullacea</i>     | <i>Sphagnum recurvum</i>     |
| <i>Juniperus communis</i>    | <i>Juncus acutiflorus</i>   | <i>Sphagnum teres</i>        |
| <i>Calluna vulgaris</i>      | <i>Drosera rotundifolia</i> | <i>Sphagnum subsecundum</i>  |
| <i>Erica tetralix</i>        | <i>Drosera intermedia</i>   | <i>Sphagnum cymbofolium</i>  |
| <i>Andromeda polifolia</i>   | <i>Gentiana pneum.</i>      | <i>Sphagnum papillosum</i>   |
| <i>Vaccinium myrtillus</i>   | <i>Pinguicula vulgaris</i>  | <i>Sphagnum medium</i>       |
| <i>Vaccinium vitis-idaea</i> |                             | <i>Pohlia nutans</i>         |
| <i>Vaccinium oxycoccus</i>   |                             | <i>Aulacomnium pal.</i>      |
|                              |                             | <i>Drepanoclad. fluit.</i>   |
|                              |                             | <i>Scorpidium scorpioid.</i> |

Nach REHM (1962) dürfte die *Calluna*-Heide Kipshagens am ehesten der trockenen Heide (*Calluna genistetum typicum*) entsprechen (RUNGE 1966). Die *Erica*-Bestände lassen sich am besten als Feuchtheide einstufen (*Ericetum tetralix*, RUNGE 1966). Die *Sphagnum*-Bestände rechnen zur Papillenbleichmoos-Gesellschaft (*Sphagnetum papillosum*, RUNGE 1966, REHM 1962).

#### 4. Meßstellen, Meßpunkte, eingesetzte Instrumente

Die Meßstrecke mit insgesamt 8 Meßstellen (Nr. 0 bis 7) reicht vom Nordufer des unteren Teiches in nördlicher Richtung über eine Strecke von etwa 35 m (Abb. 4). Sie verläuft zuerst fast waagrecht und steigt dann auf eine

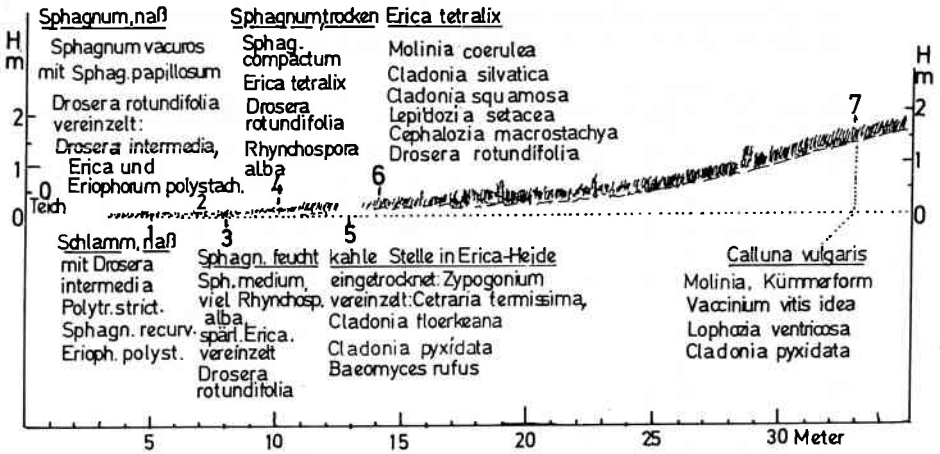


Abb. 4: Strecke der Meßstellen vom Nordufer des unteren Kipshagener Teiches über *Sphagnum*- und *Erica*-Bestände bis zur *Calluna*-Heide, dazu Angabe der unmittelbar bei den Meßstellen gefundenen Pflanzen

Höhe von etwa 1.5 m über den Wasserspiegel des Teiches an. Die einzelnen Meßstellen weichen zum Teil etwas nach Osten oder Westen von der geraden Verbindung der beiden äußersten Stellen ab. Damit kann der Abstand zwischen zwei Stellen bis zu 2 m größer sein als aus der Abbildung ersichtlich. Eingetragen sind die unmittelbar bei der betreffenden Meßstelle gefundenen Pflanzen. Diese Bestimmung erfolgte wesentlich später als die Aufnahme Dr. KOPPEs. So ergeben sich geringfügige Unterschiede zu den Angaben der Abb. 2 und 3.

An den Meßstellen befinden sich unterschiedliche Anzahlen meteorologischer Instrumente, von denen nun jedes die Bezeichnung **Meßpunkt** erhält (Abb. 5). Die Nummer des Meßpunktes wird durch die der Meßstelle angeführt. Die zweite Stelle gibt Auskunft über Instrumentenart und die Aufstellungshöhe. Angegeben sind ferner die in späteren Darstellungen für die verschiedenen Meßstellen verwendeten Symbole. Für den Fall wolkenlosen Wetters ist die Uhrzeit ersichtlich, bei der die Sonne auf ein Thermometer fiel oder auf den Boden darüber, oder dies nur beschränkt tat oder garnicht. Dies kann von Bedeutung sein, da die Temperatur von der Meßhöhe 0 cm an aufwärts mit ungeschützt der Sonne und dem Nachthimmel ausgesetzten Minimumthermometern gemessen worden ist.

Nr. der Meßpunkte (MP), Meßhöhen (MH), Instrumententyp; Zeitspannen, Bestandesarten, Besonnung der Thermometer, Zeichen in Abbildungen

| MP Nr | MH cm | INS Art | Zeitspanne  |  | Bestand               | UhrMoZ |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   | Zeichen |       |
|-------|-------|---------|-------------|--|-----------------------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---------|-------|
|       |       |         | August 1932 |  |                       | 09     | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |   |   |         |       |
| 00    | ~4    | T       | 11.-19.     |  | auf Teichboden        | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • | •       | ..... |
| 01    | ~11   | T       | 15.-19.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • | •       |       |
| 10    | -2.5  | T       | 10.-19.     |  | Schlamm,naß           | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • | •       |       |
| 12    | 4     | MT      | 10.-18.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • | ▽       |       |
| 17    | 4     | H       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 20    | -2.5  | T       | 10.-19.     |  | Sphagnum,naß          | •      | •  | •  | o  | •  | •  | •  | •  | o  | o  | • | • |         |       |
| 21    | 0     | MT      | 10.-19.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | o  | o  | o | o | •       |       |
| 22    | 4     | MT      | 10.-19.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 23    | 20    | MT      | 10.-19.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 27    | 4     | H       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 28    | 20    | H       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 30    | -2.5  | T       | 10.-19.     |  | Sphagnum,feucht       | o      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | o  | •  | • | • |         |       |
| 31    | 0     | MT      | 10.-19.     |  | "                     | •      | o  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | o  | •  | • | • |         |       |
| 32    | 4     | MT      | 10.-19.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • | o       |       |
| 33    | 20    | MT      | 10.-18.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 37    | 4     | H       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 38    | 20    | H       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 40    | -2.5  | T       | 10.-19.     |  | Sphagnum,trocken      | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | o | • |         |       |
| 41    | 0     | MT      | 10.-19.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | o | • | •       |       |
| 47    | 4     | H       | 13.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 50    | -2.5  | T       | 10.-19.     |  | kahle Stelle in Erica | •      | o  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 51    | 0     | MT      | 10.-19.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | o | • | +       |       |
| 57    | 4     | H       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 60    | -2.5  | T       | 10.-19.     |  | Erica                 | o      | o  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 61    | 0     | MT      | 10.-18.     |  | "                     | •      | o  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | o  | o  | o | • | —       |       |
| 63    | 20    | MT      | 10.-18.     |  | "                     | •      |    | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 68    | 20    | H       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 70    | -2.5  | T       | 10.-18.     |  | Calluna               | •      | o  | •  | o  | o  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 71    | 0     | MT      | 10.-18.     |  | "                     | •      | o  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | o  | o  | o | • | —       |       |
| 73    | 30    | MT      | 10.-18.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 74    | 90    | MT      | 11.-18.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 75    | 160   | MT      | 11.-18.     |  | "                     | •      | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | •  | • | • |         |       |
| 77    | 4     | H       | 13.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 78    | 30    | H       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 79    | 160   | W       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |
| 80    | 90    | W       | 10.-19.     |  | "                     |        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |   |   |         |       |

T=Quecksilberthermometer H=Hygrometer  
 MT=Minimumth.(Alkohol) W=Schalenkreuzanemometer  
 bei wolkenlosem Himmel: • Sonne auf Th oder auf Boden darüber  
 o " ztw" " " " " "  
 • " nicht" " " " " "

Abb. 5: Angaben über die Verteilung der Instrumente auf die einzelnen Meßstellen, über Beobachtungszeitspannen, Besonnung der Thermometer und die in späteren Abbildungen verwendeten Symbole

Die mit klarer Meßflüssigkeit gefüllten und ohne Abschirmung der Sonne und dem Nachthimmel ausgesetzten Minimumthermometer für die Luft- und Oberflächentemperaturen ließen nur geringe Strahlungsfehler erwarten. Am ehesten mußten die so festgestellten Temperaturwerte denen benachbarter Pflanzenteile nahekommen. Die in der Meßhöhe 160 cm an einem nicht abgeschirmten Thermometer festgestellten Tageshöchsttemperaturen der Zeitspanne vom 11. bis 18. August 1932 lagen im Mittel um  $0.5^{\circ}\text{C}$  höher als die in Hövelriege (Entfernung 12 km) in der Klimahütte (Meßhöhe 2 m) gewonnenen. Die Tagestiefsttemperaturen brachten einen um  $0.7^{\circ}\text{C}$  niedrigeren Mittelwert bei geringer Streuung der Einzelwerte.

Als weiterer Hinweis für die geringen Differenzen zwischen abgeschirmten und der Sonne ausgesetzten Minimumthermometern dient das Ergebnis einer im Juli 1983 nachgeholtten Vergleichsreihe im Garten des Berichterstatters. Als Basisinstrument der Reihe diente ein Minimumthermometer unter einer kleinen Styroporabschirmung, Meßhöhe 10 cm. Über ganz kurz gehaltenem Rasen ergab sich an 10 wolkenlosen Tagen um 04 Uhr MOZ ein Mittelwert von  $10.0^{\circ}\text{C}$ . Bis 13 Uhr stieg der Wert auf  $31.2^{\circ}\text{C}$ . Die Differenz eines nicht abgeschirmten Thermometers gleicher Meßhöhe zum Basisinstrument blieb zur Mittagszeit unter  $0.4^{\circ}\text{C}$  und brachte morgens und am Abend leichte negative Abweichungen. Größere negative Abweichungen bis zu  $2.5^{\circ}\text{C}$  ergaben sich tagsüber hinter einer Schatten gebenden Styroporplatte der Größe  $20 \times 40$  cm, hier als Folge der geringeren Erwärmung der Unterlage zu deuten. Ein nicht abgeschirmtes Quecksilberthermometer brachte tagsüber Differenzen bis zu  $1.3^{\circ}\text{C}$ . Im Mittel von 6 wolkenreichen Tagen gingen die stündlich gewonnenen Differenzen erheblich zurück. Ein dem Boden aufliegendes Thermometer mit klarer Meßflüssigkeit kann bei Strahlungswetter um mehr als  $10^{\circ}\text{C}$  höhere Werte anzeigen als das geschützte Thermometer der Höhe 10 cm.

Der Vergleich zeigt, daß sich die Messung mit der Strahlung ausgesetzten Thermometern verantworten ließ. Die Meßergebnisse dürften den Temperaturen von Pflanzenteilen (Heide) oder der niedrigen *Sphagnum*-Polster nahe kommen. Die Pflanzen sprechen ja nicht nur auf die Lufttemperatur an, sondern auch auf die Strahlungsintensität. Allerdings kann Nässe zu Temperaturrückgang durch Verdunstung führen. Nach Vergleichsmessungen hielt KERÄNEN (1929) die Meßmethode mit etwas in den Boden eingedrückten Thermometern ebenfalls für brauchbar.

Die Quecksilberthermometer für die Bodentiefe 2.5 cm leiden zwar nicht unter Strahlungsfehlern. Dafür können geringe Unterschiede in der Meßtiefe oder ein etwas lockerer Bodenschluß die Meßergebnisse beeinflussen. Die eingesetzten Haarhygrometer waren für eine senkrechte Lage des Haares

gedacht. Unter diesen Umständen wäre an eine Feuchtebestimmung dicht über dem Boden (4 cm) nicht zu denken gewesen. Um zu Werten der Höhe 4 cm zu kommen, mußten die Instrumente um 90° gedreht werden. Ein Vergleich der Anzeigewerte bei senkrechtem und waagrechtem Haar ergab die später anzubringenden Korrekturen. Es zeigte sich dann doch, daß den meist niedrigen Mittagswerten der relativen Luftfeuchtigkeit eine größere Ungenauigkeit zukommt. Seinerzeit standen aber besser geeignete Instrumente, wie z.B. das von BÜDEL (1931), nicht zur Verfügung. Ein Beobachter las die Instrumente ab und diktierte die Werte einem andern. Das Beleuchten der Instrumente mit der Taschenlampe, das Ablesen und Eintragen der Werte nahm bei den zahlreichen Instrumenten einer Einzelperson zuviel Zeit.

Während der Beobachtungszeitspanne sank der Wasserspiegel des Teiches um etwa 10 cm. Am 15. August legten wir deswegen ein zweites Thermometer auf den Teichboden.

Bodenfeuchtebestimmungen fehlen leider. An den Standorten nasser Schlamm und nasses *Sphagnum* quoll das Wasser beim Auftreten über die Schuhe. Beim feuchten *Sphagnum* floß Wasser beim Zusammendrücken mit der Hand in dünnen Fäden herunter.

Die wichtigsten Gesetzmäßigkeiten des thermischen Verhaltens der bodennahen Luftschicht und des Bodens waren auch zur Zeit der Untersuchung seit langem bekannt. Trockner, stark lufthaltiger und humoser Boden gilt als schlechter Wärmeleiter, nasser, kompakter hingegen als besserer. Trotz besserer Wärmeleitung kann es jedoch an einem Tag starker Sonneneinstrahlung unterhalb der Oberfläche des nassen Bodens kälter sein, weil hier mehr Wärme durch Verdunstung abgegeben wird. Ein- und Ausstrahlung, Wärmeleitungs-, Kondensations- und Verdunstungsvorgänge bestimmen die Temperaturverhältnisse des Bodens, der Pflanzen und deren Umgebung. Die bescheidene Versuchsanstellung erlaubt meist nur Vermutungen über die Ursachen der zwischen den verschiedenen Meßstellen festgestellten Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsunterschiede.

Für nassen Moorboden wird eine Dichte (Gewicht eines Kubikzentimeters) von 0.8 bis 1.0 angesetzt, für trocken von 0.3 bis 0.6. Für die Wärmeleitfähigkeit ergeben sich die Größen 0.7 bis 1.0 bzw. 0.1 bis 0.3 (cal/cm<sup>3</sup>Sek Grad).

Auf wenigen Metern Entfernung eines nahezu ebenen Geländes sind in 1 m Höhe keine Unterschiede der Lufttemperatur zu erwarten. Diese treten nur in geringer Höhe über dem Boden auf, wenn sich die Bodenoberflächen oder niedrige Pflanzenbestände unterschiedlich erwärmen. So konnte sich die Temperaturmessung in 90 und 160 cm Höhe auf eine Meßstelle beschränken.

Das Ablesen der Instrumente erfolgte zur mittleren Ortszeit (MOZ) und dauerte etwa 15 Minuten.

## 5. Witterungsverhältnisse während der Meßperiode

Bis in den August hinein hatte sich der Sommer von der kühlen und regnerischen Seite gezeigt. Dann setzte am 9. August Wetterbesserung ein. Die Tageshöchsttemperaturen der Klimastationen (Meßhöhe 2 Meter) stiegen von etwa 20° auf über 30°C an. Der August 1932 setzte sich damit als wärmster an die Spitze aller Monate des Jahres und verdrängte den meist führenden Monat Juli auf den zweiten Platz. Während der Juli im nahegelegenen Hövelriege eine Niederschlagsmenge von 59 mm brachte, kam der August nur auf 28 mm. In der ganzen Meßperiode gab es nur ein kurzes Mitternachtsgewitter vom 14. zum 15. August. Wie in Hövelriege, so dürfte dabei auch die in Kipshagen gefallene Regenmenge etwa 6 mm betragen haben.

Abb. 6 zeigt Einzelheiten des Witterungsablaufs, wie sie zur besseren Auslegung der Meßergebnisse erforderlich sind. Für jeden Tag finden sich Angaben über die Bewölkungsverhältnisse, die Sonnenscheindauer und die Windgeschwindigkeit. Wolkenmenge und Wolkendichte wurden stündlich geschätzt. Zur Hauptsache handelte es sich tagsüber um leichte Haufenbewölkung mit höchstens geringem Einfluß auf die Strahlungsbedingungen, dazu um leichte Cirruswolken. Mittelhohe Schichtbewölkung, zum Teil auch tiefe Wolken rückten am frühen Nachmittag des 14. August heran, verstärkten sich durch die Wolkenschichten des erwähnten Nachtgewitters und zogen dann bereits am frühen Morgen des 15. wieder ab. Mittelhohe Wolkenfelder schoben sich noch an einigen Stunden des 13. und 17. August über die Sennelandschaft. Der Wind, gemessen in 160 cm Höhe, wehte durchweg nur schwach. Nur zu den mit dicken Punkten herausgehobenen Zeitspannen überstieg die Windgeschwindigkeit 1.5 m/s im Stundenmittel. Im ganzen läßt sich von einem für kleinklimatische Untersuchungen idealen Witterungsverlauf sprechen. Je stärker der Wind und je dichter die Himmelsbedeckung, um so weniger kommt es zum Ausbilden kleinklimatischer Unterschiede zwischen benachbarten Pflanzengesellschaften.

August 1932

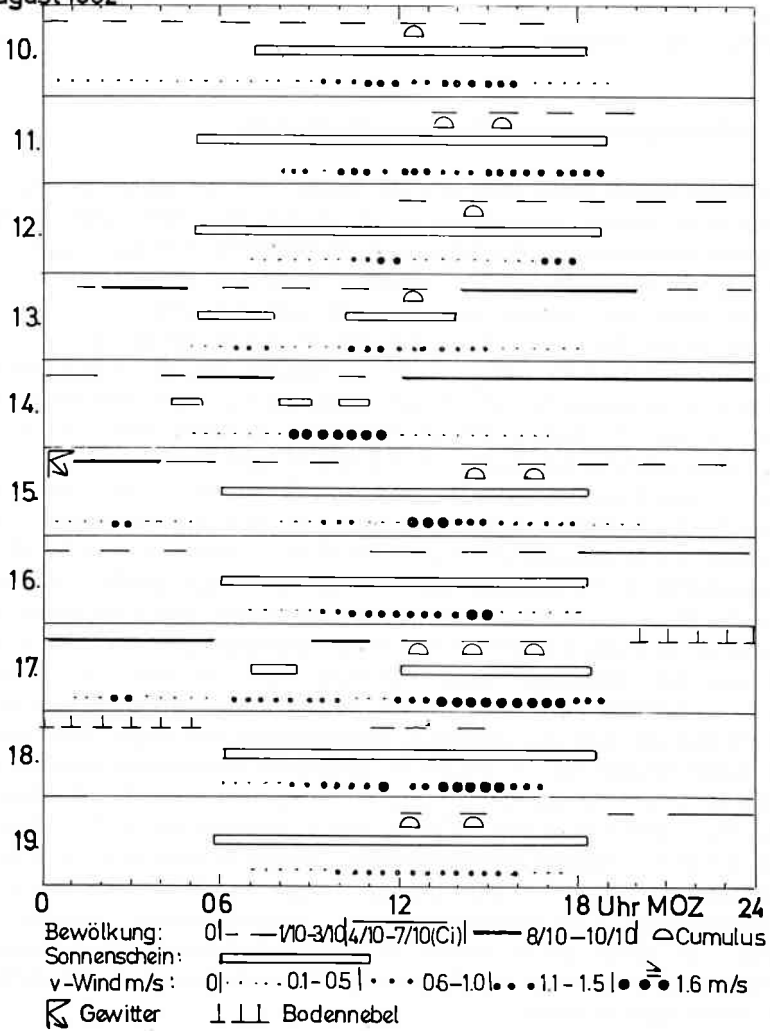


Abb. 6: Witterungsverhältnisse während der Meßperiode vom 10. bis 19. August 1932



6. Meßergebnisse  
6.1 Zu den Temperaturverhältnissen  
6.1.1 Vorbemerkung

Je geringer die Zahl der Meßwerte, um so mehr gilt es, sie zum Vermeiden von Fehlschlüssen nach mehreren Möglichkeiten miteinander zu vergleichen. Hierzu bieten sich an: Stunden-, Tagesmittel- und Tagesextremwerte der Temperatur der Meßhöhen in den einzelnen Beständen, Abweichungen der Meßwerte gleicher Höhe von ihren gemeinsamen Mittelwerten, Vergleich der in verschiedenen Meßhöhen der jeweils gleichen Meßstelle gewonnenen Daten.

Einige Mittelwerte mußten aus einer nur 9tägigen Zeitspanne gebildet und durch Interpolation den 10tägigen Mitteln angeglichen werden.

6.1.2 Tagesmittelwerte der Temperatur aller Meßpunkte vom Teichrand bis zur *Calluna*-Heide, errechnet aus 24 stündlichen Werten der Tage vom 10. bis 19. August 1932

Auf den erwähnten Witterungsumschlag stellt sich die Temperatur in 160 cm Höhe am schnellsten auf ein Niveau ein, das sie bis zum Ende der Messungen beibehält. Die Höhen bis herunter zu 4 cm erreichen diesen Stand einen Tag später am 13. August. An der Bodenoberfläche steigen die Temperaturen ab 15.8. noch um etwa 1°C über die Werte vom 13.8. an. Gleiches gilt für die Bodentemperaturen in 2.5 cm Tiefe von *Sphagnum* und Schlamm. In den Heidebeständen steigt hier hingegen die Temperatur vom Beginn bis zum Ende der Meßperiode ziemlich stetig an. Mit geringen Schwankungen verhält sich die Temperatur des ufernahen Teichbodens ebenso, doch in einem etwa 4°C höherem Niveau, zu verdanken dem Eindringen der Sonnenstrahlung bis zum Teichboden (Abb. 7).

In den Heideböden bleiben die mittleren Tagestemperaturen um 2 bis 3°C unter denen der anderen Bestände. Das dürfte sich auf die schlechte Wärmeleitung der lockeren, lufthaltigen oberen Bodenschicht der Heide zurückführen lassen. Dafür spricht auch das verzögerte Eindringen der allgemeinen Erwärmung. Ob hier ein stärkeres Beschatten der Bodenoberfläche durch die Heidesträucher mitspielt, läßt sich aus den Tagesmittelwerten der Bodenoberfläche nicht ableiten.

Mit deutlich niedrigeren Temperaturmitteln fällt nasses *Sphagnum* in den Höhen 0, 4 und 20 cm auf, ebenso der nasse Schlamm in 4 cm Höhe. Hier spricht viel für die abkühlende Wirkung der Verdunstung. Die relativ hohen Temperaturen dieser Meßstellen in 2.5 cm Tiefe lassen sich auf die bessere

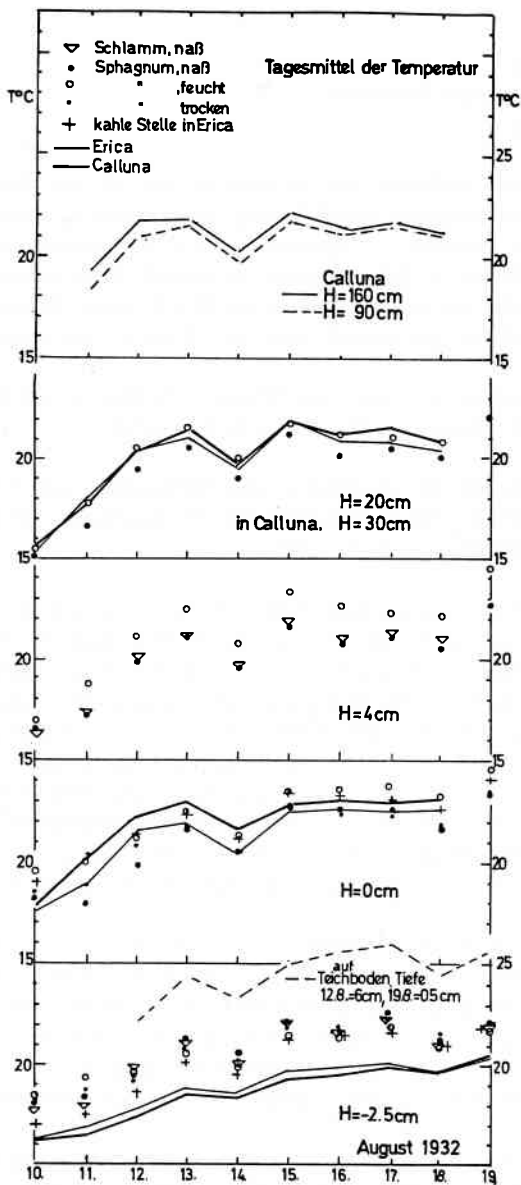


Abb. 7: Tagesmittelwerte der Temperatur in verschiedenen Beständen und Meßhöhen, Kipshagen 10. bis 19. August

Wärmeleitung der obersten Bodenschicht zurückführen. Wegen geringerer Verdunstung liegen die Temperaturwerte in 0, 4 und 20 cm Höhe über feuchtem *Sphagnum* dagegen höher. Auf die gleiche Ursache dürften sich die, verglichen mit dem nassen *Sphagnum*, etwas höheren Temperaturen in den Heidebeständen (0 und 20 bzw. 30 cm Höhe) zurückführen lassen.

### 6.1.3 Werte der Tageshöchsttemperaturen (TMax), der Tagestiefsttemperaturen (TMin) und der Tagesschwankungen (TS) der Temperatur, 10. bis 19. August 1932

Der Übersichtlichkeit halber mußten die Meßwerte der Meßpunkte im Boden ( $H = -2.5$  cm) und die der Bodenoberfläche ( $H = 0$  cm) auf je zwei Säulen verteilt werden (Abb. 8). Die Sonderstellung der Temperaturen in 2.5 cm Tiefe kommt durch niedrige Tageshöchst- und hohe Tagestiefsttemperaturen zum Ausdruck. Wie sich zeigt, sind für die niedrigen Tagesmitteltemperaturen dieses Niveaus (Abb. 7) der beiden Heidestellen in erster Linie die dort niedrigen Temperaturen der hellen Tageszeit verantwortlich. Durch relativ niedrige Tageshöchsttemperaturen zeichnen sich auch nasses und feuchtes *Sphagnum* aus, beim nassen *Sphagnum* auf starke Verdunstung an der Oberfläche zurückzuführen (niedrige Höchsttemperaturen an der Oberfläche). Beim feuchten *Sphagnum* dürfte eher eine geringere Wärmeleitfähigkeit der obersten Bodenschicht mitwirken. Hier liegen nämlich die Tageshöchsttemperaturen in 0 und 4 cm Höhe über denen der andern Meßpunkte. Der nasse Schlamm fällt durch hohe Tageshöchsttemperaturen und niedrige Tagestiefsttemperaturen im Boden auf, vielleicht weil die Sonnenwärme trotz der Verdunstungsverluste am schnellsten in den Boden eindringen und nachts wieder leichter den umgekehrten Weg gehen kann. Die Auswirkung der zur Eintrittszeit der Tageshöchsttemperaturen unterschiedlich erwärmten Bodenoberflächen erstreckt sich nach oben bis zum Niveau 20 cm (*Calluna* 30 cm).

Bei den Tiefsttemperaturen der Höhen ab 0 cm herrscht bessere Übereinstimmung. In den Heidebeständen nehmen die Temperaturen bis zum Niveau 20 (*Calluna* 30) cm etwas ab, darüber wieder leicht zu. Dies entspricht den normalen Bedingungen in Pflanzenbeständen (GEIGER 1961).

Sowohl Höchst- als auch Tiefsttemperaturen des ufernahen Teichbodens liegen über den entsprechenden Werten der Bodentiefe 2.5 cm. Die Sonneneinstrahlung dürfte den Teichboden der sehr flachen Uferzone stark erwärmen. Die hohen Nachttemperaturen erklären sich aus der thermischen Trägheit des Wassers.

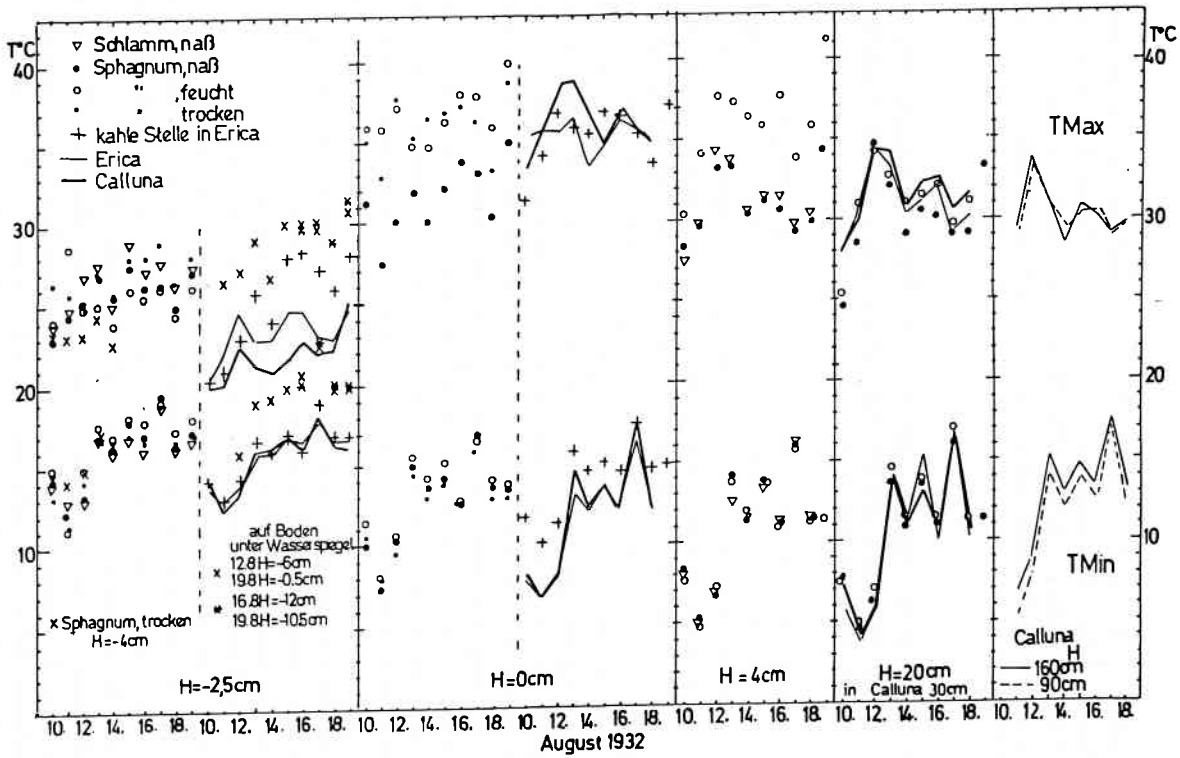


Abb. 8: Werte der Tageshöchsttemperaturen (TMax) und der Tagesniedrigtemperaturen (TMin) der verschiedenen Meßpunkte, Kipshagen 10. bis 19. August 1932

EGGELSMANN (1981) fand während des Julis 1952 in 5 cm Höhe der *Erica*-Heide von Königsmoor um 3°C höhere Tageshöchsttemperaturen als im Hochmoor-Grasland. Der Tatbestand dürfte im Einklang mit den Kopenhagener Ergebnissen stehen, wobei allerdings Unterschiede in den Meßhöhen und auch in den Beständen das Urteil erschweren.

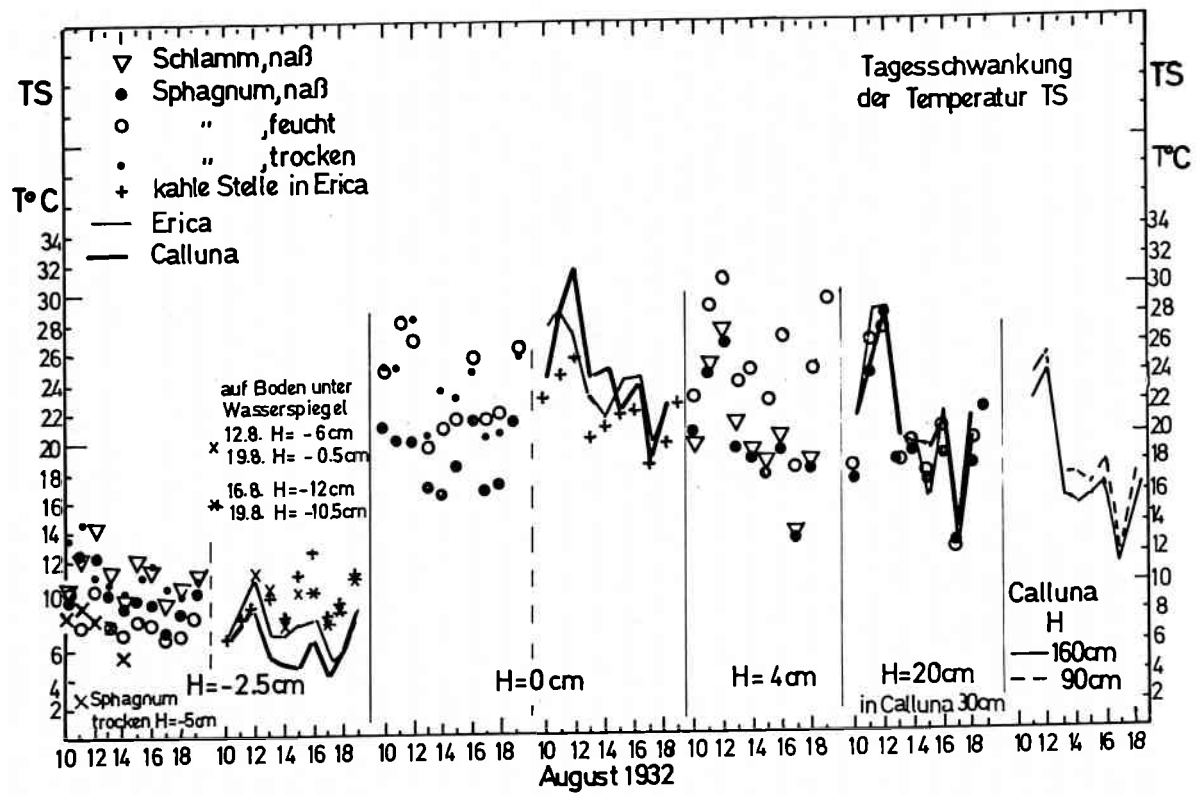
Unter Tagesschwankung der Temperatur wird die Differenz zwischen dem Tageshöchst- und dem Tagestiefstwert der Temperatur verstanden, in unserm Fall die Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten abgelesenen stündlichen Temperaturwert (Abb. 9).

In 2.5 cm Bodentiefe weist meist der nasse Schlamm die höchsten Tagesschwankungen auf. Da hier sowohl hohe Mittags- als auch niedrige Nachtwerte (Abb. 8) beteiligt sind, spricht das Erscheinungsbild für gute Wärmeleitung des nassen Materials. Vielleicht spielt die dunkle Bodenfarbe mit, die allzu starken Wärmeverluste durch Verdunstung an der nassen Oberfläche entgegenwirkt. Die relativ hohe Temperaturschwankung im Boden der kahlen *Erica*-Stelle muß eine andere Ursache haben. Sie ist den hohen Tageshöchsttemperaturen (Abb. 8) zu verdanken. Vermutlich liegt es zum Teil an einem mangelhaften Kontakt zwischen der Thermometerkugel und dem Boden. Ähnliches könnte für das trockne *Sphagnum* zutreffen. Derartige Probleme können auftreten, wenn der Einbau der Instrumente erst kurz vor Beginn der Meßserie erfolgt. Leider gab es seinerzeit keine Möglichkeit, etwas Zeit zwischen Instrumenteneinbau und Beginn der Meßserie verstreichen zu lassen. Die geringsten Schwankungen im Boden weist die Heide auf, vor allem die *Calluna*-Heide, hier in erster Linie auf die niedrigen Tageshöchsttemperaturen zurückzuführen (Abb. 8). Die Schwankungen liegen sogar unter denen des ufernahen Teichbodens, der ja besser von der Sonnenstrahlung erreicht wird als der durch Heidepflanzen und Boden abgeschirmte Meßpunkt in der Heide.

In der Heide nehmen die Tagesschwankungen vom Boden an aufwärts ab, wobei allerdings keine Werte aus der Höhe 4 cm vorliegen. Bis zur Höhe 20 (*Calluna* 30) cm liegt das vor allem an einer Abnahme der Tageshöchsttemperaturen (Abb. 8). Die geringeren Schwankungen über nassem *Sphagnum* erklären sich vor allem aus niedrigen Tageshöchsttemperaturen, zurückzuführen auf Verdunstungsverluste.

Die zahlreichen Punkte vorausgegangener Abbildungen erschweren es, allgemeine Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Deswegen wird für jede der Meßhöhen -2.5, 0 und 20 (*Calluna* 30) cm aus allen Meßpunkten ein Mittelwert jeden Meßtages gebildet, wegen der wenigen Punkte ohne die Höhe 4 cm (Abb. 10).

Abb. 9: Tagesschwankungen der Temperatur an den Tagen vom 10. bis 19. August 1932



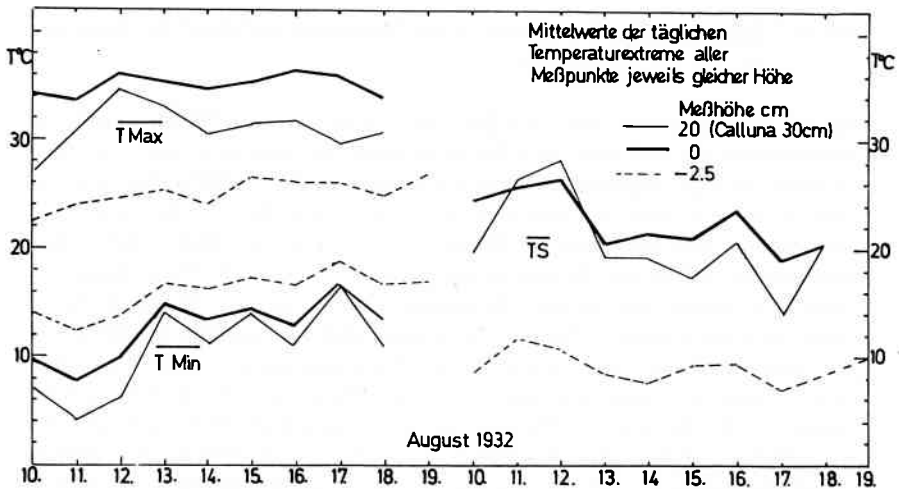


Abb. 10: Über alle Messpunkte gleicher Messhöhe gemittelte Tagesextremwerte der Temperatur für die einzelnen Tage der Zeitspanne vom 10. bis 18. (19.) August 1932, Kipshagen

Am höchsten liegen die mittleren täglichen Tageshöchsttemperaturen (TMax) an der Bodenoberfläche mit 34 bis 36°C. Um 1 bis 6°C bleiben die mittleren Maxima der Messhöhe 20 (*Calluna* 30) cm unter den gleichzeitigen der Bodenoberfläche. Die Maxima in 2.5 cm Tiefe liegen um 8 bis 12°C unter denen der Bodenoberfläche.

Bei den mittleren Tiefsttemperaturen ändert sich die Reihenfolge. Am höchsten liegen die Minima im Boden, um etwa 2 bis 4°C gefolgt von denen der Bodenoberfläche und dann diese in weit geringerem Abstand von den Minima in 20 bzw. 30 cm Höhe.

Der Unterschied der Tagesschwankungen (Diff. TMax - TMin) zwischen den Messstellen in 2.5 cm Tiefe und denen an der Bodenoberfläche sowie in 20 (30) cm Höhe beträgt 10 bis 16°C.

Damit ist festgelegt, mit welchen Unterschieden im Mittel aller beteiligten Pflanzengesellschaften in den angegebenen Messhöhen bei sonnigem Sommerwetter zu rechnen ist.

#### 6.1.4 Tagesgang der Temperatur in den Meßhöhen im Mittel der Tage vom 10. bis 18. August 1932

In 2.5 cm Bodentiefe (Abb. 11) fällt der von den übrigen Meßpunkten stark abweichende Verlauf unter den Heidebeständen auf, der sich bereits in Abb. 8 durch niedrige Tageshöchsttemperaturen abzeichnete. Auffällig und einprägsam wird jetzt, daß das Absinken der Temperatur ab 12 Uhr einsetzt, 2 Stunden vor dem Rückgang der Temperatur in den andern Böden. Am frühen Nachmittag bleiben die Heidebodentemperaturen in 2.5 cm Tiefe damit um etwa 4°C hinter den übrigen Beständen zurück. An der Bodenoberfläche deutet sich ein früheres Absinken der Temperatur an. Auffällig erscheint hier die schnelle Erwärmung während der Vormittagsstunden. Sie wird zum relativ schnellen Temperaturanstieg bis zum Mittag in 2.5 cm Tiefe geführt haben. Vielleicht liegt ein Wechsel zwischen stärkerem Strahlungseinfall bis zum Boden während des Vormittags zu stärkerer Abschattung des Bodens durch Heidesträucher am Nachmittag vor. Die Angaben der Abb. 11 können das allerdings nicht überzeugend nachweisen. Hier zeigt sich, wie wichtig das mehrfache Wiederholen der gleichen Versuchsanordnung zur Vermeidung von Fehlschlüssen sein muß. Diese Forderung ließ sich seinerzeit nicht verwirklichen.

SCHMEIDL (1978) beobachtete, daß die Mittagstemperaturen in etwa 1 cm Tiefe eines *Sphagnum*-Bultes (entspricht etwa dem trocknen *Sphagnum* Kipshagens) bei Strahlungswetter im August auf 35°C anstiegen, in einer Schlenke (entspricht dem nassen *Sphagnum* Kipshagens) dagegen um 3°C darunter blieben. Die gleiche Differenz ergab sich auch in Kipshagen. Unterschiedliche Meßanordnungen, wie zum Beispiel bei den Meßhöhen der verschiedenen Versuchsansteller, erschweren den Vergleich mit den in anderen Gebieten Deutschlands erzielten Ergebnissen. Dazu gesellen sich noch die Schwierigkeiten durch zu kurze Meßreihen und vor allem durch das Fehlen einer mehrfachen Wiederholung der gleichen Meßanordnung in jedem einzelnen Bestand.

Die niedrigen Tageshöchstwerte an der Oberfläche des nassen *Sphagnum* (Abb. 11) gelten entsprechend für einen großen Teil der hellen Tageszeit. Dies trifft ebenfalls für den nassen Schlamm in der hier nur untersuchten Höhe von 4 cm zu.

Die Mittagstemperaturen folgen durch ihre Abnahme mit der Höhe einem Normalverhalten. Über feuchtem *Sphagnum* nehmen die Temperaturen von der Oberfläche zur Höhe 4 cm langsam, darüber hinaus schnell ab. Die langsame Abnahme bis zum 4 cm-Niveau trifft auch für nasses *Sphagnum* zu, setzt sich dann aber bis zur Höhe 20 cm fort. Die stärkere Erwärmung



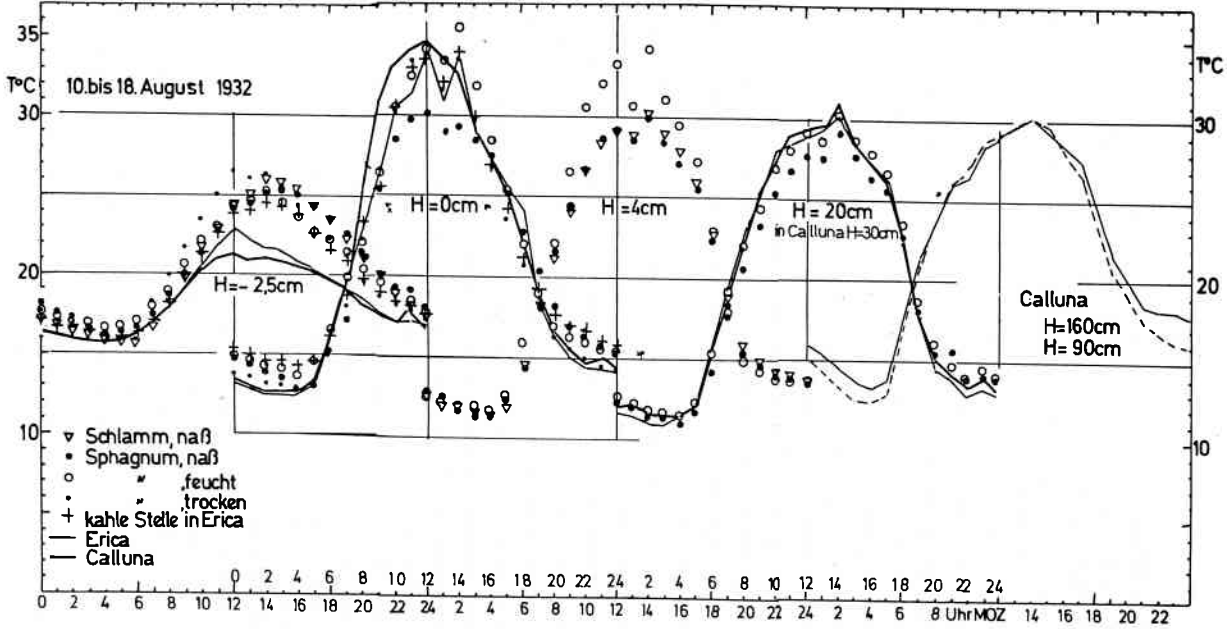


Abb. 11: Tagesgang der Temperatur in den verschiedenen Meßhöhen im Mittel der Tage vom 10. bis 18. August 1932, Kipshagen

des feuchten *Sphagnum* wirkt sich noch im Niveau 4 cm aus, und zwar durch im Mittel um bis zu 4°C höhere Temperaturen gegenüber nassem *Sphagnum*. In 20 cm Höhe schrumpft der Unterschied auf etwa 1°C zusammen. Ein Auswirken der bestandsbedingten unterschiedlichen Bodenoberflächentemperaturen auf die Meßhöhen 90 und 160 cm läßt sich nicht nachweisen und ist auch nicht zu erwarten. Dazu müßten die Bestände der einzelnen Pflanzengesellschaften wesentlich ausgedehnter sein.

Die Nachttemperaturen nehmen von der Oberfläche bis zur Höhe 4 cm, für die Heidebestände bis zur Höhe 20 bzw. 30 cm ab. Dann steigen sie über *Calluna* bis zur Höhe 160 cm wieder deutlich an.

Bisher haben wir Tagesmittel, Tagesextreme und Tagesgänge der Temperatur untersucht und dabei das Verhältnis der Meßpunkte gleicher Höhe zueinander betrachtet. Bevor es zu den Beziehungen an den einzelnen Tagen geht, gilt es, die Temperaturen der Meßpunkte unterschiedlicher Höhe der gleichen Meßstelle zu vergleichen. Hier gibt es wegen der begrenzten Thermometerzahl nur wenige Möglichkeiten.

An der Bodenoberfläche der *Calluna*-Heide (Abb. 12) erreicht die Mitteltemperatur der 8tägigen Zeitspanne um 12 Uhr ihren höchsten Wert mit 35°C. Die übrigen Meßhöhen bleiben bereits ab 08 Uhr um bis zu 8°C unter den Werten der Oberfläche, im Boden bis zu 15°C. In den Höhen ab 30 cm erreichen die Mitteltemperaturen erst um 14 Uhr ihren höchsten Wert.

Wie bereits bemerkt, könnte der frühe Temperaturrückgang der Bodenoberfläche durch stärkeres Beschatten des Heidebodens ab Mittag verursacht sein. Lügen Messungen aus 4 cm Höhe vor, so wären hier nur geringe Unterschiede zu den Werten der Bodenoberfläche wahrscheinlich. Die, verglichen mit den höheren Meßebenen, zur Mittagszeit um 1 bis 2°C höheren Temperaturen des Niveaus 30 cm erklären sich aus der erhöhten Temperatur der Heidesträucher bei geringer Windgeschwindigkeit, wie das z.B. bei Getreidebeständen bekannt ist (GEIGER 1961).

Die Nachttemperaturen in 30 cm Höhe liegen zum Teil um etwas mehr als 1°C unter denen der Bodenoberfläche. Zum Teil dürfte sich das aus der im höheren Niveau geringeren Gegenstrahlung ableiten.

Im Boden folgt die Temperatur einem wesentlich gemäßigteren Gang. Die Tagesschwankung der Temperatur beträgt hier 5.5°C und bleibt damit um 4.5°C unter der im nassen *Sphagnum* und um etwa 4°C unter der im feuchten *Sphagnum*.

Abb. 13 zeigt den starken Einfluß der Bodenoberflächentemperaturen auf die Temperatur der bodennächsten Luftschicht bis zur Höhe 4 cm und den darüber wesentlich schwächeren bis zur Höhe 20 cm. Den bis zu etwa 35°C

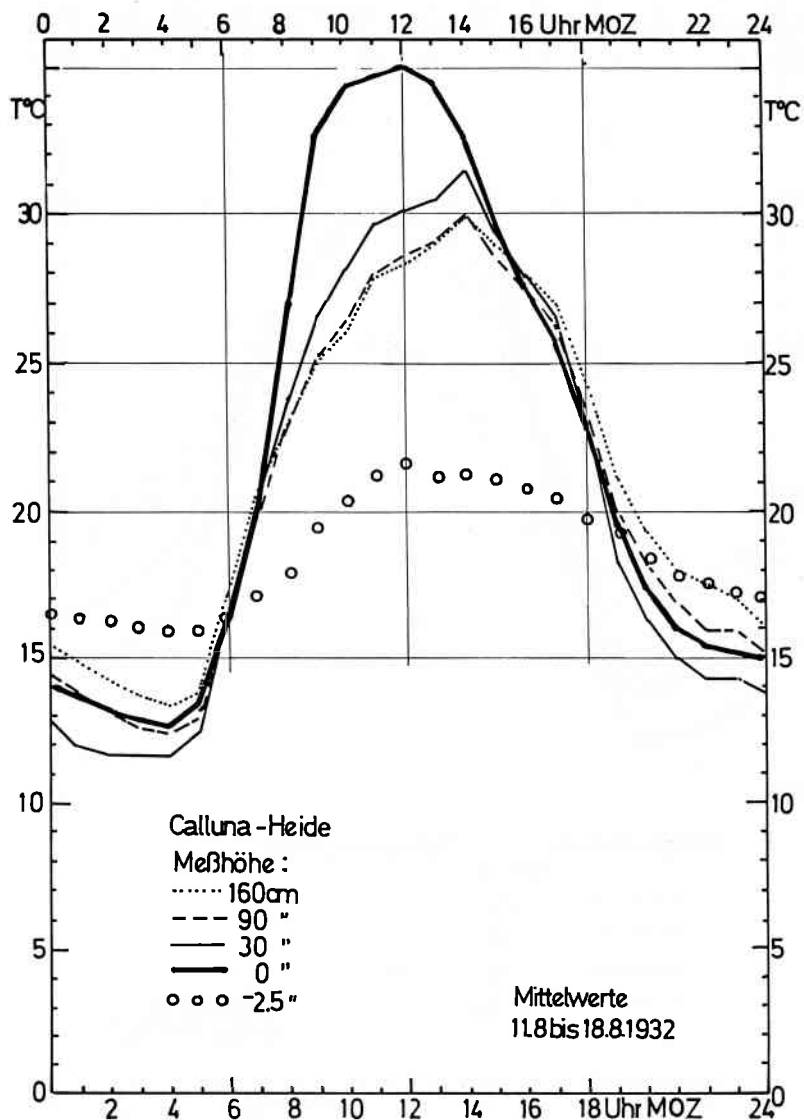


Abb. 12: Mittlerer Tagesgang der Temperatur in verschiedenen Höhen der Calluna-Heide, Zeitspanne 11. bis 18. August 1932, Kipshagen

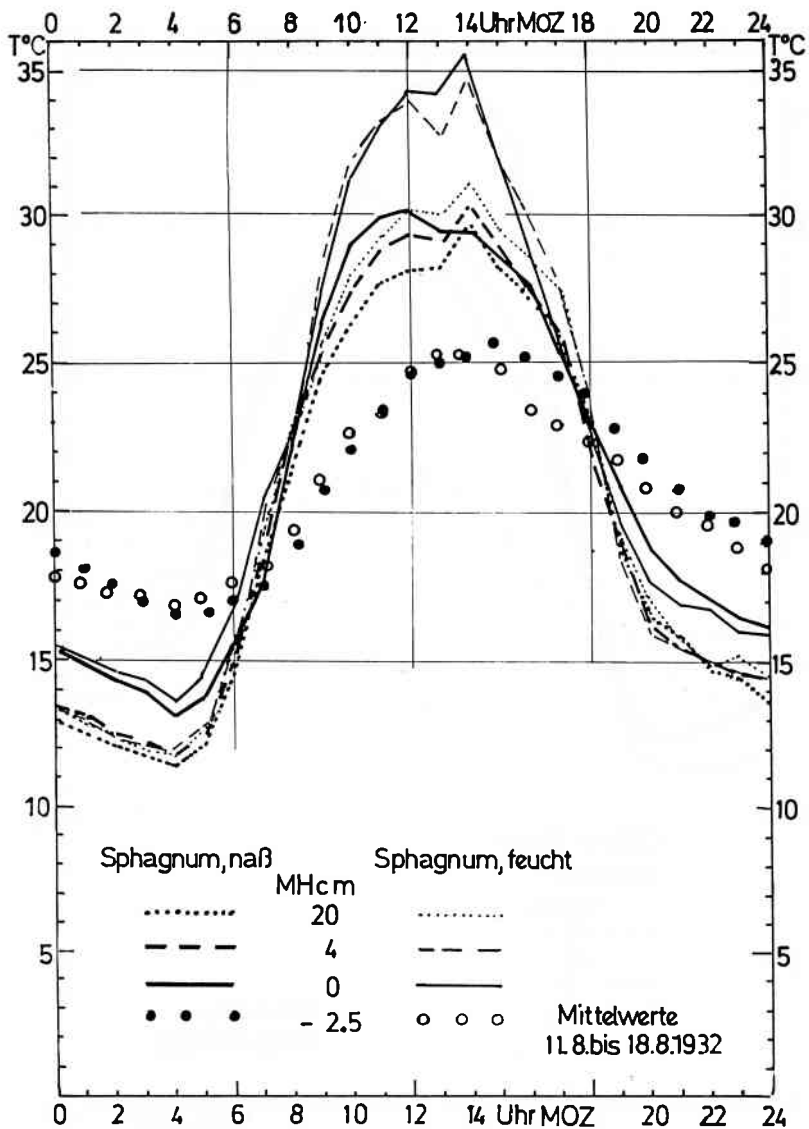


Abb. 13: Mittlerer Tagesgang der Temperatur an je 4 Meßpunkten ( $H = -2.5$  bis  $20$  cm) des nassen und des feuchten *Sphagnum*, 11. bis 18. August 1932, Kipshagen

ansteigenden Mittagstemperaturen der Oberfläche des feuchten *Sphagnum* folgt in geringem Abstand die Temperatur in 4 cm Höhe. Von 14 Uhr abgesehen gilt das gleiche für die Beziehung der beiden Meßhöhen des nassen *Sphagnum*, dies in einem um 4 bis 5°C niedrigeren Temperaturniveau. Während beim feuchten *Sphagnum* die Mittagstemperaturen der Höhe 20 cm um etwa 4°C unter denen der Höhe 4 cm liegen, beträgt die entsprechende Differenz beim nassen *Sphagnum* 1 bis 2°C. Auch hier würden sich bei jeweils erheblich größeren Flächen von feuchtem bzw. nassem *Sphagnum* in 20 cm Höhe größere Unterschiede einstellen.

In der obersten Bodenschicht zeigt der Temperaturgang des nassen *Sphagnum* einen etwas trägeren Verlauf als der des feuchten. Das dürfte sich wenigstens teilweise auf die thermischen Eigenschaften des Wassers zurückführen lassen.

### 6.1.5 Temperaturprofile der *Calluna*-Heide und des nassen *Sphagnum*

Manche Wesenszüge des Bestandsklimas kommen in der jetzt gewählten Darstellungsart gut heraus (vgl. GEIGER 1961). Dazu müssen die Meßwerte einer Anzahl von Punkten unterschiedlicher Höhe des gleichen Bestandes vorliegen. Diese Bedingung ließ sich streng genommen nur für die *Calluna*-Heide erfüllen. Wir können jedoch davon ausgehen, daß die Temperaturwerte der Höhen 90 und 160 cm in der *Calluna*-Heide auch für die übrigen Bestände zutreffen. Der Abstand der Meßstellen ist zu gering, als daß in diesen Höhen meßbare Unterschiede zu erwarten wären. Damit wird ein Vergleich zwischen der *Calluna*-Heide und dem nassen *Sphagnum* möglich.

In 4stündigem Abstand zeigen die beiden Abbildungen (Abb. 14 und 15) die Höhenabhängigkeit der Temperatur. Die Werte der Höhen 90 und 160 cm stimmen in beiden Darstellungen überein. Ausgewählt wurden die Daten des 12. (Strahlungstag) und des 14. (wolkenreicher) August 1932, dazu die Mittelwerte des Zeitspanne vom 11. bis zum 18. August. Die Werte der Bodentiefe 2.5 cm weichen stark von denen der Oberfläche ab. Wären sie ebenfalls durch punktierte oder gestrichelte Linien mit den Oberflächenwerten verbunden worden, so hätte darunter die Übersichtlichkeit gelitten.

Von der Bodenoberfläche an aufwärts verzeichnen in den 4 ausgewählten Nachtstunden (0, 4 Uhr und 20, 24 Uhr MOZ) die Höhen 20 bzw. 30 cm die niedrigsten Temperaturwerte in der *Calluna*-Heide und auch über nassem *Sphagnum*. In der Heide spielt hier das Verlagern des Strahlungsumsatzes vom Boden zur Oberfläche des Bestandes mit, beim *Sphagnum* die infolge des guten Wärmenachschubs aus dem Boden relativ hohe Bodenoberflächen-

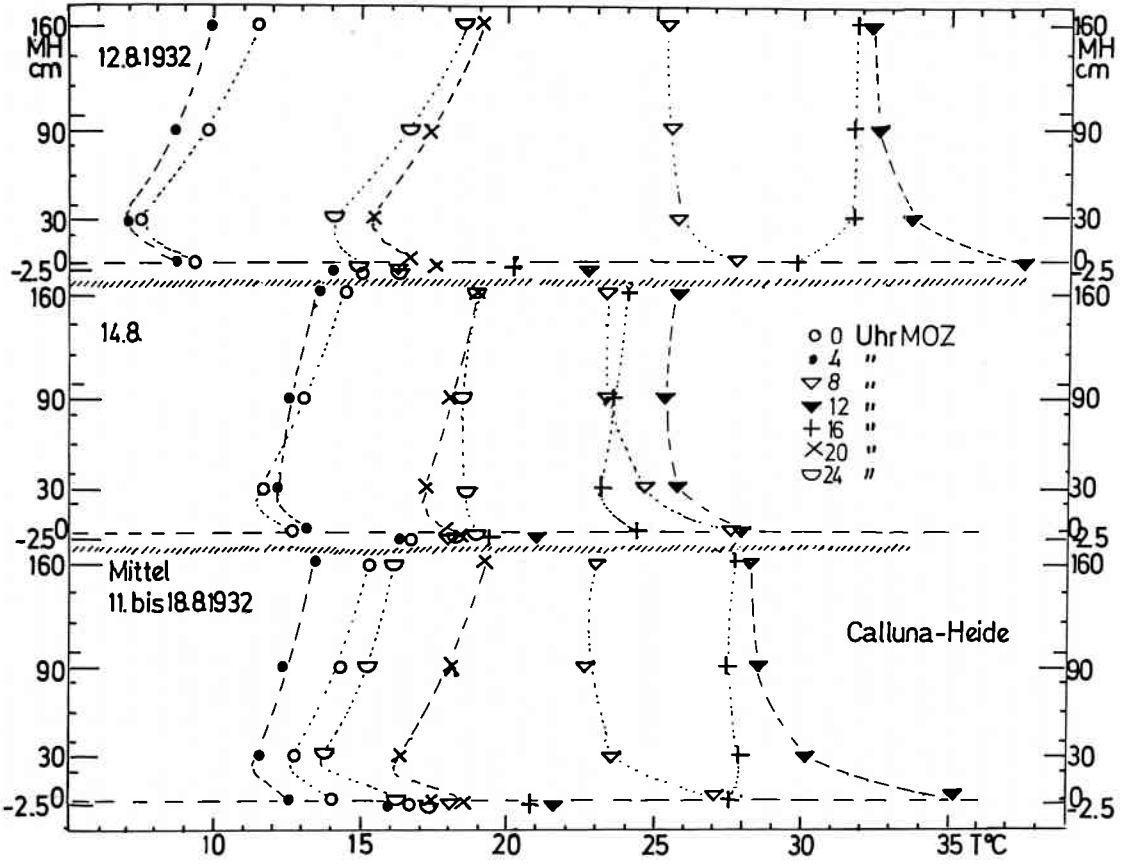
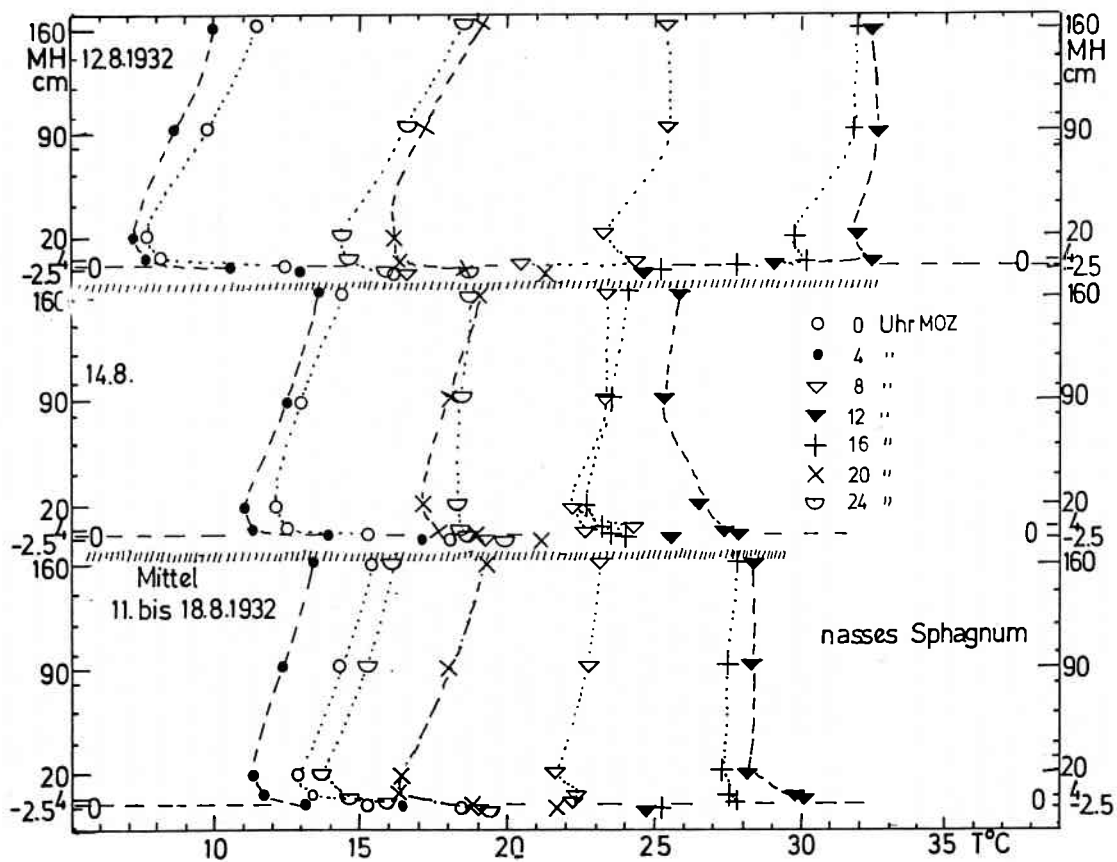


Abb. 14: Temperaturprofile in 4stündigen Abstand in und über der Calluna-Heide an einem Tag mit geringer Bewölkung und schwachem Wind (12.8.1932), an einem Tag mit weniger Sonnenschein (14.8.1932) und im Mittel der Zeitspanne vom 11. bis 18.8.1932

Abb. 15: Wie Abb. 14, aber für nasses Sphagnum



temperatur.

Die größten Unterschiede der beiden Bestände ergeben sich um 08 und 12 Uhr MOZ. Schon in 20 cm Höhe bleibt die Temperatur über dem *Sphagnum* um etwa 2°C unter der in 30 cm Höhe der *Calluna*. An der Bodenoberfläche steigt der Unterschied auf bis zu 5°C an. Er ist größtenteils auf die Verdunstungskälte des nassen *Sphagnum* zurückzuführen.

Wie zu erwarten, bringt klares Strahlungswetter (12.8.1932) die Unterschiede besser an den Tag als wolkenreiches, windiges Wetter (14.8.1932).

#### 6.1.6 Auswirkung von Unterschieden der Himmelsbedeckung und der Windgeschwindigkeit auf die Temperaturverhältnisse, 10. bis 19. August 1932

Die absolute Höhe der Temperatur sagt kaum etwas über das Auswirken der Himmelsbedeckung oder des Windes auf die Temperatur aus. Hier greift oft ein Luftmassenwechsel störend ein. Es kann eher zu Erfolg führen, wenn die Temperaturentwicklung in Abhängigkeit vom Aufkommen einer Wolken-schicht bzw. dem Durchzug eines Wolkenfeldes festgestellt wird. Entsprechendes gilt für die Änderung bei auffrischendem Wind, von dem eine nivelierende Wirkung erwartet werden könnte. Eine Trennung der Auswirkung sowohl nach den Wolkenverhältnissen als nach der Windgeschwindigkeit fällt allerdings schwer, da beide wirksamen Faktoren oft miteinander gekoppelt auftreten. Hier müßten längere Beobachtungsreihen zur Verfügung stehen.

Die Abb. 16 bringt links oben Angaben über die Bewölkungs- und Windverhältnisse der Zeitspannen von 21 bis 23 Uhr jeden Tages und der Spannen von 01 bis 03 Uhr des Folgetages. Dicke Balken geben dichtere Bewölkung an, gestrichelte dünne hohe Bewölkung. Dicke Punkte stehen für etwas stärkeren Wind, kleine für ganz schwachen. Leer gehaltene Felder bedeuten Wolkenlosigkeit und Windstille.

Die zugehörigen Differenzen der Temperatur (Mitteltemperatur 01 bis 03 Uhr MOZ minus Mitteltemperatur 21 bis 03 Uhr MOZ) finden sich im Zickzack der unteren Koordinatensysteme.

Bei durchweg wolkenlosem, windstillem Wetter (10. zum 11. und 11. zum 12. August) sinkt die Lufttemperatur von der frühen bis zur späten Nacht am stärksten ab, bis zu 5 bis 7°C in 90 bzw. 160 cm Höhe über der *Calluna*-Heide. In 20 cm Höhe (*Erica*-Heide, nasses *Sphagnum*, feuchtes *Sphagnum*) bzw. 30 cm Höhe (*Calluna*-Heide) gehen die Temperaturen um 4 bis 5°C zurück. Bei den erfaßten Meßpunkten in 4 cm Höhe beträgt die Differenz 3 bis 4°C, an der Bodenoberfläche 2 bis 3°C. In 2.5 cm Bodentiefe läßt sich



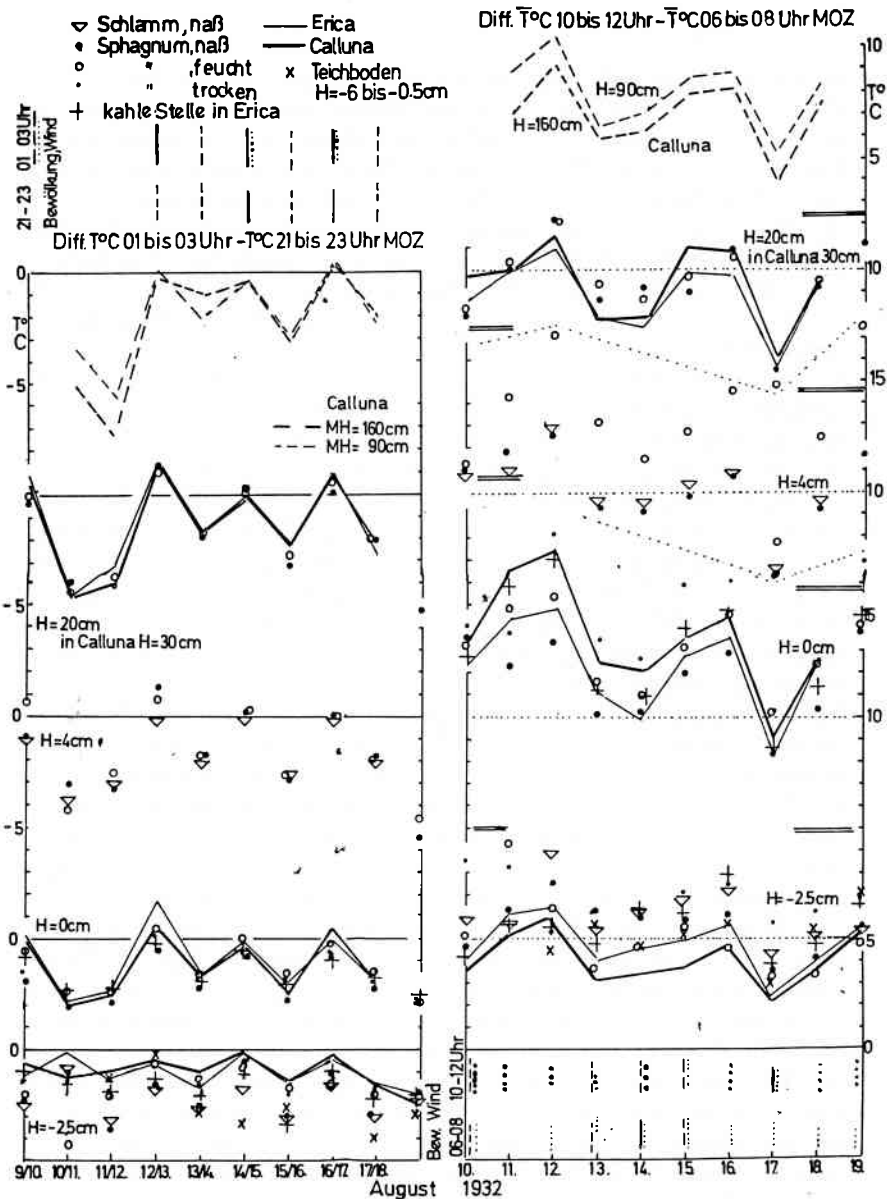


Abb. 16: Auswirkung von Unterschieden der Himmelsbedeckung und der Windgeschwindigkeit auf die Temperaturverhältnisse, 10. bis 19. August 1932

ein solcher Effekt nicht mehr nachweisen. In 3 weiteren Nächten (13./14., 15./16., 17./18.8.) fällt der Temperaturrückgang wesentlich geringer aus. Es gab auch keine Änderung der leichten Bewölkung. In allen Höhen von der Bodenoberfläche an aufwärts erreicht der Temperaturrückgang etwa die gleiche Größenordnung. In 2.5 cm Tiefe zeigt er sich stark abgeschwächt.

Die Spitzen der Linienzüge bedeuten entweder nächtliche Temperaturzunahmen oder geringere Abnahmen als normalerweise (langjähriger Durchschnitt) zu erwarten. Deutlich nahmen die Temperaturen in den Nächten vom 9./10., 12./13., 16./17. August zu. In jedem Fall nahmen entweder Wind, Bewölkung oder beides zusammen zu.

Im August sind während der Zeit von 06 Uhr bis 12 Uhr nur Temperaturzunahmen zu erwarten (Abb. 16 rechts). Der 11. und 12. August waren morgens wolkenlos oder fast wolkenlos. Die zweite Zeitspanne unterscheidet sich von der ersten nur durch etwas mehr Wind. Trotzdem findet sich hier der stärkste Temperaturanstieg, die vor allem an der Bodenoberfläche, in der *Calluna*-Heide sogar um fast 20°C. Der geringere Anstieg der Oberfläche des nassen *Sphagnum* dürfte sich auf Verdunstungsverluste zurückführen lassen. In der Heide nimmt die Temperaturzunahme vom Boden an aufwärts bis zur Höhe 160 cm ab, und zwar von über 15° auf unter 10°C. Den geringsten Temperaturanstieg bringt der 17.8. Bei sehr schwachem Wind kommt gegen Mittag dichtere Bewölkung auf.

Die Beobachtungsperiode eröffnet nur wenige Möglichkeiten, die Auswirkung der wechselnden Witterung auf die Temperaturverhältnisse näher zu untersuchen. Ihr fehlt leider ein Tag mit durchgehend bedecktem Himmel und ein weiterer wolkenloser mit stärkerem Wind. Solche Wetterlagen nivellieren zwar die Lufttemperaturen der Bestände, dürften aber an den Bodenoberflächen und im Boden selbst noch Nachwirkungen vorausgehenden Strahlungswetters erkennen lassen. Das Format dieses Berichtes zwingt außerdem zum Verzicht auf graphische Darstellung des Temperaturablaufs an den einzelnen Tagen, und das im stündlichen Abstand. Einige ausgewählte Tage mit 2stündlichem Abstand der Meßdaten vermitteln aber wenigstens eine Vorstellung vom Einfluß wechselnder Bewölkungsverhältnisse auf den Temperaturablauf.

Für einen Vergleich bieten sich der 16. August (Zustrahlung durch leichte hohe Bewölkung kaum gehindert, schwacher Wind) und der 14. August mit Bewölkungsverdichtung ab Mittag (Abb. 6) an. Tab. 1 gibt an, wie sich der fast ungehinderte Zugang der Strahlung des 16. gegenüber der durch aufkommende Bewölkung herabgesetzten auswirkte. Es bleibt allerdings die Frage, in welchem Ausmaß das Hereinsickern einer etwas kühleren Luftmasse am 14. zusätzlich mitgespielt hat.

|    | 00                                   | 02  | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14  | 16  | 18  | 20  | 22  | 24 Uhr | MOZ              |
|----|--------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|--------|------------------|
|    | Höhe 160 cm                          |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |        |                  |
| 75 | 0.9                                  | 0.6 | 0.6  | 0.3  | 1.1  | 1.1  | 3.2  | 3.0 | 4.1 | 2.5 | 1.2 | 1.9 | 1.3    | T <sup>0</sup> C |
|    | Höhe 90 cm                           |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |        |                  |
| 74 | 1.3                                  | 0.9 | 0.4  | 0.6  | -1.3 | 1.3  | 3.8  | 1.7 | 4.1 | 2.5 | 1.2 | 2.0 | 1.3    |                  |
|    | Höhe 20 cm, in Calluna (MP 73) 30 cm |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |        |                  |
| 23 | 0.6                                  | 0.2 | 0.3  | -3.2 | 0.9  | -0.5 | 2.6  | 2.5 | 4.2 | 2.5 | 0.9 | 2.5 | 0.5    |                  |
| 33 | 0.3                                  | 0.6 | -0.9 | -0.1 | -2.9 | 0.0  | 3.2  | 3.3 | 4.3 | 2.5 | 0.8 | 2.3 | 1.0    |                  |
| 63 | 1.6                                  | 0.1 | -2.1 | 1.0  | 1.1  | 2.2  | 5.7  | 3.6 | 4.9 | 2.3 | 0.6 | 1.6 | 0.7    |                  |
| 73 | 1.8                                  | 0.9 | -1.4 | 0.4  | -1.4 | 2.0  | 5.9  | 4.1 | 4.9 | 2.3 | 1.0 | 1.8 | 0.7    |                  |
|    | Höhe 4 cm                            |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |        |                  |
| 12 | 0.6                                  | 0.4 | 0.0  | -0.5 | -2.8 | 0.3  | 2.7  | 2.4 | 4.8 | 2.4 | 0.9 | 2.1 | 0.1    |                  |
| 22 | 0.5                                  | 0.0 | 0.7  | -0.6 | -2.8 | 0.0  | 3.7  | 2.8 | 4.0 | 2.4 | 1.0 | 2.4 | 0.3    |                  |
| 32 | 0.6                                  | 0.4 | -1.8 | 0.0  | -2.5 | 1.7  | 6.8  | 2.9 | 5.5 | 2.4 | 1.0 | 2.3 | -0.7   |                  |
|    | Höhe 0 cm                            |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |        |                  |
| 21 | 0.1                                  | 0.1 | -1.1 | -0.8 | 1.7  | 2.4  | 6.1  | 3.8 | 5.4 | 2.3 | 1.5 | 1.5 | 0.5    |                  |
| 31 | 0.5                                  | 0.5 | -1.1 | -0.8 | -1.0 | 2.0  | 8.2  | 4.5 | 5.8 | 2.0 | 1.2 | 1.7 | 0.5    |                  |
| 41 | 0.3                                  | 0.5 | -0.2 | -1.0 | 0.0  | 0.9  | 9.0  | 5.0 | 5.0 | 2.0 | 1.3 | 1.6 | 0.5    |                  |
| 51 | 0.3                                  | 0.4 | -0.2 | -0.7 | 0.7  | 2.1  | 8.9  | 5.0 | 4.8 | 2.2 | 1.5 | 2.0 | 2.2    |                  |
| 61 | 0.4                                  | 0.5 | -0.7 | 0.5  | -1.8 | 0.4  | 8.9  | 5.1 | 5.0 | 2.4 | 1.1 | 1.8 | 0.4    |                  |
| 71 | 1.1                                  | 0.6 | -0.9 | -0.7 | 2.3  | 0.1  | 8.4  | 3.6 | 4.4 | 2.3 | 1.2 | 1.7 | 0.5    |                  |
|    | Höhe -2.5 cm                         |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |        |                  |
| 10 | 0.3                                  | 0.6 | 0.5  | 0.3  | 1.4  | 1.9  | 0.9  | 2.2 | 2.2 | 2.3 | 1.8 | 1.4 | 1.3    |                  |
| 20 | 1.0                                  | 1.0 | 0.5  | 0.3  | 0.0  | 1.4  | -0.2 | 0.5 | 1.9 | 1.3 | 1.4 | 2.0 | 1.1    |                  |
| 30 | 0.5                                  | 0.7 | 1.0  | 0.8  | 1.4  | 1.3  | 0.7  | 2.0 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.6    |                  |
| 40 | 0.9                                  | 0.3 | 0.9  | 0.0  | 0.8  | 1.5  | 2.2  | 3.1 | 4.1 | 2.4 | 1.3 | 2.8 | 1.3    |                  |
| 50 | 0.5                                  | 0.2 | 0.0  | 0.6  | 3.0  | 2.6  | 3.8  | 3.9 | 3.9 | 2.6 | 1.1 | 1.0 | 2.0    |                  |
| 60 | 0.7                                  | 0.5 | 0.8  | 0.3  | 0.5  | 1.8  | 1.8  | 2.0 | 1.8 | 2.4 | 1.3 | 1.4 | 1.1    |                  |
| 70 | 0.5                                  | 0.5 | 0.1  | 0.3  | 0.9  | 1.9  | 1.2  | 2.3 | 2.8 | 1.7 | 1.2 | 1.5 | 1.1    |                  |
|    | Teichboden in Ufernähe, Höhe - 4 cm  |     |      |      |      |      |      |     |     |     |     |     |        |                  |
| 00 | 1.0                                  | 1.3 | 1.0  | 0.7  | 1.0  | 1.7  | 2.2  | 3.7 | 4.1 | 3.6 | 3.0 | 2.8 | 2.0    |                  |

Tab. 1: Zweistündliche Temperaturdifferenzen der einzelnen Meßpunkte zwischen dem 16. August (durchweg sonnig) und dem 14. August 1932 (ab Mittag Bewölkungsverdichtung)

Während der vorausgehenden Nacht- und Morgenstunden ergeben sich in allen Meßhöhen nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Tagen. Dann heben sich um 12 Uhr die Oberflächentemperaturen des nassen *Sphagnum* (MP 21) am 16. um 6.1° und die des trockenen *Sphagnum* (MP 41) um 9.0°C über die entsprechenden Werte des 14.8. Bei den übrigen Beständen betragen die Differenzen 8.2 bis 8.9°C und fallen damit deutlich höher an als beim nassen *Sphagnum*. Das verhältnismäßig schwache Ansprechen der Oberfläche des nassen *Sphagnum* wird sich auf Verluste durch Verdunstungskälte und schnelleres Abführen der Wärme in tiefere Schichten zurückführen lassen. Dem entspricht auch der mittlere Tagesgang dieses Meßpunktes (Abb. 11).

Die Differenzen (Tab. 1; 12 Uhr MOZ) nehmen mit zunehmender Höhe ab.

Es ist also vor allem der Wechsel im Strahlungseinfall, der die Temperaturunterschiede der beiden Tage bedingt. Läge es mehr an einem Luftmassenwechsel, so müßte sich das vermutlich bei den Höhen von 4 cm an aufwärts stärker bemerkbar machen.

Eine zweite Zunahme der Differenz stellt sich um 16 Uhr ein, vermutlich auf weiteres Verdichten des Wolkenschirmes zurückzuführen. Im Boden und in Höhen ab 4 cm übertreffen dann die meisten Differenzen diejenigen von 12 Uhr.

Ein Vergleich der Temperaturen des 19. (sonnig, windschwach) und des 18. August (sonnig, aber etwas windiger) könnte zeigen, ob die Windgeschwindigkeit das Ausmaß der Differenzen beeinflusst (Tab. 2). Auch hier weisen die Nacht- und Morgenstunden nur geringe Differenzen zwischen den beiden Tagen auf. Dann steigen sie in den Höhen von 0 bis 20 cm bis 12 Uhr auf über 5°C an. Anders als beim Aufkommen von Bewölkung werden die Temperaturen aller Meßhöhen etwa in gleichem Maße von der Wirkung des auffrischenden Windes erfaßt. Die Bodenoberfläche nimmt keine Sonderstellung ein. Aufkommender Wind verhindert ein Überhitzen der Boden- und der Pflanzenoberflächen.

Bis zum Beginn der Meßserie herrschte relativ kühles und regnerisches Wetter. Der 10. August 1932 leitete dann eine sonnige, windschwache Lage ein, die nur in der Nacht vom 14. zum 15. durch ein kurzes Gewitter unterbro-

|    | 00   | 02   | 04   | 06   | 08  | 10   | 12   | 14      | 16  | 18   | 20   | 22   | 24 Uhr | KOZ |
|----|------|------|------|------|-----|------|------|---------|-----|------|------|------|--------|-----|
| MF |      |      |      |      |     |      | Höhe | 20 cm   |     |      |      |      |        |     |
| 23 | 1.5  | 0.7  | -0.3 | -0.6 | 5.2 | 3.4  | 5.5  | 4.3     | 4.2 | 1.0  | 1.2  | 0.4  | 3.8    | T°C |
|    |      |      |      |      |     |      | Höhe | 4 cm    |     |      |      |      |        |     |
| 22 | 3.2  | 0.6  | -0.4 | -1.1 | 4.5 | 2.9  | 5.8  | 4.3     | 3.8 | 1.5  | 1.5  | -0.3 | -0.6   |     |
| 32 | 0.8  | 1.2  | -0.7 | -0.7 | 2.5 | 4.7  | 7.9  | 4.6     | 3.9 | 1.3  | 1.6  | -0.5 | 1.7    |     |
|    |      |      |      |      |     |      | Höhe | 0 cm    |     |      |      |      |        |     |
| 21 | 1.0  | 0.9  | 0.3  | -0.5 | 2.4 | 2.3  | 5.5  | 4.2     | 2.8 | 1.9  | 1.0  | -0.3 | -0.2   |     |
| 31 | 0.6  | 0.6  | -0.6 | -1.2 | 2.0 | 3.3  | 4.5  | 4.0     | 2.2 | 1.9  | -0.8 | -1.1 | 0.3    |     |
| 41 | 0.9  | 0.5  | -0.4 | -2.0 | 1.3 | 2.7  | 5.7  | 5.1     | 2.8 | 1.9  | 1.1  | -0.3 | 0.4    |     |
| 51 | 0.7  | 1.2  | -0.2 | -1.4 | 2.4 | 2.2  | 5.3  | 3.9     | 2.3 | 1.5  | 1.1  | 0.0  | 0.6    |     |
|    |      |      |      |      |     |      | Höhe | -2.5 cm |     |      |      |      |        |     |
| 10 | 2.0  | 0.5  | 0.8  | 0.0  | 0.0 | -1.5 | 1.0  | 1.1     | 1.4 | 1.9  | 2.0  | 1.8  | 0.0    |     |
| 20 | 0.6  | 1.5  | 1.0  | -0.8 | 0.0 | 1.4  | 1.2  | 1.3     | 2.5 | 2.3  | 1.3  | 0.0  | -0.2   |     |
| 30 | 1.3  | 0.5  | 0.6  | -0.6 | 0.2 | 1.1  | 1.6  | 2.0     | 2.0 | 1.2  | 0.0  | 0.8  | 0.1    |     |
| 40 | 0.8  | 0.8  | 0.6  | -0.8 | 0.1 | -0.1 | 1.2  | 0.9     | 1.1 | 1.2  | 0.9  | -0.1 | -0.1   |     |
| 50 | 0.4  | -0.1 | 0.0  | -0.9 | 0.7 | 1.0  | 2.6  | 2.1     | 2.1 | 1.5  | 1.3  | 0.5  | 0.1    |     |
| 60 | 0.9  | 0.0  | 0.2  | -0.9 | 0.7 | 1.2  | 2.0  | 1.5     | 1.4 | -0.2 | 0.4  | 0.5  | 0.0    |     |
| 70 | -0.5 | -0.5 | 0.1  | -0.9 | 1.1 | 1.4  | 2.1  | 2.7     | 2.0 | 1.3  | 0.5  | -0.1 | 0.4    |     |

Tab. 2: Zweistündliche Temperaturdifferenzen der einzelnen Meßpunkte zwischen dem 19. August (sonnig, windschwach) und dem 18. August 1932 (nachts Nebel, ebenfalls sonnig, aber etwas windiger)

chen wurde. Bereits während der ersten drei Tage erreichten die Mittagstemperaturen ein Niveau, das sie dann in der Folgezeit beibehielten. Für die Nachttemperaturen ergab sich ein anderes Bild. Nach der vorausgegangenen kühlen Periode sanken die Temperaturen der ersten klaren, windschwachen Nächte stark ab. Erst die folgenden Nächte verhinderten mit aufkommender Bewölkung eine ähnlich starke Auskühlung. So erklären sich die in Tab. 3 wiedergegebenen Differenzen zwischen der Periode vom 13. bis 19. August und derjenigen vom 10. bis zum 12. August 1932. Anders als bei den beiden vorangegangenen Vergleichen weisen jetzt die Nachtstunden die größeren Differenzen auf. Dies Verhalten darf als typisch für einen Wetterumschwung nach langer, kühler Periode gelten. Bei starker Einstrahlung schnellen die Mittagstemperaturen hoch, die Nachttemperaturen steigen hingegen nur zögernd an, oder sie sinken sogar bei sternklarem Himmel unter die der Vornächte mit bedecktem Himmel.

Am stärksten wirkt sich der sternklare Himmel des Abschnitts vom 10. zum 12. August auf die Meßhöhen 4 und 20 cm aus. Hier bleiben die Temperaturen zur Nachtmitte teilweise um 7.0°C oder mehr unter denen des zweiten Abschnitts. Wenn die Differenzen an der Oberfläche und in 2.5 cm Tiefe geringer ausfallen, so läßt sich das aus der in Bodenwärme umgesetzten Strahlung des Beginns der Meßperiode erklären.

|    | 00  | 02  | 04  | 06  | 08  | 10   | 12      | 14   | 16   | 18  | 20  | 22  | 24  | Uhr | MOZ |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|---------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| MP |     |     |     |     |     | Höhe | 20 cm   |      |      |     |     |     |     |     |     |
| 23 | 6.8 | 7.3 | 5.3 | 4.3 | 2.7 | 2.9  | 1.3     | 0.6  | 0.3  | 1.2 | 3.8 | 5.3 | 5.0 | T°C |     |
|    |     |     |     |     |     | Höhe | 4 cm    |      |      |     |     |     |     |     |     |
| 22 | 7.0 | 6.8 | 5.2 | 5.5 | 2.3 | 1.5  | 0.9     | 0.4  | -0.5 | 2.4 | 3.3 | 5.2 | 4.9 |     |     |
| 32 | 7.6 | 7.0 | 5.0 | 4.6 | 3.2 | 3.3  | 1.5     | 1.7  | -0.3 | 1.5 | 4.4 | 5.6 | 5.2 |     |     |
|    |     |     |     |     |     | Höhe | 0 cm    |      |      |     |     |     |     |     |     |
| 21 | 5.4 | 5.8 | 4.3 | 4.5 | 4.3 | 2.8  | 2.6     | 2.9  | 1.5  | 2.1 | 2.5 | 3.7 | 3.5 |     |     |
| 31 | 5.1 | 5.2 | 3.9 | 4.2 | 4.0 | 1.2  | 2.0     | 0.0  | 0.3  | 2.3 | 3.1 | 3.4 | 3.6 |     |     |
| 41 | 4.9 | 4.9 | 3.9 | 4.4 | 1.3 | 0.6  | 1.2     | 0.3  | 1.1  | 2.8 | 3.2 | 3.9 | 3.5 |     |     |
| 51 | 4.6 | 4.5 | 3.8 | 4.1 | 3.1 | 0.3  | 1.1     | 0.1  | 0.6  | 2.8 | 3.1 | 3.6 | 3.4 |     |     |
| 61 | 3.7 | 4.2 | 3.1 | 2.8 | 1.7 | 0.9  | 0.5     | -0.3 | -0.7 | 1.4 | 2.9 | 3.7 | 2.4 |     |     |
| 71 | 4.3 | 4.1 | 3.4 | 3.0 | 1.5 | 0.4  | -0.5    | -0.4 | 0.8  | 1.7 | 2.9 | 3.6 | 3.2 |     |     |
|    |     |     |     |     |     | Höhe | -2.5 cm |      |      |     |     |     |     |     |     |
| 10 | 4.0 | 3.6 | 3.5 | 3.6 | 4.1 | 2.7  | 2.9     | 2.8  | 2.0  | 2.0 | 2.2 | 3.8 | 3.4 |     |     |
| 20 | 4.0 | 3.8 | 4.6 | 4.2 | 3.8 | 3.1  | 2.8     | 2.6  | 1.7  | 2.2 | 2.2 | 3.2 | 2.8 |     |     |
| 30 | 3.4 | 4.7 | 4.2 | 3.6 | 2.2 | 0.2  | 0.2     | -0.3 | 1.0  | 1.4 | 1.9 | 3.2 | 3.1 |     |     |
| 40 | 4.1 | 4.0 | 3.8 | 3.2 | 2.2 | 1.5  | 1.0     | 2.3  | 2.1  | 2.5 | 2.6 | 3.0 | 2.7 |     |     |
| 50 | 3.0 | 3.3 | 3.1 | 2.9 | 3.1 | 3.2  | 4.0     | 5.5  | 3.9  | 2.7 | 2.4 | 2.6 | 2.6 |     |     |
| 60 | 3.5 | 3.2 | 2.9 | 3.0 | 2.7 | 2.6  | 1.9     | 2.1  | 3.5  | 1.8 | 2.3 | 3.5 | 3.0 |     |     |
| 70 | 3.6 | 3.3 | 3.1 | 3.0 | 2.9 | 2.2  | 1.3     | 2.3  | 2.4  | 2.2 | 2.7 | 3.3 | 2.8 |     |     |

Tab. 3: Zweistündliche Temperaturdifferenzen der Zeitspanne vom 13. bis 19. August (tagsüber sonnig, nachts mehrfach wolkig) und derjenigen vom 10. bis 12. August 1932 (tags und nachts wolkenarm)

- 6.1.7 Abweichungen der zweistündlichen Temperaturwerte der einzelnen Meßpunkte gleicher Höhe von ihrem gemeinsamen Mittelwert
- 6.1.7.1 Abweichungen der mittleren zweistündlichen Temperaturwerte der einzelnen Meßpunkte gleicher Höhe von ihrem gemeinsamen Mittelwert der Zeitspanne vom 10. bis 18. August 1932

Die bisher angewandten Darstellungsarten lassen zwar bereits wesentliche Unterschiede des Temperaturablaufs der Bestände erkennen. Schwer fällt das Urteil jedoch bei geringen Unterschieden. Beim Vergleich der Bestände untereinander geht es wegen der Kürze der Beobachtungszeit weniger um die absolute Höhe der Temperaturen, als vielmehr um die Temperaturunterschiede zwischen den Meßpunkten. Es empfiehlt sich also, den stündlichen Mittelwert der Punkte gleicher Meßhöhe zu errechnen und dann die Abweichungen der einzelnen Meßpunkte von diesem Mittelwert. Das Verfahren läßt sich auf mehrtägige Mittelwerte anwenden, ebenso aber für die Werte eines Tages. Im letzten Fall kommt allerdings eine größere Unruhe in die Tagesabläufe der Temperaturunterschiede, bedingt durch aufziehende Wolkenfelder und durch die für das Ablesen der Instrumente erforderliche Zeitspanne von etwa 15 Minuten. Für diese Betrachtungsweise empfiehlt sich daher ein Glättungsverfahren. Der aus 3 aufeinanderfolgenden Stundenwerten gebildete Mittelwert wird der mittleren Stunde zugeordnet. Auf graphische Darstellung des Sachverhalts muß hier verzichtet werden, ebenso auf die Wiedergabe der Verhältnisse jeden einzelnen Tages der Meßperiode.

Tab. 4 beschränkt sich auf die Wiedergabe der mittleren Temperaturdifferenzen der Meßpunkte gleicher Höhe vom gemeinsamen Mittelwert der Zeitspanne vom 10. bis 18. August 1932, und dies im Abstand von je 2 Stunden. Im Mittel der Zeitspanne bleiben die Temperaturen in den beiden Heideböden (Höhe  $-2.5$  cm, MP 60 und MP 70) unter den Temperaturen der übrigen Standorte. Das gilt ausgeprägt für die Zeit von 10 bis 22 Uhr. Um 14 Uhr ist der Boden in der *Calluna*-Heide um  $3.2^{\circ}\text{C}$  kälter als das Mittel aller 7 Meßpunkte gleicher Höhe. In der *Erica*-Heide beträgt der negative Wert  $2.7^{\circ}\text{C}$ . Dem stehen größere positive Abweichungen unter nassem Schlamm (MP 10) und trockenem *Sphagnum* (MP 40) gegenüber. Im nassen Schlamm dürfte schnellere Ableitung der Sonnenwärme von der Oberfläche mitspielen. Beim trocknen *Sphagnum* könnte schlechter Bodenschluß des Thermometers die Ursache sein. Die negativen Abweichungen der beiden Heidestellen erklären sich aus der isolierenden Wirkung der dünnen, lockeren obersten Bodenschicht, die mit Sicherheit schneller austrocknet als die oberen Zentimeter der übrigen Standorte.

|      | 00  | 02   | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24 Uhr | KOZ |
|------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-----|
| MP   | Höhe 20 cm, in <i>Calluna</i> (MP 73) 30 cm |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |     |
| 23-M | 0.1   | 0.0  | -0.3 | -1.2 | -1.6 | -1.6 | -1.1 | -0.9 | -0.6 | -0.2 | 0.1  | 0.3  | 0.3    | T°C |
| 33-M | 0.4   | 0.4  | 0.3  | 0.0  | 0.0  | 0.1  | 0.5  | 0.2  | 0.6  | 0.7  | 0.2  | 0.4  | 0.5    |     |
| 63-M | -0.6  | -0.5 | -0.1 | 0.6  | 0.9  | 1.1  | 0.1  | 0.0  | 0.1  | -0.1 | -0.2 | -0.7 | -0.5   |     |
| 73-M | -0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.6  | 0.8  | -0.1 | -0.3 | -0.1 | -0.2 | -0.3   |     |
|      | Höhe 4 cm                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |     |
| 12-M | 0.0   | 0.0  | -0.1 | -0.5 | -0.4 | -1.4 | -1.4 | -1.2 | -0.3 | 0.1  | 0.5  | 0.2  | 0.1    |     |
| 22-M | -0.1  | 0.0  | -0.1 | -0.3 | -0.1 | -1.3 | -1.4 | -1.4 | -1.0 | -0.4 | -0.1 | 0.0  | -0.1   |     |
| 32-M | 0.0   | 0.1  | 0.1  | 0.9  | 0.5  | 2.6  | 2.7  | 2.7  | 1.4  | 0.3  | -0.5 | -0.2 | 0.0    |     |
|      | Höhe 0 cm                                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |     |
| 21-M | 0.5   | 0.3  | -0.2 | -0.5 | -1.3 | -2.1 | -3.2 | -3.7 | 0.1  | 0.4  | 0.9  | 0.8  | 0.5    |     |
| 31-M | 0.6   | 0.8  | 0.5  | 0.8  | -1.0 | 0.0  | 0.7  | 2.5  | 1.2  | -0.1 | -0.1 | 0.5  | 0.5    |     |
| 41-M | -0.4  | -0.3 | -0.4 | -0.7 | -0.7 | -0.3 | 0.6  | 0.4  | -0.6 | -1.5 | -0.6 | -0.5 | -0.5   |     |
| 51-M | 1.1   | 1.1  | 1.2  | 0.3  | 0.3  | -0.1 | 0.0  | 0.8  | -0.5 | -1.0 | 0.7  | 1.0  | 1.0    |     |
| 61-M | -1.1  | -0.9 | -0.6 | 0.0  | 0.0  | -0.4 | 0.5  | 0.5  | 0.1  | 2.1  | -0.9 | -1.1 | -0.7   |     |
| 71-M | -0.9  | -0.8 | -0.5 | 0.3  | 2.9  | 3.1  | 1.2  | -0.6 | -0.5 | 0.1  | -0.4 | -0.8 | -0.5   |     |
|      | Höhe -2.5 cm                                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |     |
| 10-M | 0.1   | 0.0  | -0.1 | -0.6 | -0.2 | 0.2  | 0.6  | 1.8  | 2.2  | 1.8  | 1.4  | 0.7  | 0.1    |     |
| 20-M | 1.0   | 0.6  | 0.2  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | 0.4  | 0.7  | 1.7  | 1.9  | 1.4  | 0.9  | 0.5    |     |
| 30-M | 0.4   | 0.4  | 0.7  | 0.7  | 0.5  | 0.6  | 0.3  | 0.8  | 0.2  | 0.3  | 0.5  | 0.6  | 0.4    |     |
| 40-M | -0.1  | -0.2 | 0.0  | 0.2  | 1.5  | 1.9  | 2.6  | 2.1  | 1.0  | 0.5  | 0.0  | 0.2  | 0.1    |     |
| 50-M | 0.1   | 0.1  | -0.1 | -0.1 | -0.4 | -0.3 | 0.0  | 0.3  | 0.4  | -0.2 | 0.0  | 0.2  | 0.1    |     |
| 60-M | -0.6  | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.5 | -1.2 | -1.0 | -2.7 | -2.5 | -2.0 | -1.3 | -1.2 | -0.6   |     |
| 70-M | -0.8  | -0.5 | -0.3 | -0.2 | -0.7 | -1.4 | -2.6 | -3.2 | -2.9 | -2.2 | -1.8 | -1.1 | -0.9   |     |

Tab. 4: Abweichungen der mittleren zweistündlichen Temperaturwerte der einzelnen Meßpunkte gleicher Höhe von ihrem gemeinsamen Mittelwert der Zeitspanne vom 10. bis 18. August 1932

An den Oberflächen ändert sich das Bild. Bis zur Mittagszeit neigen die Heidestandorte, vor allem die *Calluna*, eher zu positiven Abweichungen, wohl zurückzuführen auf die geringere Wärmeableitung in den schlechter leitenden Boden. Hier fallen die großen negativen Abweichungen des nassen *Sphagnum* (MP 21) während der Zeit von 08 bis 14 Uhr auf. Sie dürften ihre Ursache in der Verdunstungskälte und in einem schnelleren Abführen der Wärme in die tiefere Schicht haben.

Die negativen Abweichungen während der hellen Tageszeit bei den Meßpunkten über nassem *Sphagnum* (Höhe 4 cm, MP 22 und 20 cm, MP 23) lassen vermuten, daß sich die relative Kälte der Oberfläche noch in diesen Höhen auswirkt. Beim nassen Schlamm liegt nur die Meßreihe der Höhe 4 cm (MP 12) vor. Sie zeichnet sich ebenfalls durch negative Abweichungen aus, wiederum als Folge einer kühleren Oberfläche zu deuten. Hieraus läßt sich kein Widerspruch zu den leicht positiven Abweichungen in 2.5 cm Tiefe ableiten. Diese sind vielmehr der besseren Wärmeleitfähigkeit der nassen Standorte zuzuschreiben.

Die Heidebestände weisen tagsüber in 20 bzw. 30 cm Höhe leicht positive Abweichungen vom gemeinsamen Mittel der vier Standorte und nachts leicht negative auf. Beides läßt sich auf den innerhalb der Bestände herabgesetzten Luftaustausch zurückführen.

### 6.1.7.2 Abweichungen zweistündlicher Temperaturwerte der einzelnen Meßpunkte gleicher Meßhöhe von ihren gemeinsamen Mittelwerten an vier Tagen der Zeitspanne vom 10. bis 19. August 1932

Die bisher erörterten mittleren Abweichungen sagen nichts über den Streubereich der von Tag zu Tag unterschiedlich großen Temperaturdifferenzen der einzelnen Meßpunkte zu ihrem gemeinsamen Mittelwert aus. Eine Betrachtung dieser Art muß sich mit dem Vergleich weniger Tage begnügen, und dies unter Verzicht auf graphische Wiedergabe und Angabe stündlich gewonnener Meßdaten. Die Tabellen 5 bis 8 sollen diese Aufgabe übernehmen.

Der Meßserie ging kühles und regenreiches Wetter voraus. Dies dürfte wegen noch vorhandener größerer Bodenfeuchte am 10. August die relativ geringen

| MP   | 00   | 02   | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | Uhr | MOZ      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|----------|
| 21-M | 0.0  | -0.7 | -0.8 | -0.8 | -0.8 | -0.5 | -0.2 | -2.2 | 0.3  | 1.2  | 1.1  | 0.1  | -0.3 | T°C |          |
| 31-M | 1.1  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.4  | 1.6  | 2.3  | 2.1  | 1.0  | 0.5  | 0.7  | 0.6  |     | 1932     |
| 41-M | 0.1  | -0.1 | -0.3 | 0.0  | 3.4  | 1.0  | 0.4  | 0.8  | -0.1 | -0.9 | -0.2 | -0.3 | -0.5 |     | 10.VIII. |
| 51-M | 1.7  | 1.4  | 0.8  | 0.5  | 0.0  | 0.6  | -0.7 | 0.5  | -0.3 | -0.4 | 1.3  | 1.6  | 1.4  |     |          |
| 61-M | -1.5 | -0.8 | -0.5 | -0.8 | -1.1 | -1.7 | -1.3 | -0.4 | -0.4 | -0.4 | -1.5 | -1.2 | -0.8 |     |          |
| 71-M | -1.6 | -0.6 | -0.1 | 0.1  | 0.6  | 0.2  | 0.4  | -1.0 | -1.9 | -0.5 | -1.3 | -1.0 | -0.7 |     |          |
| 21-M | -0.3 | 0.1  | -0.6 | -1.5 | -3.5 | -4.5 | -6.2 | -4.9 | -1.6 | 0.8  | 1.7  | 1.4  | 1.3  |     |          |
| 31-M | 0.6  | 1.0  | 0.9  | 1.0  | -1.2 | -1.3 | 0.4  | 2.9  | 1.7  | 0.0  | 0.0  | 0.7  | 0.5  |     |          |
| 41-M | -0.5 | -0.1 | 0.0  | -0.5 | 0.2  | -0.9 | -1.2 | -0.2 | -0.8 | -1.7 | -0.7 | -0.4 | -0.4 |     | 11.VIII. |
| 51-M | 1.4  | 1.9  | 2.0  | 0.6  | -0.5 | 0.1  | 0.8  | 1.2  | 1.2  | 0.6  | 0.5  | 1.5  | 1.7  |     |          |
| 61-M | -0.7 | -1.5 | -1.2 | 0.3  | 0.7  | -0.8 | -0.3 | -1.3 | -0.5 | 0.1  | -1.0 | -1.7 | -1.6 |     |          |
| 71-M | -0.7 | -1.3 | -1.1 | 0.0  | 3.9  | 7.0  | 6.4  | 2.4  | -0.2 | 0.1  | -0.7 | -1.5 | -1.6 |     |          |
| 21-M | 1.1  | 0.8  | 0.3  | -0.8 | -2.2 | -3.1 | -2.3 | -1.4 | 0.2  | 0.6  | 0.8  | 0.6  | 0.2  |     |          |
| 31-M | 0.6  | 0.6  | 0.5  | 0.8  | -0.2 | -0.2 | 0.8  | 1.0  | 0.0  | 0.2  | 0.2  | 0.3  | 0.5  |     |          |
| 41-M | -0.3 | -0.3 | -0.5 | -0.7 | -1.3 | -0.1 | 0.7  | -0.3 | -0.8 | -0.6 | -0.4 | -0.5 | -0.6 |     | 14.VIII. |
| 51-M | 1.2  | 1.2  | 1.1  | 0.4  | -1.0 | -0.8 | 0.2  | 0.1  | -0.1 | 0.1  | 0.5  | 0.5  | 0.1  |     |          |
| 61-M | -1.3 | -1.2 | -0.9 | -0.3 | 1.1  | -0.1 | -0.8 | -0.3 | -0.4 | -0.5 | -0.8 | -0.8 | -0.4 |     |          |
| 71-M | -1.4 | -1.2 | -0.7 | 0.3  | 3.4  | 4.2  | 1.4  | 0.8  | 0.9  | 0.3  | -0.4 | -0.2 | 0.1  |     |          |
| 21-M | 0.6  | 0.5  | -0.4 | -0.6 | -0.8 | -1.5 | -2.7 | -2.4 | -0.4 |      |      |      |      |     |          |
| 31-M | 0.6  | 0.8  | 0.8  | 0.9  | 0.2  | 0.5  | 1.6  | 2.8  | 2.2  |      |      |      |      |     |          |
| 41-M | -0.4 | -0.4 | -0.5 | -0.2 | -0.4 | -0.2 | 0.5  | 0.0  | -0.4 |      |      |      |      |     | 18.VIII. |
| 51-M | 1.4  | 1.4  | 1.1  | 1.3  | -0.2 | -0.6 | -0.3 | 0.0  | -0.6 |      |      |      |      |     |          |
| 61-M | -1.1 | -1.1 | -0.8 | -0.7 | -1.1 | -1.2 | 0.4  | -0.2 | 0.3  |      |      |      |      |     |          |
| 71-M | -1.2 | -1.2 | -0.4 | 0.2  | 2.3  | 2.8  | 0.3  | -0.3 | -1.1 |      |      |      |      |     |          |

Tab. 5: Abweichungen zweistündlicher Temperaturwerte der Meßhöhe 0 cm von ihren gemeinsamen Mittelwerten, 4 Tage der Zeitspanne vom 10. bis 19. August 1932



Abweichungen an den Oberflächen erklären (Tab. 5, oben). Am 11. August heben sich dann nasses *Sphagnum* (MP 21) durch große negative und *Calluna*-Heide (MP 71) durch große positive Abweichungen zur Mittagszeit ab. Im nassen *Sphagnum* bleibt dann die Temperatur bis zu 6.2°C unter dem gemeinsamen Mittel der 6 Meßpunkte, am Boden der *Calluna* steigt sie um 10 Uhr um 7.0°C darüber an. Nachts deutet sich ein umgekehrtes Verhalten mit größtenteils positiven Abweichungen bei nassem *Sphagnum* und negativen bei der *Calluna* an. Die niedrigen Tagestemperaturen des nassen *Sphagnum* lassen sich auf Wärmeverluste durch Verdunstung zurückführen, die etwas höheren Nachttemperaturen auf Wärmenachschub aus tieferen Schichten. In abgeschwächter Form zeigt sich am 14. und am 18. August das gleiche Verhalten. Die hohen Tages- wie die niedrigen Nachttemperaturen am Heideboden finden ihre Erklärung im schlechten Wärmeleitvermögen der trockenen, lockeren oberen Zentimeter des Bodens. Dies erklärt auch das Verhalten am 14. und 18. August (Tab. 5, unten).

Die Verhältnisse in der Bodentiefe 2.5 cm (Tab. 6) stehen im Einklang mit

| MP   | 00   | 02   | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24 Uhr | MOZ      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|----------|
| 10-M | 0.3  | 0.0  | -0.5 | -0.6 | -0.7 | -0.3 | 0.5  | 1.1  | 1.1  | 1.1  | 1.2  | -0.1 | 0.0    | T°C      |
| 20-M | 0.6  | 0.1  | -0.1 | 0.0  | 0.1  | -0.3 | -0.2 | 0.3  | 1.3  | 2.2  | 1.1  | 0.4  | 1.1    | 1972     |
| 30-M | 1.2  | 0.8  | 0.8  | 0.9  | 0.7  | 0.9  | 0.8  | 1.5  | 1.6  | 0.9  | 1.2  | 1.3  | -0.1   |          |
| 40-M | -1.1 | -0.7 | -0.2 | 0.3  | 0.7  | 2.6  | 4.0  | 3.4  | 2.0  | 0.8  | -0.3 | -0.1 | -0.1   | 10.VIII. |
| 50-M | -0.1 | 0.4  | 0.4  | -0.1 | -0.2 | -0.7 | -1.2 | -1.8 | -1.0 | -0.6 | -0.1 | 0.5  | 0.5    |          |
| 60-M | -0.4 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -0.3 | -1.0 | -1.3 | -2.1 | -2.3 | -2.1 | -1.3 | -1.1 | -0.4   |          |
| 70-M | -0.5 | -0.2 | -0.3 | -0.3 | -0.5 | -1.1 | -2.2 | -2.5 | -2.7 | -2.4 | -1.9 | -0.7 | -0.9   |          |
| 10-M | 0.0  | 0.9  | 0.9  | -0.3 | -2.1 | -2.6 | -1.9 | -0.1 | 2.0  | 2.1  | 1.0  | 0.4  | -0.3   |          |
| 20-M | 1.1  | 1.1  | -0.1 | -0.3 | -1.1 | -1.0 | -0.8 | 0.5  | 2.2  | 2.5  | 1.9  | 1.3  | 0.7    |          |
| 30-M | -0.2 | -1.4 | -0.9 | 0.0  | 1.7  | 3.2  | 4.3  | 4.9  | 1.3  | 0.7  | 0.7  | 0.7  | 0.8    |          |
| 40-M | -0.1 | -0.2 | -0.5 | 0.1  | 1.9  | 2.4  | 3.1  | 1.8  | 1.1  | -0.3 | -0.2 | 0.0  | 0.1    | 11.VIII. |
| 50-M | 0.5  | 0.4  | 0.5  | 0.3  | -0.5 | -0.8 | -1.7 | -2.2 | -1.0 | -0.3 | 0.6  | 0.6  | 0.4    |          |
| 60-M | -0.4 | -0.2 | 0.3  | 0.2  | 0.1  | 0.0  | -1.0 | -2.2 | -2.6 | -2.1 | -1.7 | -1.7 | -0.9   |          |
| 70-M | -0.9 | -0.5 | 0.0  | 0.1  | -0.4 | -1.0 | -2.1 | -2.7 | -2.8 | -2.6 | -2.2 | -1.6 | -0.8   |          |
| 10-M | 0.3  | 0.0  | -0.4 | -0.4 | 0.2  | 0.3  | 1.0  | 1.5  | 1.9  | 1.5  | 1.1  | 1.2  | 0.3    |          |
| 20-M | 0.7  | 0.3  | 0.8  | 0.3  | 0.8  | 0.7  | 1.5  | 2.0  | 2.0  | 2.0  | 1.4  | 0.5  | 1.3    |          |
| 30-M | 1.0  | 1.1  | 0.7  | 0.6  | -0.2 | -0.3 | -0.2 | -0.3 | 0.0  | 0.2  | 0.2  | 0.8  | 0.4    |          |
| 40-M | -0.3 | 0.1  | -0.2 | 0.5  | 1.8  | 1.7  | 1.8  | 1.6  | 0.0  | 0.5  | 0.3  | -0.7 | 0.2    | 14.VIII. |
| 50-M | 0.0  | -0.1 | -0.3 | -0.5 | -1.2 | 0.4  | 0.0  | 0.6  | 0.1  | 0.0  | 0.1  | 0.3  | -0.6   |          |
| 60-M | -0.7 | -0.7 | -0.4 | -0.1 | -0.5 | -1.4 | -1.1 | -2.5 | -1.4 | -2.1 | -1.2 | -0.8 | -0.7   |          |
| 70-M | -0.8 | -0.7 | -0.1 | -0.3 | -0.6 | -1.6 | -3.0 | -3.0 | -2.4 | -1.8 | -1.6 | -1.0 | -0.6   |          |
| 10-M | -0.2 | -0.4 | -0.5 | -1.0 | -0.7 | -0.4 | 0.2  | 1.3  | 1.7  | 1.6  | 1.1  | 0.6  | 0.7    |          |
| 20-M | 0.9  | 0.2  | -0.1 | 0.2  | 0.0  | -0.4 | 0.1  | 0.5  | 0.4  | 0.9  | 1.1  | 0.8  | 0.8    |          |
| 30-M | 0.1  | 0.5  | 0.7  | 0.8  | 0.4  | -0.2 | -0.3 | -0.4 | 0.0  | 0.4  | 0.4  | 0.6  | 0.7    |          |
| 40-M | -0.1 | 0.1  | 0.0  | 0.2  | 1.4  | 2.5  | 2.4  | 2.0  | 1.5  | 0.7  | 0.1  | 0.1  | -0.1   | 18.VIII. |
| 50-M | 0.3  | 0.2  | 0.0  | 0.0  | -0.1 | 0.1  | 0.5  | 1.3  | 1.0  | 0.4  | 0.2  | -0.2 | -0.2   |          |
| 60-M | -0.4 | -0.2 | 0.0  | -0.1 | -0.7 | -1.0 | -1.2 | -2.2 | -2.0 | -1.7 | -1.2 | -0.8 | -0.4   |          |
| 70-M | -0.5 | -0.4 | -0.4 | -0.2 | -0.3 | -0.6 | -1.8 | -2.4 | -2.1 | -1.9 | -1.4 | -0.9 | -1.4   |          |

Tab. 6: Wie Tab. 5, aber für Bodentemperaturen in 2.5 cm Tiefe

dem Befund an den Oberflächen. Im nassen *Sphagnum* (MP 20) und im nassen Schlamm (MP 10) finden sich zur Mittagszeit teils positive, teils negative Differenzen zu den Mittelwerten der 7 Meßpunkte. Hier stehen eben Verdunstungsverluste und bessere Wärmeleitfähigkeit gegeneinander. Mit einer kurzen Ausnahme am 11. August bleiben die Temperaturen in beiden Heidebeständen tags und nachts in ihren Abweichungen negativ. Die obere Bodenschicht leitet die in Wärme umgesetzte Sonnenstrahlung so schlecht weiter, daß auch nachts ein Temperaturfehlbetrag bleibt. Bei trockenem *Sphagnum* (MP 40) fallen die positiven Abweichungen zur hellen Tageszeit und die negativen der Nächte auf. Dies Verhalten läßt sich am ehesten aus mangelndem Bodenschluß des Thermometers erklären.

In der Höhe 4 cm konnte nur über nassem Schlamm, nassem *Sphagnum* und feuchtem *Sphagnum* gemessen werden. Die beiden ersten heben sich durch tagsüber negative Abweichungen von den positiven des feuchten *Sphagnum* ab. Das gleiche Verhältnis findet sich bei den Daten der Meßhöhe 0 cm (Tab. 7). Offensichtlich wirken sich die Temperaturen der Oberflächen noch in 4 cm Höhe darüber deutlich aus.

| MP   | 00   | 02   | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18       | 20   | 22   | 24 Uhr | MOZ              |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|------|------|--------|------------------|
| 12-M | 0.0  | -0.3 | -0.4 | -0.5 | -0.8 | -0.7 | -0.9 | -0.6 | -0.6 | 0.1      | 0.3  | 0.1  | 0.0    | T <sup>o</sup> C |
| 22-M | 0.2  | -0.1 | -0.1 | 0.1  | 0.4  | 0.3  | 0.3  | -0.3 | -0.4 | -0.8     | 0.1  | -0.1 | 0.2    | 1932             |
| 32-M | -0.1 | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.9  | 1.0  | 0.6      | -0.4 | 0.0  | -0.2   | 10.VIII.         |
| 12-M | 0.0  | 0.0  | -0.2 | -0.4 | -0.2 | -1.4 | -1.4 | -1.3 | -0.9 | 0.0      | 0.7  | 0.2  | 0.2    |                  |
| 22-M | 0.2  | 0.5  | 0.1  | -0.7 | -0.3 | -0.3 | -1.8 | -1.6 | -1.2 | -0.3     | 0.4  | 0.2  | 0.1    | 11.VIII.         |
| 32-M | -0.2 | -0.5 | 0.0  | 1.1  | 0.6  | 1.8  | 3.2  | 2.9  | 2.2  | 0.3      | -1.0 | -0.4 | -0.2   |                  |
| 12-M | 0.2  | 0.1  | -0.2 | -0.5 | -0.6 | -1.4 | -0.8 | -0.6 | -0.1 | 0.0      | 0.1  | 0.1  | -0.2   |                  |
| 22-M | -0.1 | -0.1 | -0.2 | -0.5 | -0.5 | -1.3 | -1.2 | -0.8 | -0.3 | -0.2     | -0.1 | -0.2 | -0.2   | 14.VIII.         |
| 32-M | 0.0  | 0.0  | 0.4  | 0.9  | 1.2  | 2.6  | 2.0  | 1.5  | 0.4  | 0.2      | 0.0  | 0.1  | 0.4    |                  |
| 12-M | 0.0  | 0.0  | -0.1 | -0.5 | -1.1 | -1.5 | -0.9 | -0.8 | -0.8 |          |      |      |        |                  |
| 22-M | -0.3 | -0.1 | -0.2 | -0.4 | -0.7 | -1.4 | -1.1 | -1.3 | -1.3 | 18.VIII. |      |      |        |                  |
| 32-M | 0.2  | 0.1  | 0.2  | 0.9  | 1.7  | 2.8  | 2.0  | 2.1  | 2.0  |          |      |      |        |                  |

Tab. 7: Wie Tab. 5, aber für Meßhöhe 4 cm

Mit zunehmender Höhe nimmt der Einfluß der Bodenoberfläche auf die Temperatur ab, läßt sich aber im Niveau 20 cm (*Calluna* 30 cm) noch nachweisen. Über dem kälteren nassen *Sphagnum* bleiben die Tagestemperaturen in 20 cm Höhe zum Teil um mehr als 1<sup>o</sup>C unter den Mitteln der vier Meßpunkte. Im oberen Teil der *Calluna*-Heide liegen sie hingegen meist höher. Die Nächte bringen nur geringe Differenzen (Tab. 8).

| MP   | 00   | 02   | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24 Uhr | MOZ      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|----------|
| 23-M | 0.4  | -0.2 | -0.1 | 0.1  | -0.5 | -1.6 | -0.1 | -0.9 | -0.3 | -0.1 | 0.3  | -0.1 | 0.1    | T°C      |
| 33-M | 0.4  | 0.2  | 0.1  | 0.0  | 0.0  | -0.4 | -0.8 | -0.8 | 0.1  | 0.8  | 0.6  | 0.4  | 0.3    | 1932     |
| 63-M | -0.6 | -0.3 | -0.4 | -0.3 | 0.1  | 0.4  | -0.2 | 0.9  | 0.5  | -0.1 | -0.5 | -0.4 | -0.4   | 10.VIII. |
| 73-M | -0.2 | 0.2  | 0.3  | 0.2  | 0.4  | 1.6  | 1.0  | 0.8  | -0.3 | -0.7 | -0.4 | 0.0  | -0.1   |          |
| 23-M | 0.1  | 0.3  | 0.0  | -1.9 | -2.2 | -2.2 | -1.9 | -1.3 | -1.1 | -1.6 | -0.5 | 0.3  | -0.1   |          |
| 33-M | 0.3  | 0.3  | 0.6  | -0.4 | -0.2 | -0.6 | 0.0  | 0.7  | 1.0  | 0.8  | 0.4  | 0.4  | 0.3    | 11.VIII. |
| 63-M | -0.4 | -0.5 | -0.3 | 1.9  | 1.6  | 2.2  | 0.8  | 0.2  | 0.2  | 0.6  | -0.5 | -1.1 | -0.9   |          |
| 73-M | -0.1 | -0.2 | -0.2 | 0.3  | 0.8  | 0.5  | 0.9  | 0.3  | -0.1 | 0.1  | 0.4  | 0.4  | 0.7    |          |
| 23-M | 0.1  | 0.2  | -0.4 | -0.7 | -1.4 | -0.8 | -0.5 | -0.7 | -0.4 | -0.3 | -0.1 | -0.2 | -0.2   |          |
| 33-M | 0.3  | 0.1  | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.6  | 0.9  | 0.7  | 0.4  | 0.3  | 0.3  | 0.4  | 0.4    | 14.VIII. |
| 63-M | -0.4 | -0.4 | -0.2 | 0.1  | 0.6  | -0.1 | -0.4 | -0.3 | -0.3 | 0.1  | 0.0  | -0.3 | -0.4   |          |
| 73-M | 0.1  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.4  | 0.3  | -0.1 | 0.1  | 0.2  | -0.1 | -0.2 | 0.1  | 0.2    |          |
| 23-M | 0.0  | 0.3  | -0.1 | -0.5 | -0.9 | -0.9 | -0.8 | -1.1 | -1.0 |      |      |      |        |          |
| 33-M | 0.5  | 0.6  | 0.4  | 0.3  | -0.4 | -0.4 | 0.5  | 0.6  | 0.6  |      |      |      |        |          |
| 63-M | -0.6 | -0.7 | -0.4 | -0.2 | 0.3  | 0.3  | -0.3 | -0.5 | -0.2 |      |      |      |        | 18.VIII. |
| 73-M | 0.1  | -0.1 | 0.2  | 0.3  | 0.9  | 1.1  | 0.7  | 0.9  | 0.5  |      |      |      |        |          |

Tab. 8: Wie Tab. 5, aber für Meßhöhe 20 cm (*Calluna* 30 cm)

### 6.1.7.3 Tagesgänge der Temperaturdifferenzen der Meßhöhen -2.5 cm, 4 cm und 20 cm (*Calluna* 30 cm) zur Meßhöhe 0 cm

Die bisher gebrachten Tabellen lassen die Grundzüge des Temperaturverhaltens bei den verschiedenen Pflanzengesellschaften erkennen. Eine weitere Betrachtungsweise kann bestimmte Eigenarten zusätzlich deutlich machen. Tab. 9 gibt für einige Tage die in zweistündlichem Abstand ermittelten Temperaturdifferenzen zwischen der Bodentiefe 2.5 cm und der Oberfläche wieder. Zur Mittagszeit ausgesprochener Strahlungstage kann die Temperatur in 2.5 cm Tiefe der *Calluna*-Heide demnach z.B. am 11. August um 19.1°C unter der Oberflächentemperatur bleiben, und zwar als Folge der bereits mehrfach erwähnten geringen Wärmeleitfähigkeit der obersten Zentimeter des Heidebodens. Den Gegenpol dazu stellt meist das nasse *Sphagnum* wegen der besseren Leitfähigkeit. Wie ebenfalls bereits erwähnt, kann mangelnder Bodenschluß des Thermometers der Tiefe 2.5 cm die relativ geringen Differenzen des trocknen *Sphagnum* erklären. Die *Erica*-Heide nimmt eine Zwischenstellung ein. Als Folge der Strahlungsverluste an der Oberfläche überwiegen nachts in allen Beständen positive Differenzen.

Für die Kleintierwelt dürfte die Höhe der Temperaturen ihre Bedeutung haben, darüber hinaus aber auch die Größe der Temperaturdifferenzen, vor allem die zwischen der Bodenoberfläche und dem Boden dicht darunter.

Für einen Vergleich des Niveaus 4 cm mit der Bodenoberfläche liegen nur die Daten des nassen (MP 22-MP 21) und des feuchten (MP 32-MP 31) *Sphagnum* vor (Tab. 10). Hier fallen die negativen Differenzen wesentlich

| MP    | MP  | 00  | 02  | 04   | 06   | 08    | 10    | 12    | 14   | 16   | 18   | 20  | 22   | 24 | Uhr   | MOZ |
|-------|-----|-----|-----|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|------|----|-------|-----|
| 20-21 | 4.8 | 3.8 | 2.5 | 1.7  | -0.5 | -5.6  | -7.8  | -6.2  | -3.9 | 1.8  | 3.7  | 3.6 | 5.0  |    | T°C   |     |
| 30-31 | 4.0 | 2.9 | 1.8 | 1.0  | -1.5 | -5.2  | -8.6  | -9.6  | -5.4 | 0.6  | 4.4  | 3.9 | 2.9  |    |       |     |
| 40-41 | 2.9 | 2.4 | 2.0 | 1.2  | -1.1 | -4.2  | -4.1  | -6.0  | -3.2 | 2.4  | 3.7  | 3.4 | 4.0  |    | 1932  |     |
| 50-51 | 2.4 | 2.0 | 1.4 | 0.2  | -1.6 | -7.1  | -8.2  | -10.9 | -5.7 | 0.6  | 2.4  | 2.2 | 2.6  |    | 10.   |     |
| 60-61 | 5.1 | 3.5 | 2.2 | 1.5  | -0.6 | -5.1  | -7.7  | -10.3 | -6.9 | -0.9 | 4.0  | 3.4 | 4.0  |    | VIII. |     |
| 70-71 | 5.0 | 3.5 | 1.6 | 0.5  | -2.3 | -7.1  | -10.4 | -10.3 | -5.7 | -1.1 | 3.2  | 3.5 | 3.3  |    |       |     |
| 20-21 | 5.0 | 5.6 | 5.0 | 2.4  | -3.4 | -6.7  | -5.1  | -3.7  | -1.5 | 1.5  | 3.2  | 4.1 | 3.9  |    |       |     |
| 30-31 | 2.9 | 2.2 | 2.7 | 0.1  | -2.6 | -5.8  | -6.6  | -7.4  | -6.5 | 0.4  | 3.6  | 4.3 | 4.9  |    | 11.   |     |
| 40-41 | 4.0 | 4.6 | 4.0 | 1.7  | -4.1 | -7.0  | -6.3  | -7.1  | -3.2 | 1.2  | 3.5  | 4.6 | 4.8  |    | VIII. |     |
| 50-51 | 2.9 | 3.1 | 3.0 | 0.9  | -5.7 | -11.6 | -13.1 | -12.4 | -7.6 | -1.1 | 2.9  | 3.3 | 3.2  |    |       |     |
| 60-61 | 4.0 | 6.3 | 6.1 | 1.1  | -6.3 | -9.8  | -11.3 | -10.0 | -7.4 | -2.7 | 2.2  | 4.5 | 5.0  |    |       |     |
| 70-71 | 3.3 | 5.4 | 5.6 | 1.2  | -9.7 | -18.3 | -19.1 | -13.8 | -7.4 | -2.9 | 1.5  | 4.2 | 5.4  |    |       |     |
| 20-21 | 3.3 | 3.1 | 3.0 | 1.0  | -2.9 | -6.1  | -3.1  | -0.8  | 0.3  | 0.9  | 1.6  | 1.3 | 1.3  |    |       |     |
| 30-31 | 3.5 | 3.5 | 3.0 | -0.2 | -5.2 | -9.9  | -8.0  | -5.4  | -1.3 | 0.1  | 1.6  | 1.4 | 0.3  |    | 14.   |     |
| 40-41 | 3.2 | 3.3 | 3.0 | 1.0  | -2.7 | -7.7  | -5.0  | -2.0  | -0.1 | 0.9  | 1.8  | 1.7 | 1.2  |    | VIII. |     |
| 50-51 | 1.9 | 1.7 | 1.2 | -1.1 | -5.4 | -8.8  | -7.1  | -3.9  | -0.9 | -0.1 | 0.8  | 0.8 | -0.1 |    |       |     |
| 60-61 | 4.0 | 3.8 | 3.2 | -0.1 | -7.2 | -10.8 | -7.0  | -5.5  | -2.5 | -1.1 | 0.8  | 0.9 | 0.0  |    |       |     |
| 70-71 | 3.7 | 3.8 | 3.3 | -0.6 | -9.6 | -15.6 | -10.8 | -7.5  | -4.6 | -1.9 | 0.3  | 0.4 | -0.2 |    |       |     |
| 20-21 | 4.1 | 3.7 | 2.8 | 0.9  | -3.0 | -7.1  | -6.1  | -5.2  | -3.7 | 0.3  | 2.8  | 2.7 | 3.5  |    |       |     |
| 30-31 | 3.1 | 3.4 | 2.4 | 0.1  | -3.6 | -9.0  | -10.8 | -11.2 | -7.1 | -0.6 | 2.9  | 2.6 | 3.6  |    | 18.   |     |
| 40-41 | 4.1 | 4.2 | 3.0 | 0.7  | -2.0 | -5.9  | -5.7  | -6.2  | -2.9 | 1.2  | 3.2  | 3.1 | 3.6  |    | VIII. |     |
| 50-51 | 2.6 | 2.5 | 1.5 | -0.1 | -3.7 | -7.7  | -8.1  | -6.8  | -3.2 | 0.6  | 1.9  | 1.3 | 1.9  |    |       |     |
| 60-61 | 4.4 | 4.6 | 3.3 | 0.7  | -3.4 | -8.1  | -10.5 | -10.1 | -7.3 | -4.0 |      |     |      |    |       |     |
| 70-71 | 4.9 | 4.7 | 2.6 | -0.2 | -6.4 | -11.6 | -11.0 | -10.3 | -7.0 | -4.1 | -1.7 |     |      |    |       |     |

Tab. 9: Zweistündliche Temperaturdifferenzen zwischen der Meßhöhe -2.5 cm und der Bodenoberfläche, einige Tage der Zeitspanne vom 10. bis 19. August 1932

| MP    | MP   | 00   | 02   | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24 | Uhr      | MOZ |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|----------|-----|
| 22-21 | -1.9 | -1.3 | -0.6 | -0.5 | -1.0 | -2.8 | -2.4 | -1.3 | -1.0 | -1.4 | -3.2 | -2.3 | -1.9 |    | T°C 1932 |     |
| 32-31 | -3.3 | -2.3 | -1.7 | -1.8 | -2.5 | -3.5 | -4.0 | -4.6 | -1.4 | 0.0  | -3.1 | -2.8 | -3.2 |    | 10.VIII. |     |
| 22-21 | -1.9 | -2.3 | -2.2 | -0.7 | 1.3  | 0.7  | 0.8  | 2.5  | 2.3  | 0.6  | -2.6 | -3.5 | -3.9 |    |          |     |
| 32-31 | -3.2 | -4.6 | -1.7 | -1.5 | -0.2 | -0.5 | -0.8 | -1.1 | 2.3  | 2.0  | -2.2 | -3.3 | -3.3 |    | 11.VIII. |     |
| 22-21 | -3.0 | -2.4 | -2.0 | -0.4 | 1.1  | 0.1  | 0.0  | -0.1 | -0.6 | -1.1 | -1.5 | -1.2 | -0.1 |    |          |     |
| 32-31 | -2.3 | -2.2 | -1.6 | -0.9 | 0.7  | 1.1  | 0.2  | -0.2 | 0.2  | -0.3 | -0.8 | -0.7 | 0.2  |    | 14.VIII. |     |
| 22-21 | -2.4 | -2.2 | -1.0 | -0.5 | -1.9 | -2.7 | -1.4 | -0.3 | 0.1  | 0.0  | -1.5 | -0.3 | -1.3 |    |          |     |
| 32-31 | -1.9 | -2.4 | -1.8 | -0.8 | -0.5 | -0.4 | -0.8 | -0.5 | 0.9  | 0.7  | -1.0 | -0.7 | -1.8 |    | 18.VIII. |     |

Tab. 10: Wie Tab. 9, aber Differenzen zwischen der Meßhöhe 4 cm und der Bodenoberfläche

geringer aus, können zur hellen Tageszeit sogar leicht positiv werden oder näher an 0°C heranrücken. Das gilt auch für alle hier nicht gebrachten Tage der ganzen Beobachtungszeitspanne. Nachts bleibt es in 4 cm Höhe an beiden Standorten kälter als an den Oberflächen, zurückzuführen auf einen Wärmeschub aus dem Boden zur Oberfläche.

Tab. 11 bringt die Temperaturdifferenzen zwischen dem höheren Niveau 20 cm (*Calluna* 30 cm) und den zugehörigen Bodenoberflächen. Sie übertreffen zum Teil erheblich die Differenzen des letzten Vergleichs (Tab. 10). Demnach stehen die Temperaturen der Höhe 4 cm noch unter starkem Einfluß von der Bodenoberfläche her.

| MP MP | 00   | 02   | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24 Uhr | MOZ      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|----------|
| 23-21 | -2.7 | -2.0 | -1.1 | -1.0 | -3.6 | -7.8 | -6.4 | -4.7 | -3.0 | -0.6 | -5.2 | -3.2 | -2.8   | T°C      |
| 33-31 | -3.6 | -2.9 | -2.5 | -2.7 | -3.8 | -6.2 | -6.6 | -8.9 | -4.4 | 0.1  | -2.9 | -2.6 | -3.2   | 1932     |
| 63-61 | -1.9 | -1.7 | -1.6 | -1.4 | -1.8 | -3.3 | -3.4 | -2.8 | -1.4 | 0.9  | -2.2 | -1.4 | -2.5   | 10.VIII. |
| 73-71 | -1.5 | -1.4 | -1.4 | -1.8 | -3.1 | -4.0 | -5.6 | -4.1 | -0.9 | 0.0  | -2.0 | -1.3 | -2.3   |          |
| 23-21 | -2.5 | -3.5 | -2.9 | -0.7 | 0.5  | -1.5 | -0.7 | 1.6  | 1.9  | -0.3 | -3.2 | -3.2 | -4.3   |          |
| 33-31 | -3.2 | -4.7 | -3.8 | -1.7 | 0.1  | -3.5 | -5.1 | -4.7 | 0.1  | 2.8  | -0.5 | -2.4 | -3.1   | 11.VIII. |
| 63-61 | -2.5 | -3.0 | -2.6 | 1.4  | 0.2  | -0.8 | -3.6 | -0.6 | 2.4  | 2.5  | -0.5 | -1.6 | -2.2   |          |
| 73-71 | -2.3 | -2.9 | -2.5 | -0.1 | -3.9 | -7.1 | -8.7 | -3.8 | 2.1  | 2.0  | 0.1  | 0.7  | -0.7   |          |
| 23-21 | -3.5 | -2.9 | -2.4 | -0.8 | 0.2  | -0.9 | -0.9 | -0.7 | -0.9 | -1.4 | -1.9 | -1.5 | -0.3   |          |
| 33-31 | -2.6 | -2.6 | -1.8 | -1.3 | 0.0  | -2.3 | -2.5 | -1.7 | 0.1  | -0.4 | -0.8 | -0.5 | 0.0    | 14.VIII. |
| 63-61 | -1.5 | -1.4 | -0.9 | -0.5 | -1.0 | -3.1 | -2.1 | -1.3 | -0.2 | 0.2  | -0.1 | -0.3 | 0.1    |          |
| 73-71 | -0.8 | -0.9 | -0.7 | -1.0 | -3.6 | -7.0 | -4.1 | -2.1 | -1.0 | -0.8 | -0.8 | -0.6 | -0.1   |          |
| 23-21 | -2.8 | -2.7 | -2.4 | -1.0 | -2.7 | -3.4 | -2.1 | -1.0 | -0.1 | 0.1  | -0.7 | -0.3 | -2.1   |          |
| 33-31 | -2.4 | -2.7 | -2.1 | -1.7 | -3.1 | -5.0 | -5.0 | -4.5 | -1.3 |      |      |      |        | 18.VIII. |
| 63-61 | -1.8 | -2.1 | -1.2 | -0.6 | -1.2 | -2.6 | -4.6 | -2.6 |      |      |      |      |        |          |
| 73-71 | -0.9 | -1.3 | -1.0 | -0.9 | -3.9 | -5.7 | -3.5 | -1.1 |      |      |      |      |        |          |

Tab. 11: Wie Tab. 9, aber Differenzen zwischen der Meßhöhe 20 cm (*Calluna* 30 cm) und der Bodenoberfläche

### 6.1.8 Zusammenhänge statistischer Art zwischen Temperaturen verschiedener Meßhöhen

Zwischen den Tagesextremtemperaturen der Meßhöhen bestehen Zusammenhänge, die sich auf den ersten Blick nicht zu erkennen geben, aber die doch zur Charakterisierung der Verhältnisse in den verschiedenen Pflanzengesellschaften beitragen können. Zu hohen Tageshöchsttemperaturen an der Bodenoberfläche werden meist auch relativ hohe in 2.5 cm Bodentiefe und in geringer Höhe über Grund gehören. Das Ausmaß der Differenzen zwischen den beiden Höhen kann aber auch variieren und auch vom allgemeinen Temperaturniveau abhängig sein. Sicher wird die Stärke der Strahlung hier den Ausschlag geben. Dafür stehen aber in diesem Fall keine Werte zur Verfügung.

Abb. 17 stellt links die Beziehungen zwischen den Tageshöchst- (TMax) und den Tagestiefsttemperaturen (TMin) der Bodenoberfläche und der Tiefe 2.5 cm dar, und zwar für die einzelnen Tage der Zeitspanne vom 10. bis 19. August 1932. Die Punktwolke für das Verhältnis der Tiefsttemperaturen liegt oberhalb der eingezeichneten 45°-Geraden. Lägen alle Punkte auf der Gera-

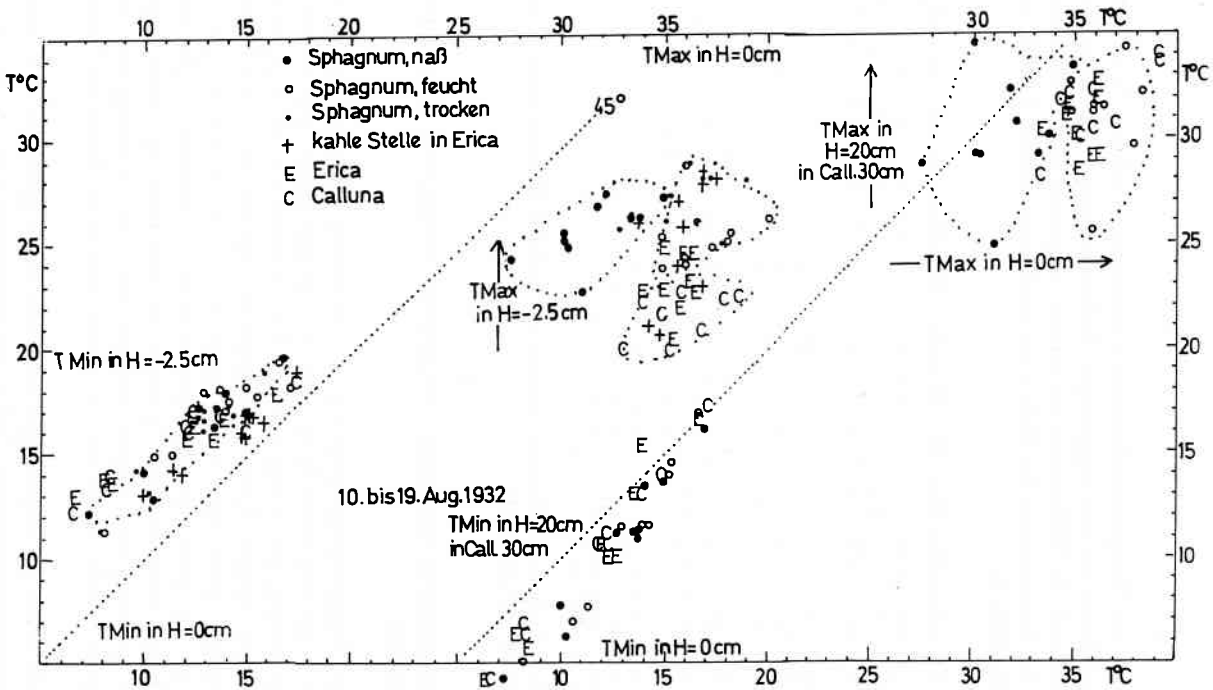


Abb. 17: links: Zusammenhang zwischen den Tageshöchstwerten der Temperatur in 0 cm Höhe und denen in 2,5 cm Bodentiefe (links oben), entsprechend zwischen den Tagesstiefsttemperaturen (links unten) und denen in 20 cm (Calluna) und der Höhe 0 cm  
 rechts: Zusammenhang zwischen den Extremwerten der Höhe 20 (Calluna) und der Höhe 0 cm  
 Kipshagen 10. bis 19. August 1932

den, stimmten die Temperaturen beider Meßhöhen überein. Gemäß Abbildung liegen jedoch die Tiefsttemperaturen im Boden deutlich über den gleichzeitigen an der Bodenoberfläche. Das gilt für alle Meßstellen. Bei 17°C Tiefsttemperatur an der Oberfläche bleibt es im Boden um 1 bis 2°C wärmer, bei 8°C um etwa 3 bis 5°C. Die Unterschiede im Verhalten der Meßstellen sind zu gering, als daß sich bei dieser Darstellungsart Gesetzmäßigkeiten erkennen ließen.

Bei den Tageshöchsttemperaturen (Mitte oben) zeichnet sich ein unterschiedliches Verhalten deutlicher ab. Als Folge niedriger Oberflächentemperaturen, bedingt durch Verdunstungskälte und schnellerer Wärmeableitung in den Boden, rückt die Punkt Wolke des nassen *Sphagnum* am weitesten nach links und damit zu geringeren Unterschieden der beiden Meßhöhen. Trotz höherer Oberflächentemperaturen bleiben die Temperaturen im Boden unter der *Calluna*-Heide unter denen des nassen *Sphagnum*, zu ersehen aus dem großen Abstand der Punkt Wolke zur 45°-Geraden. Feuchtes *Sphagnum* nimmt eine Mittelstellung ein. Die Punkte der übrigen Meßstellen verteilen sich auf die beschriebenen.

Beim Vergleich der Meßhöhen 20 bzw. 30 cm mit den Oberflächen rücken die Punkte der Tiefsttemperaturen auf die rechte Seite der 45°-Geraden (Abb. 17 unten rechts). Je niedriger die Temperaturen am Boden, um so deutlicher bleiben die Temperaturen des höheren Niveaus unter ihnen. Das Absinken der Oberflächentemperatur von 17 auf 8°C bringt einen Anstieg der Differenz von etwa 0°C auf 1 bis 2°C. Dies dürfte sich auf den nächtlichen Wärmenachschub aus dem Boden zur Bodenoberfläche zurückführen lassen. Bei den Höchsttemperaturen bleiben die Temperaturunterschiede der beiden Meßhöhen geringer als bei den Meßhöhen 0 und -2.5 cm. Wegen der niedrigen Oberflächentemperaturen verschiebt sich die Punkt Wolke beim nassen *Sphagnum* erheblich nach links.

Für die Temperaturmeßpunkte gleicher Höhe läßt sich für jede Stunde oder jeden Zeitraum jeden Tages ein Mittelwert bilden, und dann lassen sich die Differenzen der Einzelwerte zu ihrem Mittel errechnen. Nach den bisher gebrachten Darstellungen dürfte die Summe der Differenzen während der Nachtstunden gering sein. Tagsüber könnten hingegen Unterschiede des Wetterablaufs der Einzeltage eher ihren Niederschlag in der mittleren Abweichung  $s$  der Temperaturwerte finden ( $s$  = Quadratwurzel aus der Summe der Differenzquadrate geteilt durch die um 1 verminderte Zahl der Fälle). Zum Vergleich wurden die Mitteltemperaturen der Zeitspanne von 08 bis 16 Uhr MOZ gewählt (Tab. 12).

In allen Meßhöhen bringt der 11. August die größten Abweichungen. Es war ein sonniger Tag, an dem sich Einflüsse der Bestände gut auf die Tempera-

| Höhe cm           | 10. | 11. | 12. | 13. | 14. | 15. | 16. | 17. | 18. | VIII.<br>1932    |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|
| 20, in Calluna 30 | 0.7 | 1.2 | 0.9 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | T <sup>o</sup> C |
| 0                 | 1.1 | 2.9 | 2.5 | 1.7 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 0.9 | 1.3 |                  |
| -2.5              | 1.7 | 2.2 | 1.5 | 1.6 | 1.4 | 1.8 | 1.6 | 1.7 | 1.3 |                  |

Tab. 12: Mittlere Abweichung  $s$  der Temperaturmittelwerte von 08 bis 16 Uhr vom Gesamtmittelwert aller Meßpunkte gleicher Höhe für jeden Tag der Meßperiode vom 10. bis 18. August 1932

turverhältnisse auswirken können. Vielleicht spricht auch der Übergang von einer Periode wechselhaften Wetters zu guten Strahlungsbedingungen mit. An der Bodenoberfläche weist der 17. August die geringsten Abweichungen auf, ein Tag mit zeitweise verdeckter Sonne und kräftigerem Wind. Auf relativ geringen Sonnenschein (Abb. 6) scheint am ehesten die Temperatur in 20 (Calluna 30) cm Höhe am 14. August mit geringer mittlerer Abweichung anzusprechen.

Eine eingehende Betrachtungsweise würde längere Meßperioden voraussetzen.

### 6.1.9 Zur Temperatur des ufernahen Teichbodens

Die Temperaturen des ufernahen flachen Teichbodens nehmen eine Sonderstellung ein. Anders als bei den Thermometern in 2.5 cm Bodentiefe kann die Sonnenstrahlung fast ungehindert den Teichboden erreichen.

Wegen des langsam fallenden Wasserspiegels wurde für Abb. 18 eine mittlere Tiefe des Teichrandbodens von 6 cm angesetzt. Die Abbildung bringt oben den mittleren Tagesgang der Temperatur für die Zeitspanne vom 12. bis zum 19. August 1932, und zwar vom Teichboden und der Tiefe 2.5 cm des nassen und trocknen *Sphagnum*. Der Teichboden bleibt durchweg wärmer als die Meßstellen im *Sphagnum*. Infolge des trägeren Ansprechens des Wassers auf Temperatur- und Strahlungsänderungen gehen die Differenzen während des Erwärmungsvorganges auf etwa 2°C zurück, um dann ab 14 Uhr MOZ auf 3 bis 4°C anzusteigen.

Abb. 18 unten wiederholt den Ablauf der Teichbodentemperatur, stellt aber zum Vergleich die Oberflächentemperaturen des nassen und des trocknen *Sphagnum*. Im *Sphagnum* sinkt die Temperatur um 04 Uhr auf etwa 14°C ab, die Temperatur auf dem Teichboden mit 2 Stunden Verspätung auf 20°C. Um 12 Uhr werden im nassen *Sphagnum* 31°C erreicht, im trocknen *Sphagnum* 35°C. Mit 3 Stunden Verspätung kommt die Teichbodentemperatur auf ihren mittleren Höchstwert von 29°C. In Abhängigkeit von Schwankungen des Wasserspiegels müssen demnach die Pflanzen des ufernahen Bereichs neben



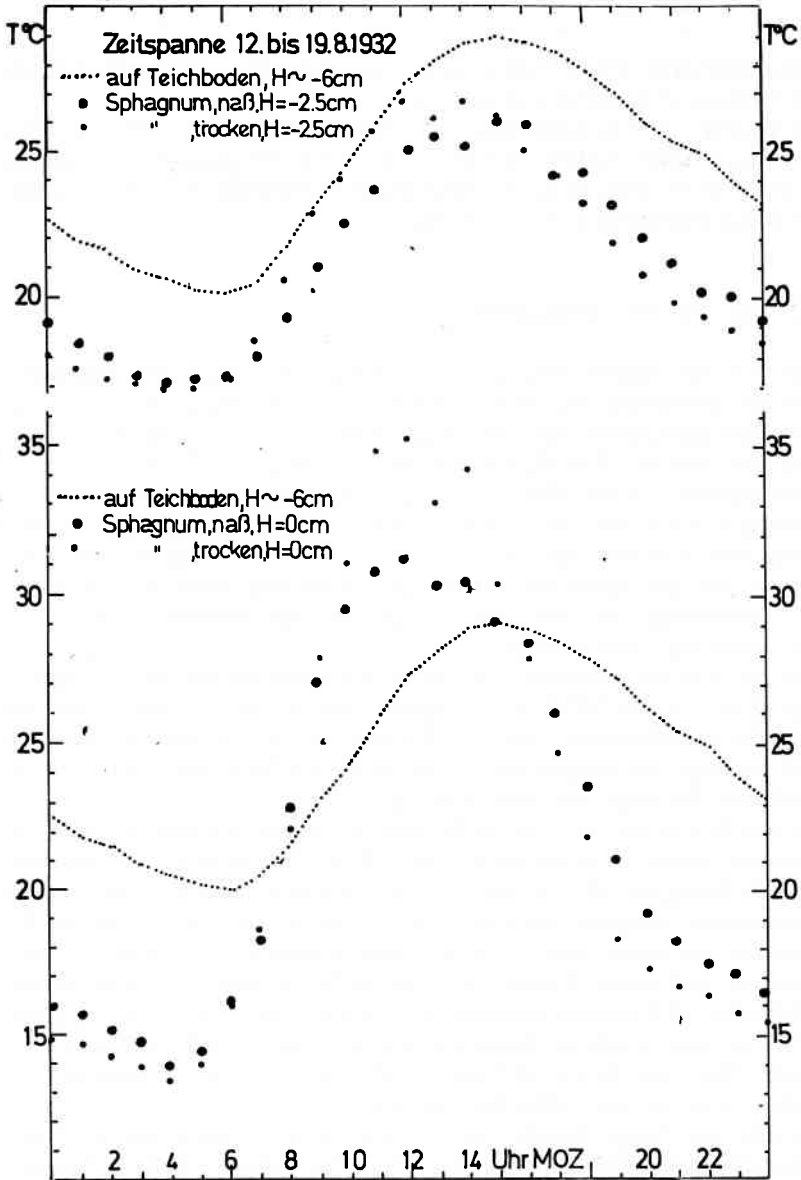


Abb. 18: Mittlerer Tagesgang der Temperatur des ufernahen Teichbodens, der Temperatur in 2.5 cm Tiefe (oben) sowie der Bodenoberfläche (unten) des nassen und des trocknen *Sphagnum*, Zeitspanne 12. bis 19. August 1932, Kipshagen

unterschiedlichen Feuchtebedingungen vor allem mit großen Unterschieden des Temperaturverhaltens rechnen.

Bei ausgesprochenem Strahlungswetter findet SCHANDERL (1955) im Pflanzenverband unter flachem Wasser bis zu  $6.3^{\circ}\text{C}$  Übertemperatur gegenüber freiem Wasser, eine Folge der langsameren Abführung der Übertemperatur durch den absperrenden Pflanzenverband.

## 6.2 Zur relativen Luftfeuchtigkeit

Kap. 4 bringt Angaben über die Aufstellungsart der eingesetzten Hygrometer und die Schwächen des Meßverfahrens. Die Vergleichbarkeit der in den Beständen gewonnenen Meßdaten leidet ferner unter dem schnellen Ansprechen der relativen Feuchtigkeit auf den Durchzug von Wolkenfeldern und aufkommendem Wind. Das stört wegen der insgesamt etwa 15 Minuten dauernden Ablesezeit vom ersten bis zum letzten Instrument. Die Untersuchung sieht sich daher nur als Anhalt für die Größenordnung der Unterschiede zwischen den Beständen. Sie läßt die nächtlichen Verhältnisse außerhalb der Betrachtung, da hohe Luftfeuchtigkeiten von annähernd 100% keine Differenzierung mehr erlauben.

Abb. 19 stellt den mittleren Gang der relativen Luftfeuchte für die Tageszeit von 07 bis 19 Uhr MOZ der Zeitspanne vom 10. bis 19. August dar, und zwar für die Meßhöhen 4 und 20 (*Calluna* 30) cm. In den Heidebeständen sind derartige Messungen wegen der Empfindlichkeit der Heide und der Gefahr für das Hygrometerhaar schwierig.

Bei den Meßstellen des höheren Niveaus ist die der *Calluna* im Mittel der gesamten Periode am trockensten. Von 72% um 07 Uhr geht die Feuchtigkeit bis zum Mittag auf 42% herunter. In der *Erica* sinkt sie von 81 auf 45% ab. Über nassem *Sphagnum* bleibt es in diesem Niveau deutlich trockener als über feuchtem, vermutlich eine Folge der etwas trockneren Umgebung der Meßstelle. Im niedrigeren Niveau von 4 cm (Abb. 19, unten) bleibt die relative Luftfeuchte über nassem Schlamm und nassem *Sphagnum* erwartungsgemäß höher als über feuchtem *Sphagnum* und der kahlen Stelle in der *Erica*-Heide. Über den nassen Meßstellen dürfte sich die hohe Feuchtigkeit des Bodens in der geringen Höhe noch auswirken.

Für eine nur 7tägige Periode vom 13. bis zum 19.8. lassen sich die Feuchtigkeitswerte der Höhen 4 und 30 cm in der *Calluna*-Heide miteinander vergleichen. Von 10 bis 14 Uhr MOZ hat die größere Höhe eine um 4 bis 5% höhere Feuchtigkeit, zurückzuführen auf höhere Temperaturen am Boden, die hier zu geringerer Luftfeuchtigkeit führen.

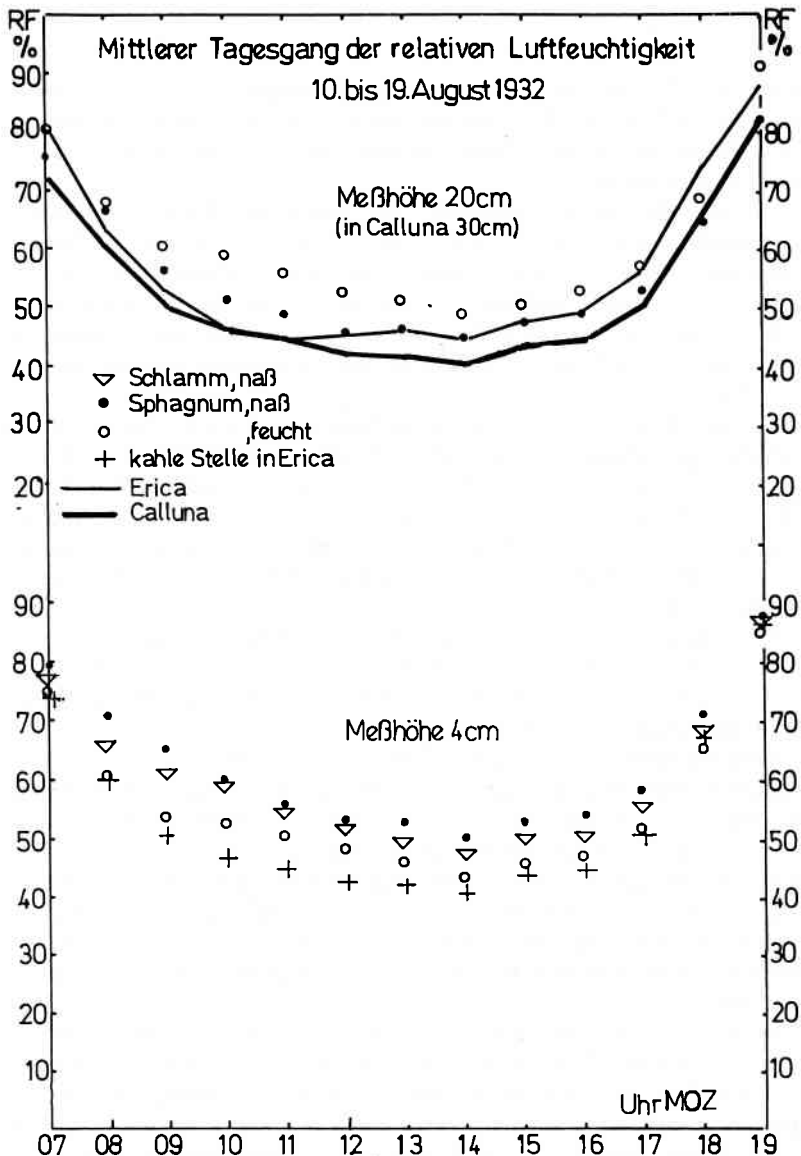


Abb. 19: Mittlerer Tagesgang der relativen Luftfeuchtigkeit in den Höhen 4 cm (unten) und 20 (Calluna 30) cm (oben), 10. bis 19. August 1932, Kipshagen

DIEM (1951) untersuchte die relative Luftfeuchtigkeit in der bodennahen Luftschicht im Gras und über nacktem Boden, also unter andern Bedingungen als die Kipshagens. In der Tendenz stimmen aber die Meßergebnisse beider Untersuchungen überein.

Abb. 20 gibt die für die einzelnen Tage gemittelten Werte der relativen Luftfeuchtigkeit von 10 bis 14 Uhr wieder. Vom 13.8. für die Meßhöhe 4 cm abgesehen, herrscht in der *Calluna* die geringste Feuchtigkeit. Die relative Feuchte in der *Erica* (Meßhöhe 20 cm) und in der kahlen *Erica*-Stelle schiebt sich meist an die zweite Stelle. Über feuchtem und nassem *Sphagnum* bestehen die für die Mittelwerte festgestellten Verhältnisse auch an den einzelnen Tagen.

Parallel zum Vergleich des Temperaturablaufs zweier Tage (Tab. 1 und 2) erfolgt die Gegenüberstellung der Luftfeuchten dieser Tage. Für die Differenz der Lufttemperaturen des 16. und 14.8.1932 fällt in Tab. 1 der schnelle Anstieg zur Mittagszeit auf. Etwa zur gleichen Zeit, aber im langsamen Übergang, sinkt die relative Feuchte des warmen 16. August unter die des etwas kühleren 14. August ab, und zwar schließlich um bis zu 30% in beiden Meßhöhen (Abb. 21).

Der 19.8. hebt sich zur hellen Tageszeit durch höhere Temperaturen vom 18.8. ab (Tab. 2), und dies in allen Höhen. Entsprechend bleibt er mit seiner relativen Luftfeuchtigkeit unter der des 18.8. (Abb. 22). Das gilt am wenigsten für die Punkte in den Heideparzellen.

Das Sättigungsdefizit der Luft gibt die Differenz zwischen der in 1 cbm Luft vorhandenen Wasserdampfmenge und der bei gleicher Temperatur größtmöglichen Menge an. Nimmt die Luft bei konstanter Temperatur Wasserdampf auf, so verringert sich das Defizit, und die relative Luftfeuchte steigt an. Oft ergeben sich bei der relativen Feuchte und auch bei der Lufttemperatur nur geringe, vielfach im Zufallsbereich liegende Unterschiede. Dann mag das Verhalten des Sättigungsdefizits ein klareres Bild ergeben. So kommt die Sonderstellung der bodennahen Luftschicht vor allem der *Calluna*-Heide gut heraus (Abb. 23).

LÖTSCHERT (1962) untersuchte 1959 und 1960 bestandsklimatische Bedingungen der *Calluna*-Heide in der Lüneburger Heide. Es ging ihm vor allem um Unterschiede zwischen einem Nord- und einem Südhang. Soweit sich wegen unterschiedlicher Meßmethoden, Meßhöhen und -zeiten Vergleiche anstellen lassen, ordnen sich die Kipshagener Temperaturdaten etwa in der Mitte zwischen den Werten des Nord- und denen des Südhanges der Lüneburger Heide ein. Die Unterschiede zwischen der relativen Feuchte des Süd- und des Nordhanges (Südhang etwas trockner) liegen in der gleichen Größenordnung wie die zwischen der *Calluna*- und der *Erica*-Heide Kipshagens.

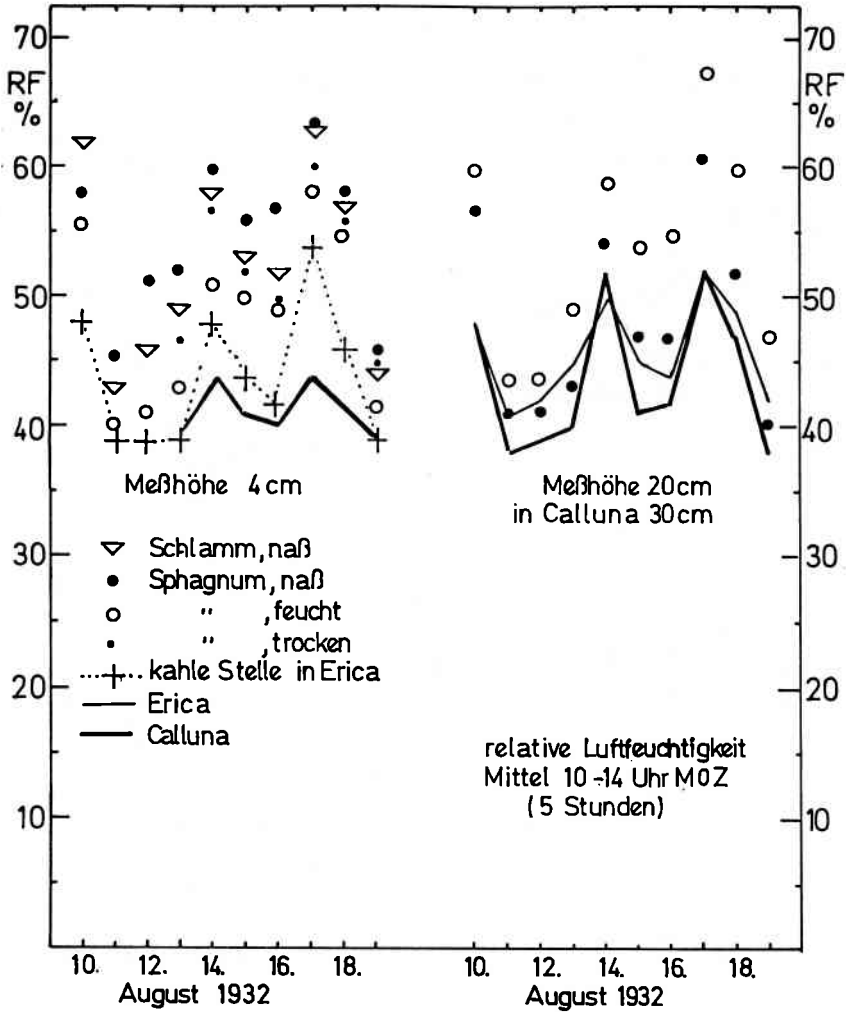


Abb. 20: Mittlere relative Luftfeuchtigkeit der Stunden von 10 bis 14 Uhr MOZ für die einzelnen Tage der Zeitspanne vom 10. bis zum 19. August 1932 bei den verschiedenen Beständen, links Meßhöhe 4 cm, rechts Meßhöhe 20 (*Calluna* 30) cm, Kipshagen

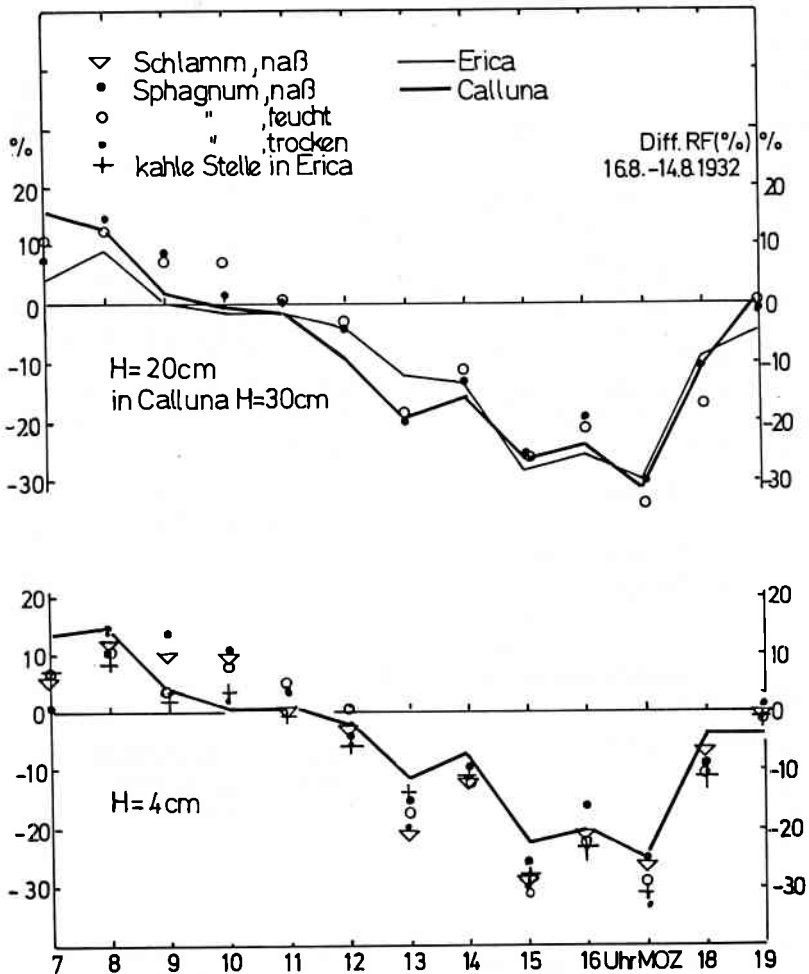


Abb. 21: Stündliche Differenzen der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen dem 16. und dem 14. August 1932, Meßhöhe 20 (*Calluna* 30) cm (oben), Meßhöhe 4 cm (unten)

Die Meßreihen Kipshagens und der Lüneburger Heide sind aber zu kurz, als das sich daraus die Unterschiede in der Artenverteilung der Pflanzengesellschaften erklären ließen.

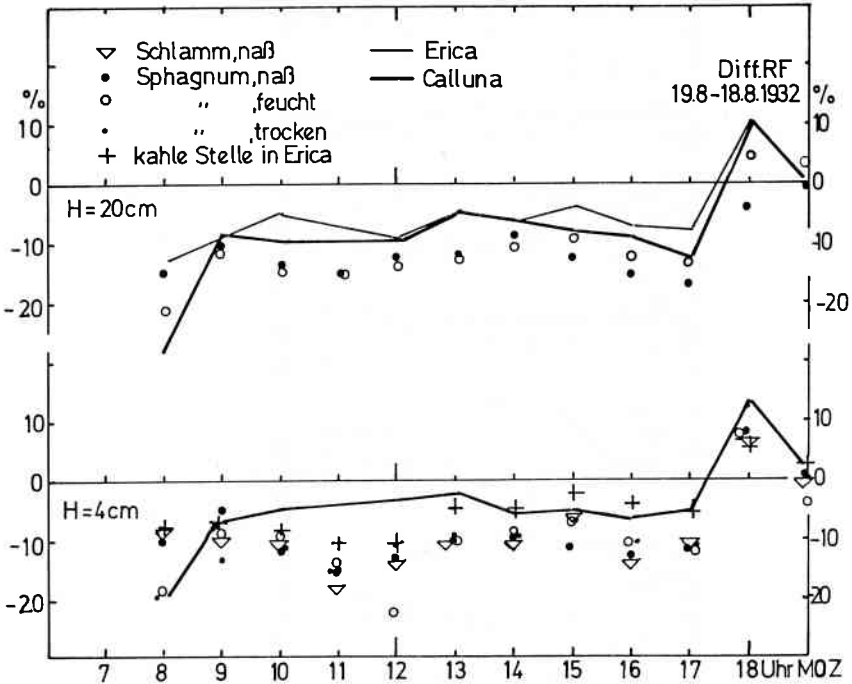


Abb. 22: Stündliche Differenzen der relativen Luftfeuchtigkeit zwischen dem 19. und dem 18. August 1932, oben Meßhöhen 20 (*Calluna* 30) cm, unten Meßhöhe 4 cm

## 7. Zusammenfassung

Aus der kurzen Meßserie läßt sich vor allem auf die Verhältnisse bei sommerlichem Strahlungswetter schließen. Bei bedecktem, regnerischem Wetter verringern sich die Unterschiede erheblich. Bei einem Frühjahrsbesuch fiel auf, daß sich das Eis unter dem *Sphagnum* längere Zeit hielt als unter der *Calluna*-Heide. Als Ursache darf der geringere Wassergehalt des Heidebodens angesehen werden. Es genügt weniger Wärme zum Auftauen des

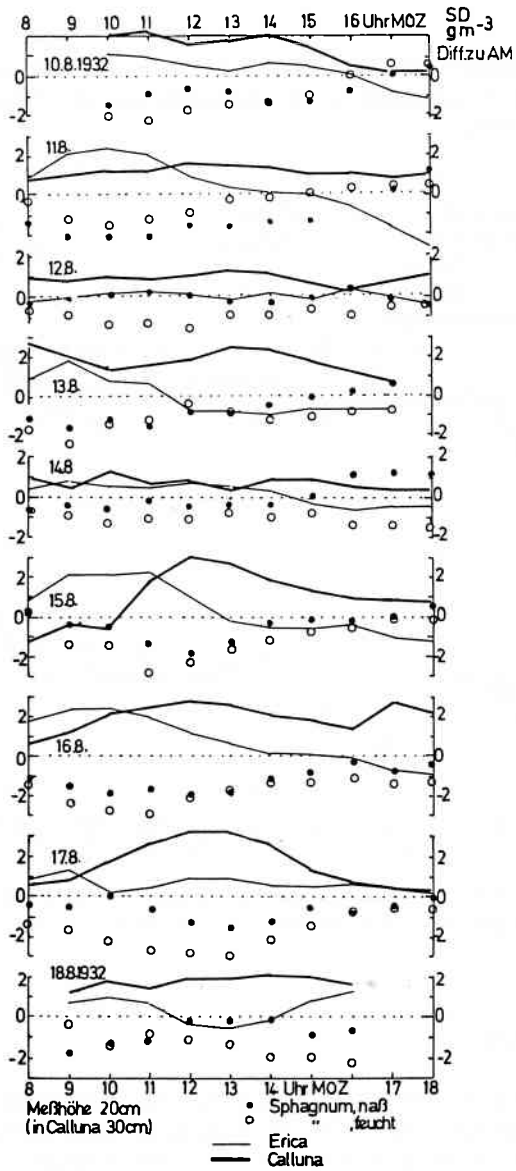


Abb. 23: Differenzen des Sättigungsdefizits der Luft mehrerer Bestände (Meßhöhe 20, *Calluna* 30 cm) zum gemeinsamen Mittelwert, Kipshagen 10. bis 18. August 1932



entstandenen Eises.

Die Temperatur der bodennahen Luftschicht spricht schnell auf einen Luftmassenwechsel und auf Änderung der Strahlungsbedingungen an. Die Bodentemperatur folgt mit Verzögerung. Als Folge niedrigerer Mittagstemperaturen bleiben die mittleren Tagestemperaturen der obersten Bodenschicht in den Heideflächen um etwa 2°C unter denen der übrigen Bestände. Dies läßt sich vor allem auf schlechte Wärmeleitung in der obersten Bodenschicht der Heide zurückführen. Die Temperaturen an der Oberfläche der Heideböden zählen nämlich eher zur wärmeren Gruppe.

Zur Mittagszeit beeinflußt die Temperatur der Bodenoberfläche stark die des Niveaus 4 cm. Bis zur Höhe 20 cm klingt der Einfluß schnell ab. Nachts kehren sich die Beziehungen um.

Setzt nach einer kühlen Periode Strahlungswetter ein, so wirkt sich das zunächst in einem schnellen Anstieg der Mittagstemperaturen aus. In sternklaren Nächten sinkt hingegen die Temperatur stärker ab und steigt erst später an.

Von der Bodenoberfläche des nassen *Sphagnum* bis zur Höhe 20 cm bleibt es tagsüber um 1 bis 3°C kälter als im Mittel der andern Bestände und jeweils gleichen Meßhöhen. Feuchtes *Sphagnum* neigt hingegen eher zu leicht positiven Abweichungen. In 2.5 cm Tiefe erreicht das nasse *Sphagnum* relativ hohe Temperaturen. Die negativen Abweichungen über dem nassen *Sphagnum* lassen sich auf Wärmeverluste durch Verdunstung zurückführen, nächtliche positive Abweichungen der Oberfläche auf bessere Wärmeleitung aus dem Boden.

Leichte Änderungen der in der Meßperiode durchweg schwachen Windgeschwindigkeit bleiben ohne größeren Einfluß auf die Temperaturverhältnisse, oder Bewölkungswechsel überdeckt diese Wirkung.

Die verglichen mit den Temperaturen der obersten Bodenschicht unter den Pflanzenbeständen um 3 bis 5°C höheren Tagesmitteltemperaturen des ufernahen Teichbodens sind der den Teichboden erreichenden Strahlung und der thermischen Trägheit des Wassers zuzuschreiben.

Tagsüber bleibt die relative Luftfeuchtigkeit in den Heidebeständen etwas niedriger als über *Sphagnum*. Der schnell austrocknende Heideboden kann keine Feuchtigkeit an die bodennahe Luftschicht abgeben.

Die Meßergebnisse vermitteln eine Vorstellung von den Temperatur- und Luftfeuchteverhältnissen der Sommerzeit, auf die sich die untersuchten Pflanzengesellschaften eingestellt haben, und mit denen sie fertig werden müssen. Das gilt vor allem für die absolute Höhe der Temperaturwerte. Es gilt aber auch für die Unterschiede zwischen Tag und Nacht und für die zwischen der Bodenoberfläche und der obersten Bodenschicht sowie der bodennächsten

Luftschicht auftretenden Temperaturdifferenzen. Die Pflanzengesellschaften selbst, aber auch das von ihnen bestimmte Kleinklima dürften stark auf die Artenverteilung der Kleintierwelt einwirken.

## 8. Literatur

- BÜDEL, A. (1931): Die Feuchtigkeitsmessung in der bodennahen Luftschicht. — Ztschr. f. Angewandte Meteorologie, 48
- BURRICHTER, E. (1953): Beiträge zur Beurteilung von Böden. — Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, 63
- DIEM, M. (1951): Tagesgang der relativen Feuchtigkeit in der bodennahen Luftschicht in Gras und über nacktem Boden. — Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie, Wien
- EGGELSMANN, R. (1981): Ökologische Aspekte von anthropogen beeinflussten und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands. — Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung.
- ELLENBERG, H. (1963): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. — Einführung in die Phytologie, Bd. IV
- FRANKEN, E. (1933): Das Klima der Senne. — Naturwissenschaftlicher Verein Bielefeld
- GEIGER, R. (1961): Das Klima der bodennahen Luftschicht. — Braunschweig
- HORST, R. (1962): Klima- und Bodenfaktoren in Zwergstrauch- und Waldgesellschaften des Naturschutzparkes Lüneburger Heide. — Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, H2, Hannover
- KERÄNEN, J. (1929): Wärme- und Temperaturverhältnisse der obersten Bodenschichten. — Einführung in die Geophysik II, Berlin
- KOPPE, F. (1933): Die Vegetationsverhältnisse des Schutzgebietes Kipshagener Teiche. — Naturwissenschaftlicher Verein Bielefeld
- LÖTSCHERT, W. (1962): Beiträge zur Ökologie der subatlantischen Zwergstrauchheide NW-Deutschlands. — Staatsinstitut für Allgemeine Botanik, Hamburg
- REHM, R. (1962): Die pflanzensoziologischen Verhältnisse des Naturschutzgebietes "Kipshagener Teiche" bei Stukenbrock. — Naturwissenschaftlicher Verein Bielefeld
- RUNGE, F. (1966): Die Pflanzengesellschaften Westfalens und Niedersachsens. — Münster
- SCHANDERL, H. (1955): Studien über die Körpertemperatur submerser Wasserpflanzen. — Berichte Deutsche Botanische Gesellschaft, 68

- SCHMEIDL, H. (1960): Vergleichende Wasserhaushalts- und Klimabeobachtungen auf unkultivierten und kultivierten Hochmooren in Südbayern. – Mitteil. für Landeskultur, Moor und Torfwirtschaft, 8
- SCHMEIDL, H. (1978): Ein Beitrag zum Mikroklima der Hochmoore. – Telma 8, Hannover