

**Deutsches Reich**  
**Reichsamt für Wetterdienst (Luftwaffe)**

---

**Wissenschaftliche Abhandlungen**  
**Band IX**

**Nr. 6**

**Die Agrarmeteorologie in der Pflanzenzüchtung**

**Ein Bericht über Arbeiten**  
**der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Müncheberg (Mark)**  
**des Reichsamts für Wetterdienst**

**von**

**Alfred Mäde**

**Mit 2 Tafeln**

---

**Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH**

ISBN 978-3-662-01918-4 ISBN 978-3-662-02213-9 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-02213-9

Aus der Agrarmeteorologischen Forschungsstelle Müncheberg (Mark) des Reichsamts für Wetterdienst (Luftwaffe)

## I. Einleitung.

Mit der Vertiefung der genetischen Kenntnisse in der theoretischen und praktischen Biologie schien es, als ob die Fortschritte der Pflanzenzüchtung im Wesentlichen durch die Anwendung dieser Vererbungserfahrungen zu erwarten seien. So ging die Pflanzenzüchtung zunächst einmal systematisch den rein genetischen Weg. Bald zeigte sich jedoch, daß mit dieser einseitigen Auffassung den tatsächlichen Gegebenheiten nur bedingt entsprochen werden konnte. Die Pflanzenphysiologie schob sich auch in der Pflanzenzüchtung in den Vordergrund der experimentellen Arbeiten. Wenn auch die Herstellung der nützlichen Typen unserer Kulturpflanzen eine Aufgabe der Genetik ist und immer bleiben wird, so geben andere Überlegungen und Experimente dem Züchter erst die Möglichkeit, das Zuchtziel zu erkennen, um es durch planvolle Kreuzungsarbeit zu erreichen. Gerade diese nicht rein genetischen Experimente und Arbeiten fordern jedoch die aktive Mitarbeit anderer Disziplinen. Es werden in den meisten Fällen die Chemiker und die Physiker sein, die die Ergebnisse ihrer eigenen Arbeiten auf dem biologischen Gebiete anwenden können. Eine Teilaufgabe dieses Problemkreises besteht in der Anwendung meteorologischer Erfahrungen auf dem Gebiet der theoretischen und praktischen Pflanzenzüchtung. So wird die Meteorologie dieser Arbeitsrichtung, die man umfassend mit der Sonderbezeichnung Agrarmeteorologie belegt hat, zu einer Grenzwissenschaft, an der sowohl der Fachmeteorologe als auch der Biologe und Züchtungsforscher mitarbeiten muß. Gerade die gegenseitige Anregung wird die größten Fortschritte bringen können.

Es steht dabei von vornherein fest, daß die vom Meteorologen vor allem seit Ende des Weltkrieges aufgesammelten Erfahrungen zur Lösung biologischer Fragestellungen auf dem Gebiete der Pflanzenzüchtung nur bedingt herangezogen werden können. In den meisten Fällen wird man für die besonderen Probleme der Nachbar-disziplin neue Beobachtungen anstellen müssen. Die Gründe für diese Beschränkung der Gültigkeit meteorologischer Erfahrungen und Zahlen liegt neben der geringen Zahl der durchgeführten Meßreihen vor allem in dem grundlegenden Unterschied zwischen dem meteorologischen und dem biologischen Experiment. Während der Meteorologe durch seine Untersuchungen die physikalische Klärung der Phänomene anstrebt und sich im Grunde genommen damit begnügen darf, ein Problem als gelöst zu betrachten, das er mathematisch beschreiben kann, gilt für den Biologen, dessen Versuchsobjekt das Lebewesen ist, diese Festlegung des Endzieles nur zu einem gewissen Teil. Der Meteorologe ist vielfach in der Lage, Zahlen anzugeben, die bereits statistische Bedeutung haben. Dem Biologen gelingt es meist nur, einen Lebensvorgang an einigen ausgewählten Beispielen zu verfolgen und durch Analogieschlüsse die Beobachtungen und Erklärungen auf andere Objekte zu übertragen. Dort wo in der Biologie und in der Züchtungsforschung mit statistischen Methoden gearbeitet werden muß, schwillt die Zahl der in die Untersuchung aufzunehmenden Individuen gleich ungeheuer an, wie z. B. in der Mutationsforschung. Auch die Züchtung, die auf solchen biologischen Erfahrungen beruht, bedient sich gewaltiger Wertemengen. Es sei hier nur an die Untersuchungen über den Bitterstoffgehalt der Lupinen erinnert, die über mehrere Hunderttausend Einzelpflanzen ausgedehnt wurden, um die für die Landwirtschaft wertvolle süße Form herauszufinden. Im allgemeinen wird sich jedoch der reine Biologe auf wenige gut untersuchte Objekte beschränken können. Eine Zwischenstellung nehmen der Züchtungsforscher und der Züchter ein, die aus genetischen Gründen mit großen Zahlen von Pflanzen arbeiten müssen, um überhaupt die Möglichkeit einer Selektion auf die von ihnen gesuchten Formen zu haben. Sie sind andererseits geneigt, aus praktischen Erwägungen heraus diese Wertemengen möglichst klein zu halten. Diese Ausweitung der Versuche basiert in vielen Fällen auf den vom Biologen an geeigneten Objekten aufgefundenen allgemeineren Erkenntnissen; sie ist dann dem Sonderfall des Zuchtzieles angepaßt. Gerade diese Anpassung an den vorgegebenen Untersuchungszweck interessiert vielfach den reinen Biologen nicht so sehr wie den Züchter, der mitunter gerade an solchen Beobachtungen ein besonderes Interesse hat, die vom wissenschaftlichen Standpunkt aus nichts wesentlich Neues bringen. Bei diesen der praktischen Pflanzenzüchtung unmittelbar dienenden Untersuchungen ist aber recht häufig eine enge Zusammenarbeit zwischen der Züchtung und den Grenzdisziplinen erforderlich. Dabei sind zuerst eine ganze Reihe von Schwierigkeiten zu überwinden, die ein restloses Aufeinandereinspielen erschweren. Besonders groß werden diese Schwierigkeiten, wenn eine exakte Natur-

wissenschaft mit der beschreibenden Disziplin der Biologie zur Zusammenarbeit gebracht werden soll, da nicht nur Unterschiede in der Ausdrucksweise bestehen, sondern darüber hinaus auch die Grenzen für die Gültigkeit des Experiments verschieden weit zu stecken sind.

Es wurde in Müncheberg der Versuch unternommen, eine Zusammenarbeit zwischen dem Meteorologen und dem Züchter praktisch zu erproben. Die äußere Form erhielt diese Erprobung in der zwischen dem damaligen Preußischen Meteorologischen Institut (Prof. Dr. Knoch) und dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung (Prof. Dr. Baur) geschlossenen Arbeitsgemeinschaft für Agrarmeteorologie, der auch noch andere Biologen angehörten. Im Rahmen dieser Arbeitsgemeinschaft entstand die Agrarmeteorologische Forschungsstelle Müncheberg, die später vom Reichswetterdienst übernommen wurde. Die Hauptaufgabe dieser Forschungsstelle besteht darin, die Zusammenarbeit mit dem Erwin-Baur-Institut soweit zu treiben, daß von diesem Institut die mit meteorologischen Methoden und Erfahrungen gewonnenen Erkenntnisse verarbeitet und benutzt werden können. Die weite Arbeitsgebiete umspannende Aufgabe gestattet das sofortige Eingehen des Meteorologen auf Wünsche und Anregungen der Züchter und sichert in ihrer Freizügigkeit beim gegenwärtigen Stand der agrarmeteorologischen Kenntnisse die bestmögliche Auswertung der meteorologischen Erfahrungen in der Theorie und Praxis des Züchters. Im Vordergrund der Arbeiten stand als Entwicklungsarbeit die Erprobung und Verbesserung der mikroklimatischen Meßmethodik. Dabei war zunächst eine Entscheidung über die von Geiger angeschnittene Frage: Wahre Lufttemperatur oder Versuchskörpertemperatur? zu fällen. Nach der Klärung dieses zunächst rein meteorologischen Problems entwickelte sich dann eine rege Zusammenarbeit mit den Wissenschaftlern des Instituts für Züchtungsforschung, wie bei der Beschreibung verschiedener Untersuchungen später gezeigt werden kann. So ist in Müncheberg eine gemeinsame Arbeit zwischen einer meteorologischen Dienststelle und einem biologischen Forschungsinstitut entstanden, die beiden Teilen die Pflicht auferlegt, die Gemeinschaftsarbeiten in einen größeren Rahmen zu stellen als nur in den der jeweiligen Fachdisziplin und die Erreichung des praktischen Zieles als Hauptaufgabe zu betrachten, hinter der wissenschaftliche Interessen zwangsläufig zurücktreten. Diesem Hauptziel, dem Dienst an der Leistungssteigerung der deutschen Landwirtschaft, muß sich auch die Problemstellung im Einzelnen unterordnen. Da für den Meteorologen von vornherein die Aufgabe darin bestand, dort einzuspringen, wo der Züchter durch die Vertiefung in ihm von Haus aus ferner liegende Arbeitsmethoden zur Lösung der anfallenden eigenen Aufgaben unverhältnismäßig viel Zeit auf methodische Vorarbeiten zu verwenden gehabt hätte, so ergaben die gemeinsamen Untersuchungen für die Meteorologie die äußere Stellung einer Hilfsdisziplin, in der auf die Sammlung neuer grundlegender meteorologischer und mikroklimatischer Erkenntnisse weniger Wert zu legen war, als auf die sofortige Hilfe bei der Züchtungsarbeit an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Daß es sich bei dieser Hilfeleistung vielfach um den Einsatz neuer, erst zu erprobender Meßmethoden handeln würde, konnte nicht von vornherein angenommen werden. Diese Entwicklungsarbeit auf instrumentellem Gebiet vermittelte dem Meteorologen andererseits auch wiederum neue Gesichtspunkte für seine eigene Arbeit. Dem Züchter entgehen bei solchen Untersuchungen vielfach die Schwierigkeiten anscheinend so einfacher Messungen wie etwa der Lufttemperatur im Freien. Es war eine glückliche Aufgabenstellung, die Dienststelle zu Beginn ihrer Arbeiten mit Entwicklungen und Erprobungen zu betrauen. Im Folgenden wird gezeigt werden können, wie die Ergebnisse bestands- und gewächshausklimatischer Fragen auf dieser Entwicklungsarbeit beruhen. Auch die pflanzenphysiologisch und züchterisch wichtigen Untersuchungen an erfrierenden Blättern wurden erst durch die bei den Entwicklungsarbeiten gewonnenen Erfahrungen möglich.

Bei der Durchführung dieser Arbeiten wurde die Forschungsstelle durch die Bereitstellung des Versuchsgeländes und durch andere Hilfeleistungen vom Erwin-Baur-Institut tatkräftig unterstützt. Sowohl dem interimistischen Leiter des Instituts, Herrn Dr. Husfeld, als auch dem jetzigen Institutsdirektor, Herrn Prof. Dr. Rudolf, ist für diese Unterstützung der Arbeiten der Forschungsstelle besonders zu danken. Ihrem verständnisvollen Eingehen auf die agrarmeteorologischen Probleme ist nicht zuletzt die Nutzenanwendung der besonderen klein- und mikroklimatischen Untersuchungen zuzuschreiben, die eine Klärung der Aufgaben brachten, denen sich der Agrarmeteorologe im Interesse einer raschen Verwendung seiner Erkenntnisse in der Züchtung und Züchtungsforschung in erster Linie zuzuwenden hat. Besonders die Ausdehnung des Untersuchungsrahmens des Müncheberger Instituts auf pflanzenphysiologische Fragen durch Herrn Prof. Rudolf, führte zu einer Vertiefung der Zusammenarbeit.

## II. Das mikroklimatische Instrumentarium.

### 1. Die Entwicklung und Erprobung mikroklimatischer Beobachtungsmethoden.

Zu Beginn der Untersuchungen lagen eine ganze Reihe von Kenntnissen meßtechnischer Art vor. Es mußten vor allen Dingen die langjährigen Erfahrungen Geigers bei der Entwicklung und Erprobung des mikroklimatischen Meßgerätes ausgenutzt werden. Einen großen Teil seiner kleinklimatischen Untersuchungen hatte Geiger mit dem in der Großklimatologie üblichen Instrumentarium angestellt und damit wesentliche Fortschritte erzielt. Diese Erfahrungen wurden beim Aufbau kleinklimatischer Meßfelder ausgenutzt. Die geländeklimatischen Beobachtungen, mit denen die Müncheberger Arbeiten begonnen wurden, gründeten sich auf das normale großklimatische Instrumentarium. Die Geigerschen mikroklimatischen Untersuchungen führten zur Verwendung des Stabthermometers als eines handlichen und auch in der Hand des Nichtphysikers noch sicher arbeitenden Gerätes. Man bestimmt mit diesem Instrument statt der wahren Lufttemperatur eine Meßgröße, die jederzeit realisierbar ist. Diese Versuchskörpertemperatur enthält neben der Lufttemperatur als dem Haupteinfluß auf den Versuchskörper noch Strahlungs- und Windeinflüsse. Wenn Niederschlag fällt, wirken infolge der Befuchtung des Meßgerätes noch die Höhe der Luftfeuchtigkeit und in geringerem Maße auch die Temperatur des Niederschlags auf die Anzeige mit ein.

In Müncheberg wurde versucht, den anderen, auch schon von Geiger gewiesenen Weg zu gehen und die Lufttemperatur als Einzelelement zu messen (1). Dazu waren für den technischen Einsatz erst die Meßgeräte zu schaffen. Es lagen die Untersuchungen Albrechts (2) über den Strahlungsfehler von Widerstandsthermometern vor, auf denen aufgebaut werden konnte. Zur Erhöhung der pro Grad eintretenden Widerstandsänderung wurde auf Vorschlag Duckerts versuchsweise Nickeldraht benutzt, der gegenüber dem Platin den Vorteil hat, daß der Temperaturkoeffizient nicht  $3,9\%$  sondern  $6,7\%$  beträgt. Das bedeutet eine Empfindlichkeitssteigerung von 100 % auf 170 %. Die Dicke des zu verwendenden Drahtes betrug 0,02 mm Durchmesser. Bei dieser Drahtdicke hat ein frei in der Luft ausgespannter Meßdraht nach den Albrechtschen Erfahrungen praktisch keinen Strahlungsfehler mehr. Es wäre nun ohne weiteres möglich gewesen, unter Benutzung der optischen Registrierungsmethode mit kurzen Stücken dieses Drahtes nach dem Vorgange Albrechts zu messen. Eine optische Registrierung hat aber den großen Nachteil, daß der Betrieb der Anlage teuer und auch besonders bei Feldmessungen reichlich unbequem ist. An die Einsatzmöglichkeit im Feldbetrieb mußte aber von vornherein gedacht werden. Bestandsklimatische Untersuchungen werden sich nur in seltenen Fällen von einer Normalstelle aus durchführen lassen. Und wenn man einmal die Idee Wilhelm Schmidts von den Inlandexpeditionen verwirklichen will, so müssen die Geräte auch feldmäßig eingesetzt werden können. Es kam also darauf an, unter Verwendung eines Punktschreibers oder eines Linienschreibers, wie sie von der Industrie für technische Zwecke hergestellt werden, saubere Messungen der Temperatur durchzuführen. Das Thermoelement fiel wegen ungenügender Empfindlichkeit dieser mechanisch schreibenden Geräte aus. Es wurde der Mehrfachschreiber mit Widerstandsthermometer und Kreuzspulmeßwerk für die Entwicklungen benutzt. Die wichtigste Aufgabe war es nun, den anfallenden Platindraht von mehr als 30 cm Länge, der für ein Widerstandsthermometer mit 100 Ohm Ausgangswiderstand bei  $0^{\circ}\text{C}$  zu verwenden war, so aufzuspannen, daß das entstehende Thermometer infolge der Unterbringung einer größeren Masse von Platin keinen neuen Strahlungsfehler erhielt. Neben dem Abstand der Meßdrähte voneinander mußte vor allem das Verhältnis zwischen auf der Halterung aufliegendem und frei ausgespanntem Draht sehr klein werden. Nachdem in Müncheberg durch umfangreiche Vorversuche eine brauchbare Lösung gefunden worden war, konnte die Entwicklung einer technisch brauchbaren Form des Meßgerätes im Reichsamt für Wetterdienst durchgeführt werden. Das jetzt als RWD-Thermometer im mikroklimatischen Meßbetrieb eingesetzte Gerät hat einen Strahlungsfehler von etwa  $0,2^{\circ}\text{C}$  unter besonders guten Strahlungsbedingungen (3). Dieser maximale Fehler wird im Freiland kaum erreicht werden. Noch vor der Fertigstellung der jetzigen Thermometerform war der Übergang vom Nickel zum Platin durchgeführt worden. Es zeigte sich nämlich, daß die Nullpunktsverlagerung beim Nickelthermometer recht groß werden kann. Das Platingerät ist aber viel unempfindlicher gegen äußere, den Nullpunkt verlagernde, Einflüsse. Daß bei starkem Sturm infolge Dehnung des Meßdrahtes mit solchen Korrekursionsänderungen zu rechnen ist, dürfte verständlich sein. Sie halten sich aber innerhalb der Grenzen von  $0,2^{\circ}\text{C}$ . Außerdem sind bei heftigem Wind die mikroklimatischen Unterschiede so klein, daß sich eine Messung manchmal erübrigen würde, brauchte man für statistische Zwecke bei Messungen an mikroklimatischen Basisstationen nicht auch diese Wertereihen. Die Unterschiede gegen die Hüttentemperaturen sind dann aber so klein, daß auch beim Ausfall eines oder des anderen Gerätes an Hand der Hüttenregistrierungen eine Ergänzung der mikroklimatischen Messung unbedenklich vorgenommen werden kann. Es blieb nur noch übrig, die Widerstandsthermometer beim Einsatz für bestandsklimatische Beobachtungen so zu schützen, daß größere Beschädigungen

vermieden werden können. Bei den bisher bearbeiteten Bestandsklimaten wurden behelfsweise die Getreidehalme festgelegt, so daß sie nicht mehr in die Thermometer hineinschwingen konnten. Später wurde dann zu dem Thermometer ein Schutzkorb entwickelt (4). Es ließ sich zeigen, daß bei einer zu dichten Bespannung wiederum ein Strahlungsfehler entsteht (Abb. 1). In der jetzigen Form ist das Zusatzgerät so gehalten, daß der Strahlungsfehler eines geschützten Thermometers noch unterhalb  $0,4^{\circ}\text{C}$  liegt. Bei Freilandbeobachtungen werden  $0,2^{\circ}\text{C}$  als Fehlerwert selten überschritten werden.

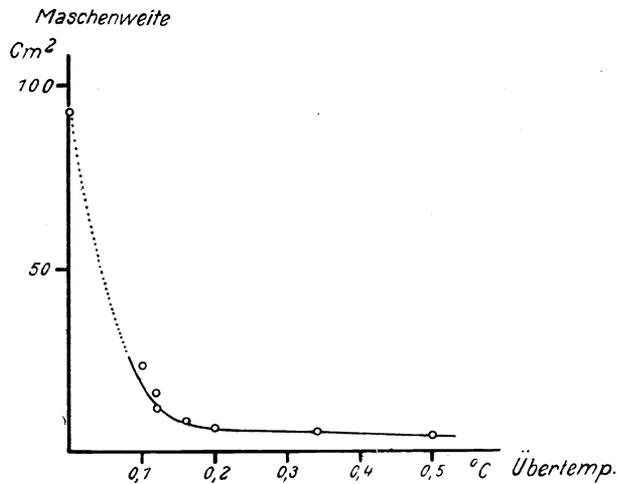


Abb. 1. Abhängigkeit der Übertemperatur in einem Schutzkorb von seiner Maschenweite. (Aus Met. Z. 1938, S. 416.)

Abb. 2 enthält die Abhängigkeit von Widerstandszunahme bzw. Temperaturerhöhung und Belastung. Der Wert von  $0,5\text{ mA}$  Strom in der Meßbrücke entspricht etwa der Belastung, die Albrecht als Maximalbelastung des Einfadenthermometers noch zuläßt. Die hier zur Verfügung stehenden Kreuzspulpunkt-schreiber der Fa. Hartmann und Braun verbrauchen bei einer angelegten Spannung von  $4\text{ V}$  insgesamt etwa  $20\text{ mA}$ . Auf das Widerstandsthermometer entfallen dabei rund  $10\text{ mA}$ . Dieser Strom würde einen Temperaturfehler von fast  $2^{\circ}\text{C}$  ergeben. Um diesen hohen Fehler herabzudrücken, wurde bei der Um-eichung der Punktschreiber von Nickel auf Platin von vornherein nur eine Spannung von  $2\text{ V}$  angelegt. Bei völliger Windstille verringert sich dann der Meßfehler auf etwa  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Eine schwache Ventilation reicht aber schon aus, um diesen Fehler weiter zu senken. Die Abb. 2 enthält eine zweite Kurve, die für Meßfehler bei geringer Luftbewegung gilt. Ein zur Messung verwandtes Handanemometer mit einer Anlaufgeschwindigkeit von etwa  $0,6\text{ m/sec}$  sprach auf den Luftstrom schon nicht mehr an. Er dürfte in diesem Falle eine Geschwindigkeit von nicht mehr als  $0,5\text{ m/sec}$  gehabt haben. Bei voller Belastung beträgt der Heizfehler jetzt nur noch rund  $0,8^{\circ}\text{C}$  und bei halber Spannung sogar nur noch rund  $0,26^{\circ}\text{C}$ . Damit bleibt aber der Maximalfehler der Meßanlage, soweit er vom Thermometer und der Strombelastung herrührt, noch unter  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Im Freiland wird man mit

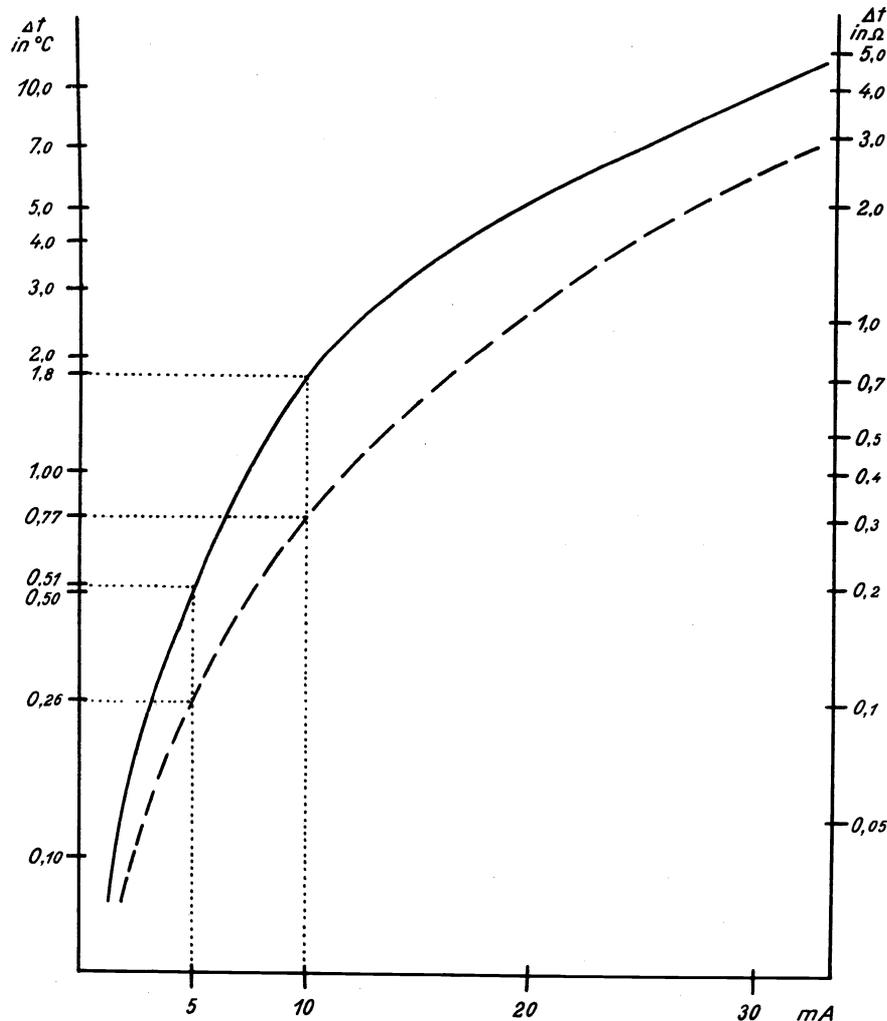


Abb. 2. Abhängigkeit des Heizfehlers am RWD-Thermometer von der Belastung ( $\Delta t$ : Übertemperatur. Ausgezogen: Windstille; gestr.: ca.  $0,5\text{ m/sec}$  Windgeschw.).

Abb. 2 enthält die Abhängigkeit von Widerstandszunahme bzw. Temperaturerhöhung und Belastung. Der Wert von  $0,5\text{ mA}$  Strom in der Meßbrücke entspricht etwa der Belastung, die Albrecht als Maximalbelastung des Einfadenthermometers noch zuläßt. Die hier zur Verfügung stehenden Kreuzspulpunkt-schreiber der Fa. Hartmann und Braun verbrauchen bei einer angelegten Spannung von  $4\text{ V}$  insgesamt etwa  $20\text{ mA}$ . Auf das Widerstandsthermometer entfallen dabei rund  $10\text{ mA}$ . Dieser Strom würde einen Temperaturfehler von fast  $2^{\circ}\text{C}$  ergeben. Um diesen hohen Fehler herabzudrücken, wurde bei der Um-eichung der Punktschreiber von Nickel auf Platin von vornherein nur eine Spannung von  $2\text{ V}$  angelegt. Bei völliger Windstille verringert sich dann der Meßfehler auf etwa  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Eine schwache Ventilation reicht aber schon aus, um diesen Fehler weiter zu senken. Die Abb. 2 enthält eine zweite Kurve, die für Meßfehler bei geringer Luftbewegung gilt. Ein zur Messung verwandtes Handanemometer mit einer Anlaufgeschwindigkeit von etwa  $0,6\text{ m/sec}$  sprach auf den Luftstrom schon nicht mehr an. Er dürfte in diesem Falle eine Geschwindigkeit von nicht mehr als  $0,5\text{ m/sec}$  gehabt haben. Bei voller Belastung beträgt der Heizfehler jetzt nur noch rund  $0,8^{\circ}\text{C}$  und bei halber Spannung sogar nur noch rund  $0,26^{\circ}\text{C}$ . Damit bleibt aber der Maximalfehler der Meßanlage, soweit er vom Thermometer und der Strombelastung herrührt, noch unter  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Im Freiland wird man mit

noch geringeren Fehlern rechnen dürfen. Da im Freien und in den meisten künstlichen Klimaanlagen die Forderung einer schwachen Luftbewegung erfüllt ist, so bestehen keine Bedenken beim Einsatz der Widerstandsthermometer in Verbindung mit dem normalen Kreuzpulschreiber. Die Herabsetzung der angelegten Spannung ist dabei vorausgesetzt. Komplizierter sind die Verhältnisse, wenn in Räumen mit absoluter Windstille beobachtet werden muß. In derartige Messungen geht der Heizfehler in seiner vollen Größe ein. Wenn der Raum klein genug ist, wird sogar eine Aufheizung der Raumluft stattfinden. Es wurde deshalb immer darauf geachtet, daß die Bedingung ausreichender natürlicher Ventilation und damit genügenden Wärmeaustausches in der Nähe der Thermometer erfüllt war. In kritischen Fällen wurde auf den Einsatz des Kreuzspulpunktschreibers verzichtet und lieber die umständliche optische Registrierung zur Messung benutzt. Die Verminderung der an die Kreuzpulschreiber anzulegenden Spannung war nur deshalb möglich, weil erstens beim Abgleichen der Brücken auf diesen verminderten Stromfluß Rücksicht genommen wurde und zweitens das Galvanometer nicht zum Endausschlag zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messungen gebracht werden mußte. Bei mikroklimatischen Beobachtungen wird meist nur ein Temperaturbereich von ein Viertel des Meßumfanges des Schreibers bei der Umschaltung von Meßstelle zu Meßstelle gebraucht und in diesem Bereich tritt eine ausreichend sichere Einstellung des Galvanometerzeigers ein. In den Zeitabschnitten mit geringster oder gar keiner vertikalen Temperaturschichtung im Freiland kann selbst beim Auseinanderziehen der Temperaturkurven um je ein Grad noch sicher gemessen werden, da die zur Einstellung nötige Strecke nur rund ein Zehntel des gesamten Meßbereichs umfaßt. An sonnigen Tagen des Sommers und in ruhigen Ausstrahlungsnächten des Winters beim Vorhandensein einer Schneedecke wird durch die Verringerung der Richtkraft des Galvanometerzeigers gleichzeitig eine nicht immer unerwünschte Glättung der Temperaturkurve eintreten. Die aufgeschriebenen Temperaturen gelten dann nicht mehr streng für den Augenblick des Niederfallens des Schlagbügels, sie sind schon Mittelwerte über einen etwas größeren Zeitabschnitt. Dort wo es auf jede Zacke im Temperaturgang ankommt, darf sowieso die punktweise Aufzeichnung nicht angewandt werden. An der Beseitigung dieses Heizfehlers wird noch gearbeitet. Es ist zu erwarten, daß der Einsatz neueren Gerätes auch diese Schwierigkeiten beseitigen wird. Auf eine Lösung dieser Frage wird noch hingewiesen werden.

### 3. Einige Bemerkungen zum Betrieb der widerstandelektrischen Temperaturmeßanlagen und die instrumentelle Weiterentwicklung.

Gegenüber der Geigerschen sehr robusten Versuchskörperanlage haben die RWD-Thermometer den Nachteil größerer Empfindlichkeit gegen mechanische Schäden, die allerdings bei einigem Geschick des Bedienungs-personals rasch an Ort und Stelle repariert werden können. Man muß allerdings neu bespannte Thermometer vor dem endgültigen Abgleichen glühen, um auf diese Weise durch die künstliche Alterung die Nullpunktverlagerungen zu verkleinern. Daß danach die Meßdrähte vor starkem Zug zu schützen sind, ist selbstverständlich. Es reicht für die Aufrechterhaltung einer genügenden Nullpunktskonstanz aus, wenn die Widerstandsdrähte auf schwache Rotglut erhitzt und eine bis zwei Stunden lang auf dieser Temperatur gehalten werden. Die durch das Glühen entstehende Widerstandsvergrößerung beträgt etwa 1% des Gesamtwidestandes und bedingt bei einem Temperaturkoeffizienten von fast  $4\frac{0}{100}$  eine Erhöhung der Thermometerkorrektur um  $2^{\circ}\text{C}$ . Eine Änderung des Temperaturkoeffizienten des Platindrahtes tritt durch das künstliche Altern nicht ein. Bei Vergleichsbeobachtungen zwischen verschiedenen behandelten Geräten ergab sich völlige Übereinstimmung zwischen geglühten und nicht geglühten Instrumenten zu dem Wert von  $3,95\frac{0}{100}$ . Lediglich das quadratische Glied der Platinformel scheint sich durch die Behandlung zu ändern. Die Messungen waren aber nicht so genau, daß eine Änderung um eine Einheit bei der etwa  $6 \cdot 10^{-7}$  betragenden Konstanten  $b$  der Formel  $w_0(1 + at + bt^2)$  mit Sicherheit hätte erfaßt werden können. Die praktischen Erfahrungen machen aber eine genauere Nachprüfung der Verhältnisse nicht unbedingt nötig, weil die Meßgenauigkeit der gesamten Anlagen nicht so groß ist. Diese Beobachtungen erlauben es aber, Material einer bestimmten Reinheit unabhängig von der Herstellungsmethode und den dabei auftretenden Zugspannungen zu benutzen. Die Industrie lehnt bekanntlich eine Garantie für die Einhaltung eines bestimmten Temperaturkoeffizienten bei so dünnen Drähten ab. Es ist aber aus den Erfahrungen mit verschiedenen Drahtlieferungen zu schließen, daß neben einer genauen Einhaltung der Drahtdicke nur auf die Reinheit des verwandten Platindrahtes geachtet werden muß, um im Rahmen der zu fordernden Meßgenauigkeit zu bleiben.

Wichtiger ist die Frage der Beheizung der Thermometer auch hinsichtlich der Eichung der Meßanlagen. Die einfachste Methode wäre das Eintauchen der Thermometer in Bäder bekannter Temperatur. In Anbetracht der starken Erwärmung der Platindrähte durch den Belastungsstrom der Brücke ist von dieser Methode zunächst noch abzusehen. Am besten hat sich bisher die Prüfung der Thermometer mit dem Aßmannschen Aspirationspsychrometer bewährt. Sie versagt bei Kontrollbeobachtungen in der bodennächsten Zone und an sonnigen Tagen

mit großer Temperaturunruhe. Beschränkt man sich aber darauf, diese Kontrollen im Freiland nur bei bedecktem Himmel und möglichst guter Durchmischung der bodennahen Luftschicht vorzunehmen, so erhält man recht sichere Temperaturangaben. Eine hier in Abänderung dieser Eichmethode angewandte Prüfung der Thermometer in der Meßanlage aber statt im Freiland im Ventilatorenstrom des Versuchsraumes hat nicht den Entscheid über die absolute Höhe der Temperatur gebracht, wie sich aus der Gegenüberstellung der später zu besprechenden Vergleichsbeobachtungen zwischen RWD-Thermometern und Geigerschen Stabthermometern ergibt. Die Laboratoriumsprüfung hat demgegenüber den Vorteil, daß alle sechs Geräte einer Anlage auf die gleiche Temperatur gebracht werden können und daß demzufolge jedes Thermometer mit einer Sollkorrektur ausgestattet werden kann. Diese Sollkorrekturen waren so ausgewählt, daß das obere und das unterste Instrument gleiche Korrektur und zwar  $-2,0^{\circ}\text{C}$  erhielten, die übrigen ihrer Höhe von unten nach oben folgend die Werte  $-1,0$ ;  $0,0$ ;  $+1,0$  und  $+2,0$ . Man vermeidet auf diese Weise das Ineinanderschreiben aller sechs Farbfolgen und behält sich bei kleinen Temperaturunterschieden eine sichere Auswertung vor. Andererseits kann man aus der Anlage sofort den vertikalen Temperaturunterschied zwischen den extremen Thermometern direkt ablesen und so schon während der Messung das Mikroklima beurteilen. Eine zusätzliche Absolutmessung an trüben Tagen im Freiland mit dem Aßmann bietet beim gegenwärtigen Stand der Meßtechnik die sicherste und auch ausreichende Anschlußmöglichkeit an die Temperaturskala. Es ist aber in jedem Falle anzustreben, die Eichung in Luft durch eine Eichung in einem Eichbad zu ersetzen. Aus diesem Grunde sollen die widerstandelektrischen Meßanlagen einen Gleichstromverstärker erhalten, der eine starke Verminderung des Brückenstromes zuläßt, so daß die von Albrecht angegebene Belastungsgrenze von  $5 \cdot 10^{-5}$  Watt je Zentimeter Drahtlänge erreicht, wenn nicht unterschritten wird. Der von Hartmann und Braun entwickelte Photozellenkompensator dürfte den zu stellenden Anforderungen gerecht werden. Mit seiner Einführung entfallen alle die Schwierigkeiten, die auf der Beheizung der Meßgeräte beruhen und auch die Komplizierung der Eichungen bedingen. Gelingt es darüber hinaus mit einem geeigneten Säbelzähler die stundenweise anfallenden Meßwerte zu summieren, so entfällt die heute noch alle Beobachtungen ungeheuer erschwerende Auswertarbeit. Wenn auch nur ein Teil der Meßwerte benutzt wird, so fallen bei der früher näher untersuchten abgekürzten Methode (5) in jedem Monat von einem einzigen Punktschreiber mehr als 50000 Temperaturangaben an, die zu Stundenmitteln und Bandbreitemitteln verrechnet werden müssen. Mit der Ausschaltung dieser unproduktiven Arbeit wird auch die Einsatzmöglichkeit der mikroklimatischen Anlagen stark erweitert werden. Die Vorarbeiten für diese instrumentelle Weiterentwicklung sind bereits eingeleitet worden.

#### 4. Vergleichsbeobachtungen zwischen RWD- und Stabthermometern.

Es wurde schon betont, daß der Unterschied zwischen beiden Meßgeräten grundsätzlicher Art ist. Während die RWD-Thermometer mit einem kleinen in der Praxis zu vernachlässigenden Fehler die wahre Lufttemperatur und damit eine physikalisch definierte Größe messen, wird mit den Stabthermometern ein Gebrauchswert bestimmt, der neben der Lufttemperatur noch andere meteorologische Elemente erfaßt. Diese aus verschiedenen Faktoren zusammengesetzte Meßgröße umfaßt für sich gewissermaßen ein neues meteorologisches und vor allem mikroklimatisch wichtiges Element, nämlich das Zusammenwirken verschiedener Faktoren, deren reiner Einfluß auf die Entstehung und die Auswirkung der Mikroklimata heute nur bedingt bekannt ist. Der Gedanke einer Verwendung dieser Faktorensomme in der mikroklimatischen Forschung ist nicht von der Hand zu weisen. Vor allem wird es der physikalisch weniger gut geschulte Beobachter vorziehen mit einem Meßgerät arbeiten zu können, bei dem nicht zu sehr mit Bedienungsschwierigkeiten zu rechnen ist. Es ist daneben auch zu erwägen, ob man unter bestimmten großklimatischen Bedingungen wie etwa in stürmischen und sonnenarmen Klimaten, statt mit dem RWD-Gerät mit dem Stabthermometer arbeiten soll. Bei einer Sonderuntersuchung über die Ursachen der Frostschäden am Obst in Klagenfurt (6) wurde beispielsweise neben den RWD-Thermometern noch ein Satz Stabthermometer benutzt, um diese Versuchskörpertemperatur und ihre Abweichungen von der wahren Lufttemperatur zu bestimmen. Diese Parallelbeobachtungen sollten einen Einblick in den Strahlungsgenuß gewähren, der bei Schneedecke verschieden hohen Baumzweigen noch zugute kommt. Dabei kam es bei diesen Untersuchungen weniger auf die direkte Zustrahlung sondern auf die Temperaturwirkung der gesamten Strahlung, auch der Reflexstrahlung von der Schneeoberfläche her, an. Es wurde im August 1940 neben der mikroklimatischen Basisstation in Müncheberg noch eine Versuchskörperanlage errichtet und in den gleichen Höhen wie an der Basisstation die Versuchskörpertemperatur ermittelt. Die Eichung der Stabthermometer erfolgte in einem Wasserbad, die der RWD-Geräte in der Meßleitung aber nicht im Freien sondern im Versuchsraum. Dabei zeigte sich nach Abschluß der Messungen, daß zwischen beiden Eichmethoden eine Differenz von  $0,8^{\circ}\text{C}$  bestand in der Weise, daß die RWD-Thermometer um diesen Betrag zu niedrige Werte lieferten. Diese zusätzliche Korrektur konnte aus Vergleichen zwischen den Angaben der Stabthermometer und der Hüttentemperatur einerseits und

den RWD-Geräten andererseits bestimmt werden. Eine Erklärung für diese Differenz kann im Augenblick noch nicht gegeben werden; wahrscheinlich geht bei der Prüfschaltung ein Teil des Leitungswiderstandes mit in die Meßleitung ein. Für die anzuschließenden Überlegungen kommt es aber weniger auf die Absolutwerte, sondern vielmehr auf die Unterschiede der relativen Temperaturen an. In die Tabelle 1 sind die um  $0,8^{\circ}\text{C}$  erhöhten Temperaturwerte der Basisstation mit eingetragen worden. Sie geben ein Bild von den absoluten Differenzen zwischen beiden Anlagen und zeigen geringe Unterschiede der stündlichen Monatsmittel während der Nachtstunden. Dafür sind die Differenzen in den Mittagsstunden erheblich. Wenn mittags schon im Monatsmittel mit einem systematischen Fehler von rund  $1,5^{\circ}\text{C}$  gerechnet werden kann, so sind im Einzelfall die Unterschiede naturgemäß erheblich größer. Die Verteilungsfunktion solcher Differenzen ist für die 11.—14. Tagesstunde, als den Stunden

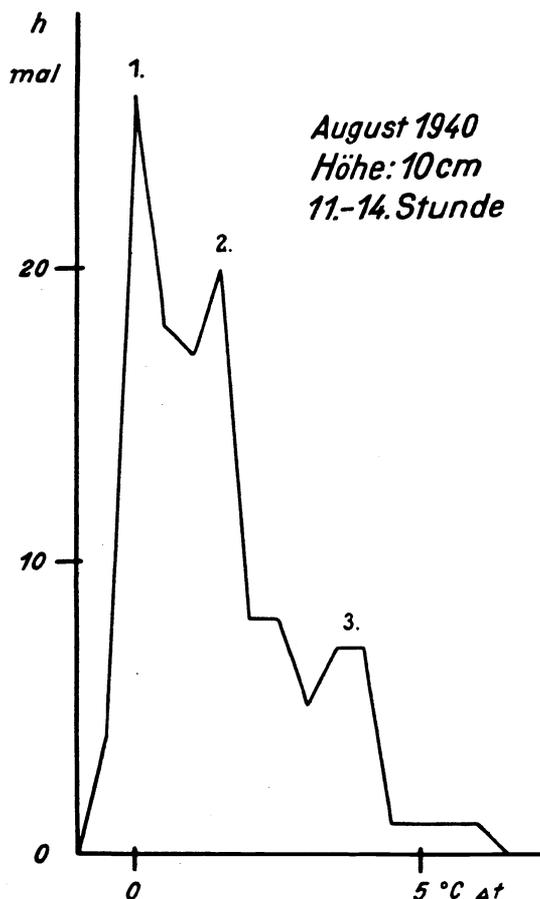


Abb. 3. Häufigkeitsverteilung der Temperaturdifferenzen zwischen Stabthermometer und RWD-Thermometer in 10 cm Höhe über dem Boden ( $\Delta t$ : Temperaturdifferenz Stabthermometer — RWD-Thermometer,  $h$ : Häufigkeit).

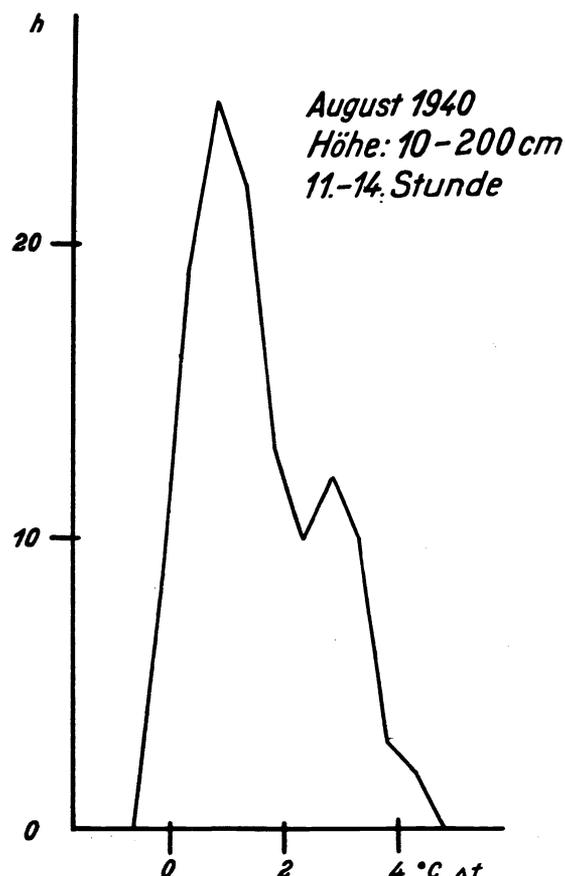


Abb. 4. Häufigkeitsverteilung der vertikalen Temperaturdifferenz zwischen den Höhen 10 und 200 cm in den Mittagsstunden des August 1940 gemessen mit Stabthermometer ( $\Delta t$ : vertikale Temperaturdifferenz,  $h$ : Häufigkeit).

mit größter maximaler Abweichung, in der Abb. 3 für die Meßhöhe 10 cm zusammengestellt worden. Dieser Verteilung liegen wieder die um  $0,8^{\circ}\text{C}$  verbesserten RWD-Temperaturen zugrunde. Die Differenzwerte wurden in Gruppen zu je  $1/2^{\circ}\text{C}$  zusammengefaßt und dem Mittelwert jeder Gruppe zugeschrieben. Aus der Abbildung ist erstens zu entnehmen, daß neben einem Maximum bei dem Wert 0 ein zweites Maximum bei  $1,5^{\circ}\text{C}$  Übertemperatur der Stabthermometer und ein drittes bei  $3,7^{\circ}\text{C}$  liegt. Die Meßunterschiede gruppieren sich damit um drei bestimmte Werte, denen man grob drei Typen von Mikroklimaten zuordnen könnte. Daß dem Wert 0 eine so große Häufigkeit entspricht, liegt an dem verregneten und sonnenarmen August des Jahres 1940. Man wird aber annehmen dürfen, daß auch andere Monate eine solche Gruppierung zulassen, wenn auch die Häufigkeitsspitzen nicht unbedingt an den hier gefundenen Stellen liegen werden. Es scheint als ob der Einsatz der Stabthermometer an bestimmten Punkten der mikroklimatischen Basisstation noch weitere Vorgänge erschließt, die sonst mühsam aus Temperatur und Strahlung zusammengesetzt werden müßten.

Unterwirft man die vertikale Temperaturdifferenz zwischen den Meßhöhen 10 und 200 cm einer gleichen Auszählung, so ergibt sich die in der Abb. 4 angegebene Häufigkeitsverteilung für die Versuchskörperanlage, die neben einem Hauptmaximum keine ausgesprochenen Nebenmaxima ausweist. Eine Vergleichsausählung für die RWD-Thermometer ergab mit ganz geringfügigen Unterschieden dieselbe Verteilung. Es entsprechen sich also beide Anlagen praktisch vollständig in der Größe der vertikalen Schichtung im Bereich 10—200 cm.

Tabelle 1.  
Stündliche Auswertungen der Sechsfachschreiber  
August 1940

Stunde:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Temp. Ampl.
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-------------

Monatsmittel der Temperatur an der Basisstation A (RWD-Thermometer).

Höhe in cm: 10	11.6	11.0	10.6	10.4	10.5	11.3	12.4	13.8	15.3	16.5	17.2	18.0	18.3	18.7	19.0	18.9	18.0	17.1	15.8	14.0	12.9	12.5	12.3	11.9	8.6
200	12.5	12.2	11.7	11.4	11.2	11.5	12.6	13.2	14.1	15.1	15.7	16.4	16.8	17.2	17.7	17.8	17.5	17.0	16.2	15.1	14.3	13.6	13.3	12.9	6.6
Mittlere vertikale Temp.-Diff. in 1/10° C.	-9	-12	-11	-10	-7	-2	-2	6	12	14	15	16	15	15	13	11	5	1	-4	-11	-14	-11	-10	-10	

minus: unten kälter als oben.

Monatsmittel der Temperatur an der Station B/40 (Meßanlage mit Geigerschen Stabthermometern).

Höhe in cm: 10	11.5	11.0	10.5	10.4	10.4	11.3	12.8	14.6	16.1	17.6	18.8	19.7	19.7	20.0	20.2	19.9	18.8	17.8	16.2	14.1	12.9	12.4	12.2	11.8	9.8
200	12.5	12.2	11.7	11.4	11.3	11.8	12.8	14.1	15.2	16.4	17.1	17.9	18.2	18.6	18.9	18.9	18.3	17.6	16.6	15.2	14.2	13.6	13.4	12.9	7.6
Mittlere vertikale Temp.-Diff. in 1/10° C.	-10	-12	-12	-10	-9	-5	0	5	9	12	17	18	15	14	13	10	5	2	-4	-11	-13	-12	-12	-11	

minus: unten kälter als oben.

Temp.-Diff. der Anlagen:

Höhe in cm: 10	-1	-0	-1	-0	-1	-0	4	8	8	11	16	17	14	13	12	10	8	7	4	1	0	-1	-1	-1	
200	-0	-0	-0	-0	1	3	2	9	11	13	14	15	14	14	12	11	8	6	4	1	-1	-0	-1	-0	

minus: Stabthermometer kälter als RWD-Thermometer.

Einen weiteren Einblick in die Unterschiede zwischen beiden Meßanlagen gewährt die Abb. 5, die die Unterschiede zwischen dem Stabthermometer und dem RWD-Thermometer in 10 cm Höhe über dem Boden mit der vertikalen Temperaturdifferenz zwischen den Höhen 10 und 200 cm über dem Boden an der mikroklimatischen Basisstation (RWD-Thermometer) in Beziehung setzt. Aus der Tabelle 1 und der Abb. 4 geht hervor, daß die vertikalen Temperaturdifferenzen an beiden Meßstellen etwa dieselben sind. Man könnte die Abszissenwerte auch den Stabthermometern zuschreiben. Die Abb. 5 vermittelt für diese beiden Rechengrößen den Zusammenhang, auf dessen rechnerische Festlegung verzichtet werden kann. Bei positiver vertikaler Temperaturdifferenz liegen die Punkte auf einer Kurve, die wohl ungefähr linear verlaufen dürfte. Die sehr stark herausfallenden Werte, die meist besonderes Interesse erregen, sollen für die hier zur Behandlung stehenden Frage nicht näher betrachtet werden. Im Falle der Ausstrahlung ist kein so klarer Zusammenhang zu erkennen. In Anbetracht der geringen Temperaturunterschiede zwischen beiden Anlagen während der Nacht, ist kaum eine schärfere Darstellung des

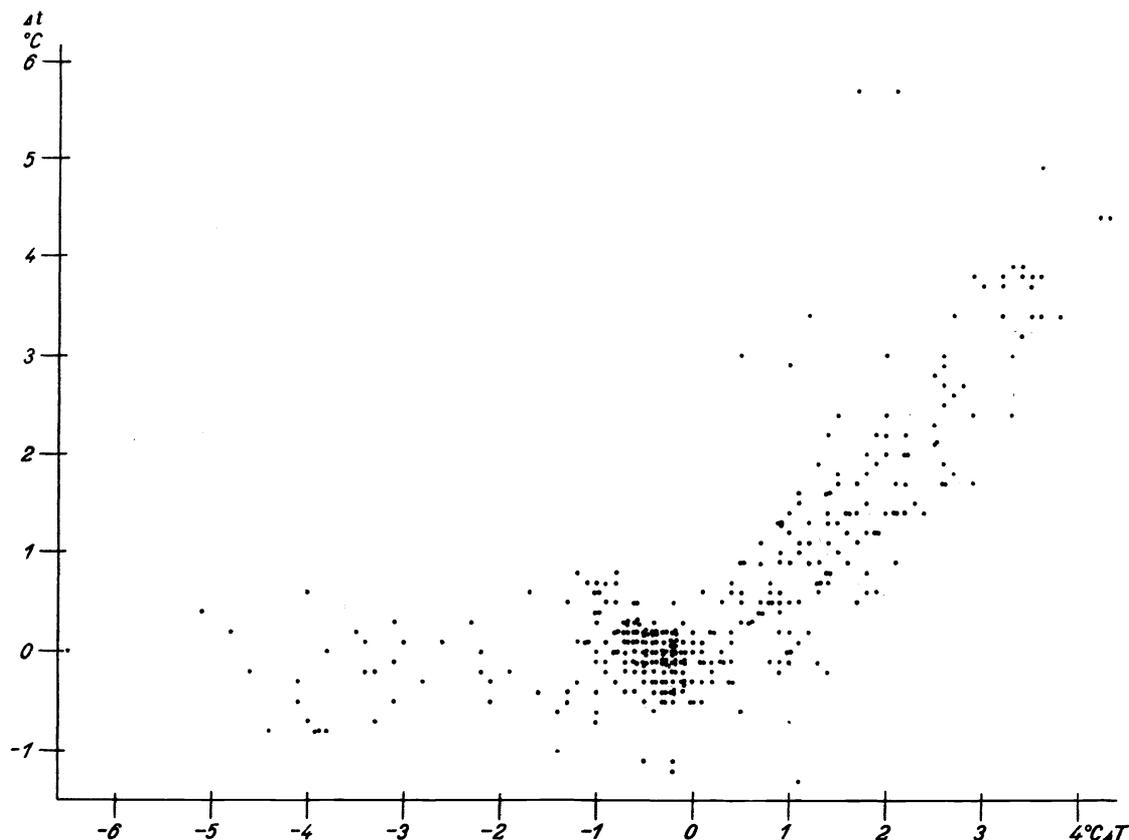


Abb. 5. Vertikale Temperaturdifferenz an einer mikroklimatischen Basisstation und Temperaturunterschied zwischen Stabthermometern (Versuchskörpertemperatur) und RWD-Thermometern (wahre Lufttemperatur). ( $\Delta t$ : vertikale Temperaturdifferenz,  $\Delta t$ : Temperaturdifferenz zwischen Versuchskörpertemperatur und Lufttemperatur.)

Zusammenhangs zwischen beiden Elementen zu erwarten. Die meisten Werte sammeln sich in der Nähe des Nullpunkts. Um diese Anhäufung zu verringern wurden schon alle die Tagesstunden ausgeschieden, an denen weder die vertikale Temperaturschichtung noch der Meßunterschied zwischen Versuchskörpertemperatur und Lufttemperatur differenziert genug ist.

Dieser Zusammenhang zwischen den Meßwerten der beiden Anlagen ergibt für bestimmte Fragestellungen eine Austauschmöglichkeit zwischen beiden Meßmethoden. Mindestens scheint bei genügend großer Zahlenmenge eine Reduktion der Meßwerte der Stabthermometer auf die Lufttemperatur möglich zu sein. Braucht man für die Beurteilung bestimmter Fragen nur die auf die 200 cm Höhe reduzierten Temperaturen, also Temperaturbilder, die in einem anderen Zusammenhange als normierte Thermo-Isoplethen bezeichnet worden sind, so kann man statt der RWD-Thermometer die Stabthermometer benutzen. Es verbietet sich aber eine weitere Annäherung der Meßgeräte an den Erdboden als bis auf etwa 10 cm Höhe. In größerer Bodennähe steigt nach den Beschattungsversuchen Geigers (7) am Stabthermometer der Strahlungsfehler außerordentlich rasch an. Mit einer Veränderung des Strahlungsfehlers erhält man aber auch veränderte normierte Temperaturen, also auch Unterschiede gegen die Angaben der RWD-Geräte. Die grundsätzlichen Differenzen der beiden Methoden liegen in der starken Überhöhung der täglichen Temperaturkurve, die zwar durch die Normierung eliminiert wird, die aber von der Sonnenstrahlung am Tage erzeugt, im Monatsmittel die Stundenwerte der Temperaturen um  $1,5^{\circ}$  C erhöht. Dabei wirken sich im Meß-

bereich 10—200 cm die Strahlungsfehler der Thermometer noch gar nicht allzu stark aus. Die Erhöhung der Tagesamplitude beträgt etwa 15%. Solange man die Stabthermometer in den angegebenen Grenzen nur für Messungen an einer Basisstation verwendet, wird der Fehler vernachlässigt werden können. Bei bestandsklimatischen Untersuchungen ist dagegen nicht einmal mehr das normierte Temperaturbild beider Meßanlagen gleich, weil die verschiedenen Thermometer unter verschiedenem Strahlungseinfluß stehen. Bei solchen Messungen muß sehr scharf zwischen Versuchskörpertemperaturen und Lufttemperatur unterschieden werden. Vor allem in der biologischen

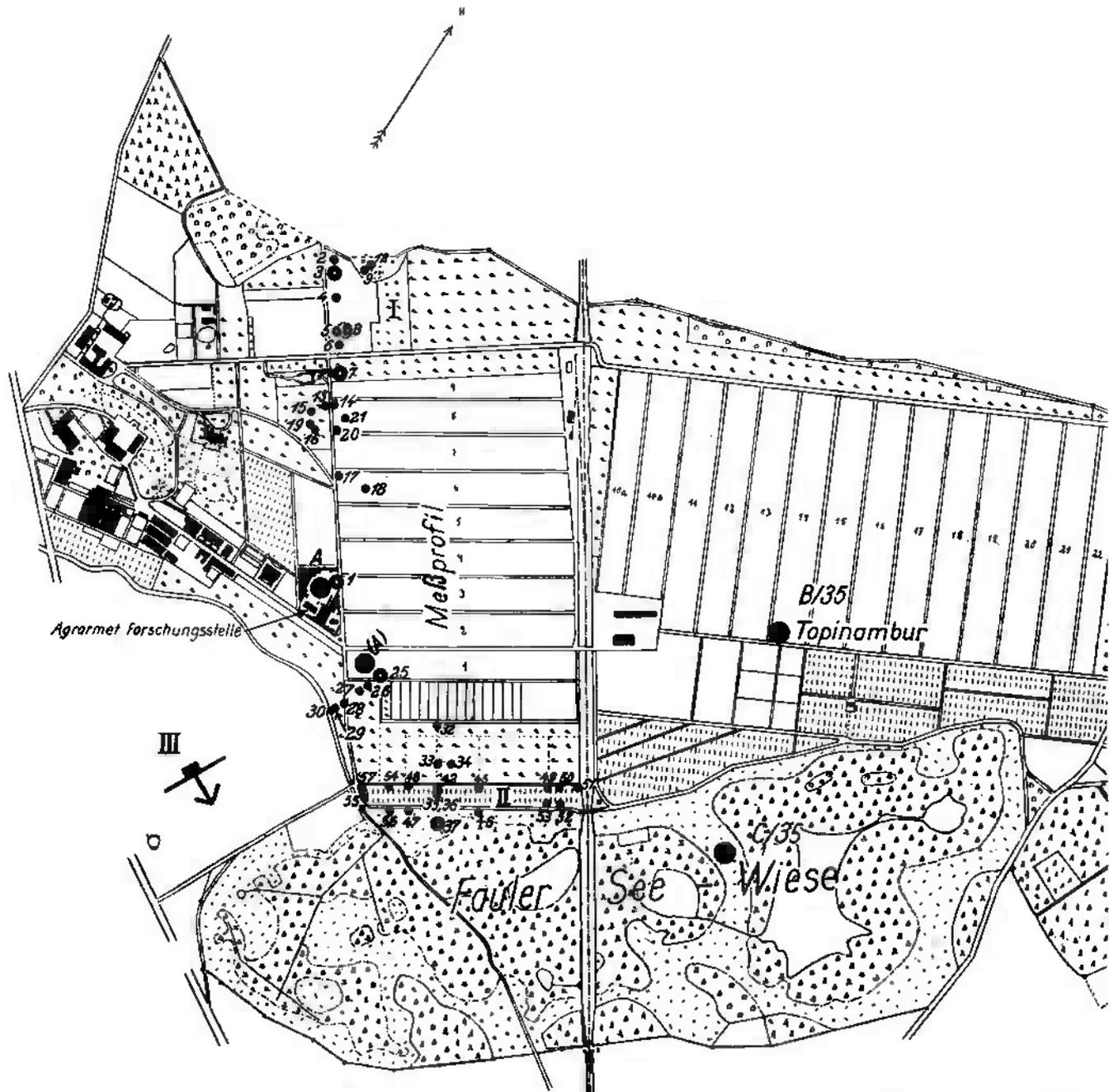


Abb. 6. Lage der Meßstellen

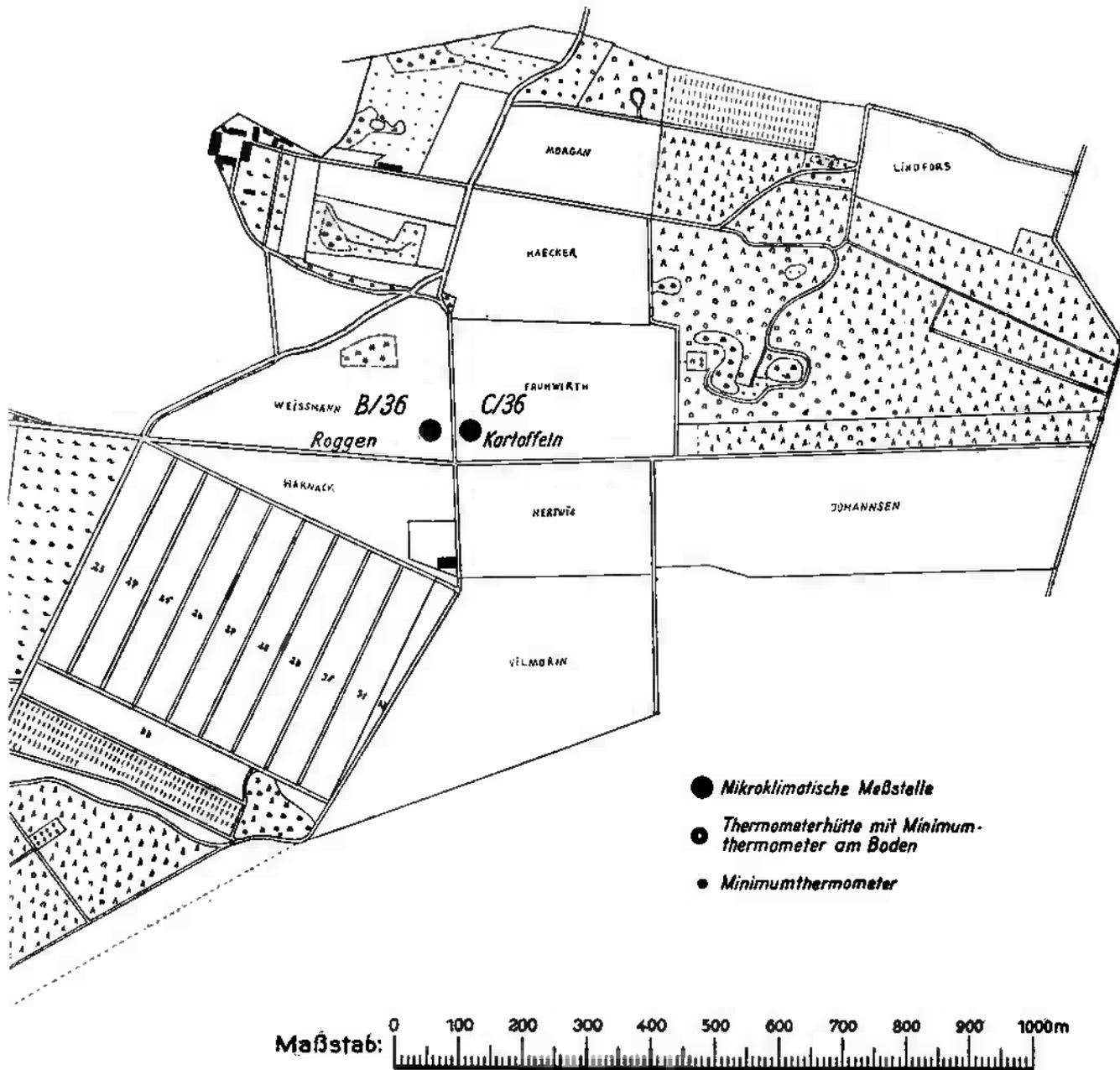
- A: Lage der mikroklimatischen Basisstation (Bodenbedeckung: Wiese)  
 (A): Mikroklimatische Basisstation 1934—1936 (Bodenbedeckung; nackter Ackerboden).

Literatur ist auf diesen Unterschied mehr als bisher üblich hinzuweisen. Werden die bei biologischen Arbeiten üblichen Wärmesummen statt aus Lufttemperaturen aus Körpertemperaturen gebildet, so wird der Fehler mit zunehmender Länge des Beobachtungsintervalls immer größer. Bei Vergleichen mit den Wärmesummen der Thermometerhütten kommt es dann nur zu leicht zu Fehlschlüssen.

### III. Kleinklimatische Untersuchungen.

#### 1. Das Versuchsgelände.

Die kleinklimatischen und auch die mikroklimatischen Messungen der Dienststelle wurden auf dem Gelände des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Züchtungsforschung (Erwin-Baur-Institut) vorgenommen. Ein Teil der Beobachtungen wurde auch an den Außenstellen des Instituts in der Schorfheide und in der Zweigstelle Südmark in



im Versuchsgelände des Erwin-Baur-Instituts.

I: Fros'zuchtgarten. II: Rebacker. III: Aufnahme-richtung der Nebelphotographien.

Klagenfurt angestellt. Einen Überblick über die Lage der verschiedenen Meßstellen auf diesem Gelände vermittelt die Abb. 6. Neben den Meßstellen, die nur mit Minimumthermometern ausgerüstet waren, wurden Thermometerhütten in  $\frac{1}{2}$  m Höhe über dem Boden aufgestellt und am Meßpunkt 1 eine Station I. Ordnung aufgebaut. Die verschiedenen Meßstellen mikroklimatischer Art, an denen Bestandsklimata untersucht wurden, sind in diese Übersicht auch mit eingetragen worden. Sie tragen abweichend von den kleinklimatischen Meßstellen Buchstaben-

bezeichnungen. Eingehendere Messungen der Minima wurden in dem Rebacker am Faulen See und im Frostzuchtgarten angestellt. Zunächst mußten die relativen Höhen der verschiedenen Meßpunkte bestimmt werden. In der Abb. 8 ist ein Höhengchnitt durch das Meßgelände angegeben worden. Die Höhenunterschiede sind im Vergleich mit den etwa von Geiger bei seinen kleinklimatischen Beobachtungen am Arber und am Hohenkarpfen benutzten Niveaudifferenzen recht klein. Es ist aber interessant, daß selbst in diesem flachen Gelände schon beachtliche Temperaturunterschiede eintreten können, so daß ein Teil des Höhengchnittes und zwar der nach NW abfallende Frostzuchtgarten von Schick und v. Sengbusch zu Frostelektionszwecken benutzt wurde. Da der nach SE abfallende Hang (Pfersichhang und Rebacker) nicht in gerader Linie zu dem das Versuchsgelände schneidenden Weg vermessen wurde, so mußte jeder dieser beiden flachen Hänge gesondert in die Abb. 8 aufgenommen werden. Die Horizontalabstände vom Basispunkt 1 stimmen daher auf dieser Seite nicht mit den in der Zeichnung angegebenen Entfernungen überein. Beide Hänge gehen in ihrem unteren Teile in feuchtes Wiesen- bzw. Bruchgelände über. Die mikroklimatische Basisstation lag zunächst auf einem etwa einen Morgen großen Landstück bei

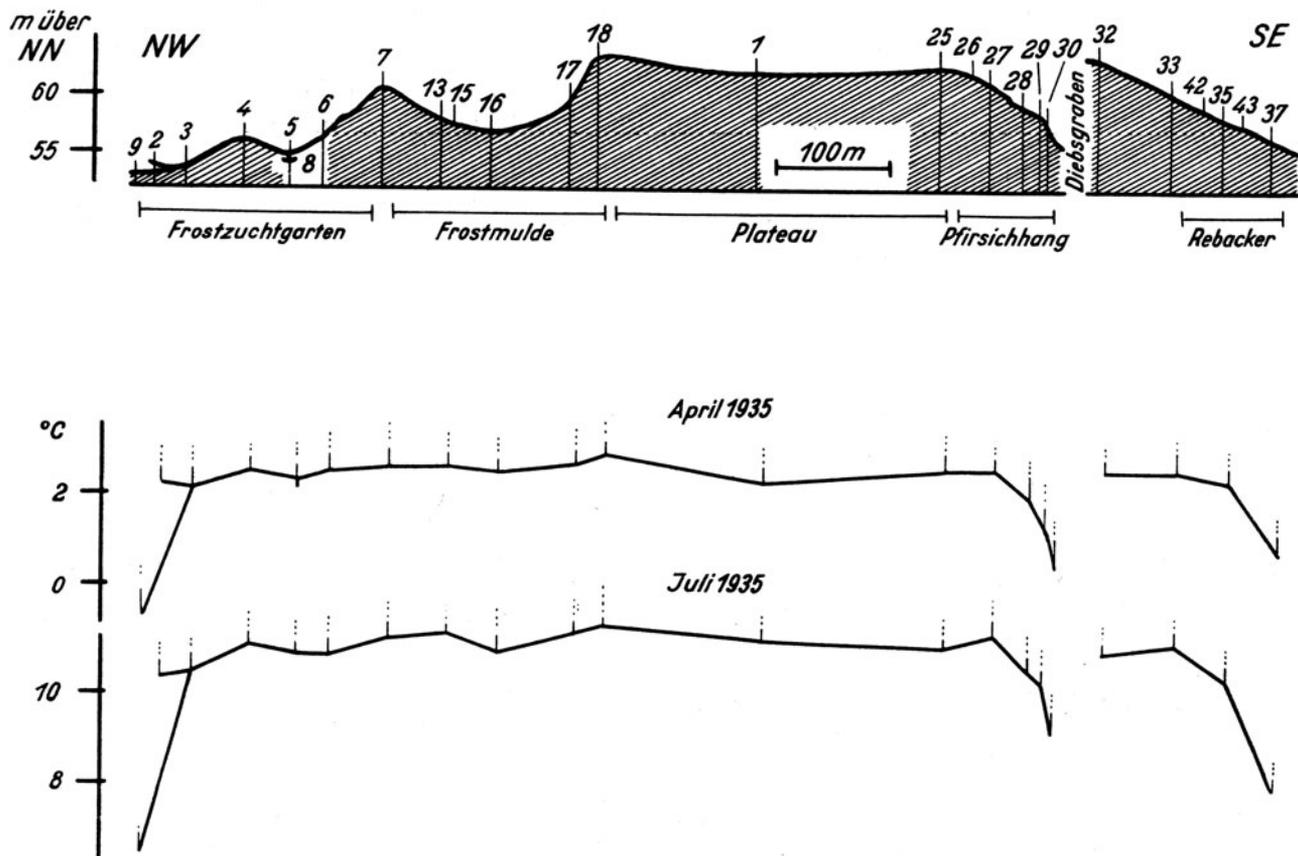


Abb. 8. Mittlere nächtliche Temperaturminima in den Monaten April und Juli 1935 im Meßprofil. (Schnitt durch das Meßprofil: 10fach überhöht.)

dem Meßpunkt 25. Sie wurde nach dem Aufbau des jetzigen Dienstgebäudes und nach der Fertigstellung der dabei nötigen Planierung des Versuchsgeländes in die Nähe des Minimummeßpunktes 1 verlegt. Eine Ansicht vom Dach der Dienststelle vermittelt die Abb. 7 (Tafel 1). Zur Erweiterung des Beobachtungsnetzes standen an den Meßstellen 3, 7, 25 und 37 Thermometerhütten, deren Thermometer in der Höhe  $\frac{1}{2}$  m über dem Boden lagen. Als Bezugsstation diente die 2 m Hütte am Meßpunkt 1, zu der später zum Vergleich eine Hütte in  $\frac{1}{2}$  m Höhe in unmittelbarer Nähe kam. Für die bestandsklimatischen Untersuchungen standen die Schläge der Gutsverwaltung zur Verfügung. Da der größte Teil der in der Nähe der Institutsgebäude liegenden Felder für Versuchszwecke des Instituts benutzt wird, also Zuchtgärten darstellen, so mußten die im Normalfall eintretenden Bestandsklimata in ziemlich großer Entfernung von der Basisstation bestimmt werden. Die Bearbeitungen ergaben aber immer noch eine hinreichende Vergleichbarkeit der Meßergebnisse, wenn man den Hauptwert nicht mehr auf die Absolutwerte der Temperatur legt, sondern sich vielmehr auf normierte Bestandsklimata beschränkt. Nicht unwesentlich ist in diesem Zusammenhang die Feststellung, daß die im Jahre 1935 angestellten widerstandselektrischen Messungen über unkrautfreiem Boden gewonnen wurden, während ab Juni 1936 die von Geiger und Knoch geforderte Grasunterlage an dem endgültigen Standort der mikroklimatischen Basisstation vorhanden war.

**2. Messungen der nächtlichen Minima in einem Meßprofil des Institutsgeländes.**

Den Ausgangspunkt der Müncheberger Meßreihen bildeten kleinklimatische Messungen an den in der Abb. 6 gekennzeichneten Meßpunkten eines Querschnitts durch das Versuchsgelände (Meßpunkte der Nummer 1 bis 37). Es kam bei diesen Beobachtungen vor allem auf die Erfassung der nächtlichen Temperaturminima in verschiedenen Expositionen in der Höhe 5 cm über dem Erdboden an. Ferner sollte ein Überblick über den täglichen Gang von Temperatur und Luftfeuchtigkeit an ausgewählten Punkten gewonnen werden. In der Tabelle 2 sind für einige Monate des Jahres 1935 die Monatsmittelwerte der an ungeschützten Minimumthermometern abgelesenen nächtlichen Tiefsttemperaturen angegeben worden. Dabei wurden zunächst nur die Meßstellen ausgewählt, die etwa unter den gleichen Meßbedingungen standen. Besonderer Wert wurde auf die Übereinstimmung der Unterlage gelegt, da sich bei den Meßreihen rasch herausstellte, daß die durch eine verschiedene Bodenbedeckung hervorgerufenen Temperaturunterschiede die nächtlichen Minima stark beeinflussen. Die in die Abb. 8 aufgenommenen Monatsmittel für den Monat April 1935 wurden alle an Meßstellen gewonnen, deren Unterlage nackter Ackerboden war. Auf die Randwirkung in der Nähe stehender Kulturen konnte bei dieser Darstellung keine Rücksicht genommen werden. Sie ist am besten am Meßpunkt 2 zu erkennen, der anscheinend noch ganz unter dem Einfluß des etwa 4 m hohen Buschbestandes am Rande des Frostzuchtgartens stand. Die Geländeabbildung bei

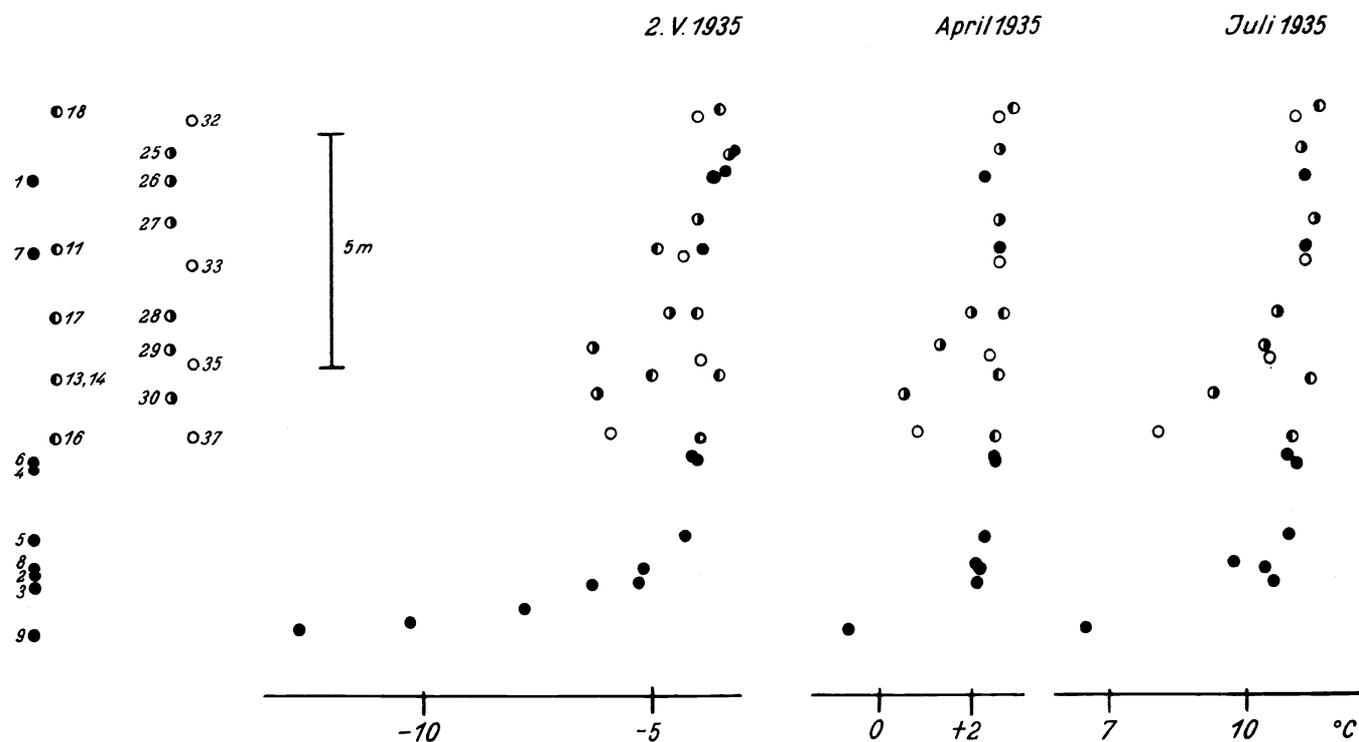


Abb. 9. Abhängigkeit des nächtlichen Temperaturminimums von der Höhenlage im Meßprofil. (2. Mai 1935; April und Juli 1935. Über die Lage der Geländemulden unterrichtet die Abb. 6.)

der nächtlichen Tiefsttemperatur ist trotz der in diesem Monat nicht besonders hohen Differenzen der Mittelwerte deutlich zu erkennen. Es besteht ein Unterschied zwischen dem SE- und dem NW-Abfall des Meßgeländes. Auf der NW-Seite des Profils sind im April die Temperaturunterschiede zwischen den einzelnen Höhenlagen gering; auf der SE-Exposition sind sie erheblich größer. Man darf dabei den Randpunkt des NW-Hanges in diese Betrachtung nicht mit einbeziehen, da er schon im Bruchgelände liegt und Grasunterlage hat. Ebenso haben die Randpunkte der SE-Seite Gras als Unterlage, das die Gradienterhöhung verursacht. Im Juli 1935 sind die Temperaturunterschiede auch an den NW-Hängen etwas größer; die SE-Seite hat aber auch in diesem Monat größere Gradienten, vor allem in dem Pfirsichhang. Deutlicher noch als die Abb. 8 veranschaulicht die Abb. 9 den Zusammenhang zwischen Höhenlage und nächtlichem Temperaturminimum. Das Höhenprofil ist in dieser Abbildung in eine Vertikale zusammengeschoben zu denken. Die relativen Höhen der Meßstellen geben die Ordinaten und die Temperaturen die Abszissen. Zunächst fällt in der Abb. 9 auf, daß mit Ausnahme des Frostloches beim Meßpunkt 16 die übrigen drei Hänge an ihren tiefsten Punkten Minimumtemperaturen aufweisen, die entsprechend ihrer Höhenlage im Gelände als zu niedrig angesehen werden können. Zwischen den drei Hängen: Frostzuchtgarten, Pfirsichhang und Rebacker einerseits und dem Frostloch andererseits besteht aber ein grund-

Monatsmittel der Temperaturminima im Profil (1935).

Tabelle 2.

Mefpunkt . . . . .	Höhe über dem Boden cm																											
	1	1	1	9	9	9	9	9	9*	9*	9*	9*	12	12	12	12	2	3	4	5	5	8	6	7	11	14	13	
April . . . . .	2.3	2.5	2.9	-0.7	0.4	1.3	1.7	-0.1	0.3	1.0	1.6	-0.2	0.2	1.1	1.7	2.2	2.1	2.5	2.3	2.1	2.5	2.6	2.1	2.5	2.6	2.1	1.7	2.6
Mai . . . . .	2.2	2.4	3.0	-4.4	-2.9	-1.2	-0.2	-2.9	-3.0	-1.5	0.0	-2.6	-2.8	-1.4	-0.3	0.5	0.6	1.6	0.7	0.2	1.3	2.1	1.1	1.1	1.1	0.3	2.1	
Juni . . . . .	10.3	10.4	10.4	4.3	5.0	6.8	8.0	5.5	5.6	6.5	7.7	5.9	5.4	6.5	8.1	9.0	9.1	9.9	9.7	9.0	9.8	10.4	9.4	9.4	8.5	10.2		
Juli . . . . .	11.3	11.3	11.3	6.5	6.5	8.2	9.2	6.7	7.0	7.9	8.7	7.5	6.9	7.6	9.0	10.4	10.5	11.1	10.9	9.7	10.9	11.3	10.4	10.4	9.7	11.4		
August . . . . .	9.4	9.5	9.7	5.6	4.3	6.3	7.4	4.5	4.8	6.0	7.2	5.9	4.8	5.8	7.3	9.2	9.1	10.1	9.3	8.9	9.8	10.3	9.2	9.2	7.9	9.6		

Mefpunkt . . . . .	Höhe über dem Boden cm																											
	16	16	16	16	17	18	18	18	18	25	25	25	25	25	25	25	27	28	29	30	32	32	33	35	35	37	37	37
April . . . . .	2.5	2.8	2.7	3.0	2.7	2.9	2.9	2.9	3.0	2.6	2.7	2.8	3.1	2.9	2.6	2.0	1.3	0.5	2.6	2.6	2.6	2.4	2.4	0.8	0.8	1.9	1.9	2.3
Mai . . . . .	1.8	1.9	1.8	2.2	1.9	2.7	2.6	2.8	2.3	2.3	2.6	2.8	2.9	2.3	1.2	0.3	-0.2	2.3	2.1	1.8	-0.4	-0.6	0.5	1.2	0.5	1.2		
Juni . . . . .	9.8	10.0	10.1	10.3	10.2	10.5	10.5	10.6	10.5	10.6	10.7	10.8	10.8	10.5	9.6	9.0	8.3	10.0	10.4	10.0	7.4	7.2	8.4	9.0	8.4	9.0		
Juli . . . . .	11.0	11.0	11.1	11.4	—	11.6	11.6	11.5	11.2	11.0	11.0	11.3	11.1	11.5	10.7	10.4	9.3	11.1	11.3	10.5	8.1	8.0	9.4	10.0	9.4	10.0		
August . . . . .	9.6	9.4	9.5	9.8	9.8	9.9	10.1	10.3	10.0	9.7	10.0	10.1	10.2	10.2	9.4	9.0	9.3	10.1	10.0	9.8	6.8	6.2	7.1	8.0	7.1	8.0		

sätzlicher Unterschied. Die Gruppe der drei Hänge mündet in ein großes Becken mit Wiesengelände aus. Die Minima in diesen Becken sind infolge der stärkeren Ausstrahlung vom Gras her besonders tief. Selbst die im Faulen See (Pfirsichhang und Rebacker) vorhandene Wasserfläche kann in den Sommermonaten trotz einer über dem mittleren nächtlichen Minimum liegenden Wassertemperatur, der bodennahen Luftschicht nicht so viel Wärme zuführen, daß eine merkliche Temperaturerhöhung eintritt. Anders ist es im Frostloch. Dort befand sich in den Jahren 1934 und 1935 eine Wasserfläche, die die gesamte Mulde an ihrer tiefsten Stelle bedeckte. Eine Grasfläche von merklicher Ausdehnung war nicht vorhanden. Diese heizende Wasserfläche vermag tatsächlich die nächtlichen Minimumtemperaturen zu erhöhen und entweder die von den Hängen abfließende Kaltluft soweit zu erwärmen, daß die Bildung eines ausgesprochenen Kaltluftsees und damit ein Hinaufkriechen der tiefen Temperatur am Hang verhindert wird oder aber sie ist imstande, eine vertikale Zirkulation zu erzeugen, die an den Hängen für einen rascheren Luftaustausch sorgt und eine zu starke Ausstrahlung der Hangluft und damit deren Abkühlung abbremst. Sucht man auch in dieser Darstellung nach Unterschieden zwischen der NW- und SE-Exposition, so kann man vielleicht feststellen, daß im April die Kurvenformen auf beiden Seiten etwas voneinander verschieden sind. Groß sind die Differenzen aber nicht. Die Sommernächte des Juli weisen eine stärkere Abkühlung in den unteren Lagen auf als die zum Teil noch Temperaturen unter 0° C ausweisenden Aprilnächte. Im April kann man eine geringe Heizwirkung der Seenfläche unter Umständen für diese Gradientverkleinerung verantwortlich machen. Im übrigen ordnen sich an den Hängen die Minima der Höhenlage recht gut ein. Die Abweichungen in den tiefsten Punkten von diesen Gradienten sind allein die Wirkung des Geländes, nämlich der Übergang von der Hanglage zur Mulde. Es wird bei den geringen Differenzen zwischen beiden Expositionen genügen, wenn im Folgenden nur noch die Temperaturverhältnisse des Frostzuchtgartens etwas näher geschildert werden. Dieser Frostzuchtgarten wurde im Interesse der Frostselektionen eingehender vermessen. Die Tabelle 3 umfaßt die im

Tabelle 3.

Monatsmittelwerte der Temperatur im Frostzuchtgarten im Jahre 1935.  
(Min. der Nachttemp.)

Meßpunkt . . .	2	3	4	5	6	7	8	9	9
Meßhöhe . . . cm	5	5	5	5	5	5	5	20	100
Januar . . . . .	-4.8	-4.9	-4.7	-4.7	-4.6	-4.6	-5.0	-5.9	-4.9
Februar . . . . .	-3.3	-3.1	-2.9	-3.2	-3.2	-3.0	-2.7	-3.5	-3.2
März . . . . .	-3.1	-5.5	-3.4	-4.0	-3.3	-3.0	-4.6	-7.7	-6.0
April . . . . .	2.2	2.1	2.5	2.3	2.5	2.6	2.1	0.4	1.7
Mai . . . . .	0.5	0.6	1.6	0.7	1.3	2.1	0.2	-2.9	-0.2
Juni . . . . .	9.0	9.1	9.9	9.7	9.8	10.4	9.0	5.0	8.0
Juli . . . . .	10.4	10.5	11.1	10.9	10.9	11.3	9.7	6.5	9.2
August . . . . .	9.2	9.1	10.1	9.3	9.8	10.3	8.9	4.3	7.4
September . . . . .	7.4	7.4	7.9	7.2	8.0	8.4	7.2	4.6	6.2
Oktober . . . . .	3.7	3.8	4.2	3.5	4.1	4.5	2.8	1.6	2.8
November . . . . .	0.3	0.5	0.9	0.1	0.7	1.2	-0.4	-1.4	-0.3
Dezember . . . . .	-2.3	-2.2	-2.2	-2.9	-2.6	-2.1	-3.0	-3.6 *	-3.0 *
Jahr . . . . .	2.4	2.3	2.9	2.4	2.8	3.2	2.0	1.5	-0.3 *

Mit \* bezeichnete Werte sind auf den vollen Monat reduziert worden, weil einige Beobachtungen fehlen.

Januar . . . . . Mittel aus 29 Werten  
 Februar . . . . . „ „ 26 „  
 April . . . . . „ „ 27 „

Jahre 1935 im Frostzuchtgarten angefallenen Monatsmittel der nächtlichen Minima. Es sei vor deren Besprechung nochmals an die Meßmethode erinnert, damit die in der Tabelle angegebenen Temperaturen hinsichtlich ihrer biologischen Auswertung richtig beurteilt werden können. Die Thermometer besaßen keinen Strahlungsschutz und waren frei im Gelände ausgelegt. Die mittleren Minima enthalten neben der Temperatur noch ein Zusatzglied, das im wesentlichen auf der nächtlichen Wärmeabstrahlung des Meßgerätes beruht. Die Minimumtemperaturen sind also Versuchskörpertemperaturen und müssen hinsichtlich ihrer biologischen Wirkung als solche behandelt

werden. Der Strahlungsfehler der Geräte wird umso größer sein, je ruhiger die Nacht ist und je weniger Wolken vorhanden sind. In der Nähe des Meßpunktes 25 durchgeführte Beobachtungen des nächtlichen Strahlungsfehlers von Minimumthermometern mit Toluolfüllung ergaben eine Fehl Anzeige von etwa  $-1,0^{\circ}\text{C}$  in besonders günstigen Ausstrahlungsnächten. Abgesehen von der Horizontverengung, die aber im Versuchsgelände kaum eine beachtenswerte Rolle spielen dürfte, wird in den Mulden der Strahlungsfehler höher sein als auf den Hängen. Die in der Tabelle 3 angegebenen Temperaturen liegen etwas unter dem nächtlichen Minimum der wahren Lufttemperatur und außerdem wird durch die Vergrößerung des Strahlungseinflusses in geschützten Muldenlagen der Temperaturabfall nach den tiefsten Geländepunkten hin verstärkt. Zeichnet man für den Frostzuchtgarten eine der Abb. 9 gleichartige Aufstellung der Minima, so kann man deutlich die Trennung der Temperaturkurven für die beiden hintereinanderliegenden Mulden erkennen. In die Abb. 10 sind die Mittelwerte für die Monate Oktober und November 1935 eingetragen worden. Sie erfaßt zugleich die an den Meßstellen 8 und 9 bestimmten Minima in größerer Höhe als der üblichen Meßhöhe von 5 cm über dem Erdboden. Die erste Mulde des Zuchtgartens weist am Meßpunkt 5 eine Minimumtemperatur aus, die selbst an den tiefer liegenden Meßpunkten 2 und 3 nicht erreicht wird. An beiden Stellen war der Boden unkrautfrei. Der Höhenlage entsprechend ist es daher bei fünf und acht

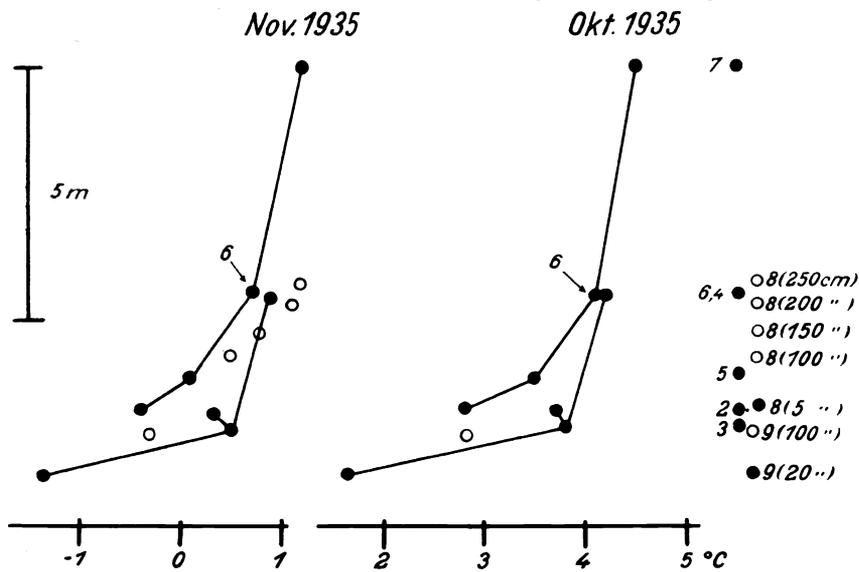


Abb. 10. Abhängigkeit des nächtlichen Temperaturminimums von der Höhenlage im Frostzuchtgarten. (Oktober und November 1935. Die offenen Kreise sind Meßwerte der Meßpunkte 8 und 9 in verschiedener Höhe über dem Erdboden.)

zu kalt. Benutzt man die Beobachtungen im ersten Teil des Zuchtgartens, um in einem Vertikalschnitt Thermo-Isoplethen zu zeichnen (Abb. 11), so kann man deutlich die starke Kühlung der am Hang in Bodennähe abfließenden Kaltluft erkennen. Die in gleicher Höhe liegende Luft der Mulde, gewissermaßen die „freie Atmosphäre“ ist erheblich wärmer. Für die Selektionen ist diese erste Mulde daher fast noch besser geeignet als das Hangende bei zwei. Aus ihr kann die Luft nicht wieder abfließen, da infolge der Randerhöhung der Kaltluftsee eine Tiefe von mindestens einen Meter hatte. Die beim Meßpunkt 8 angesammelte Kaltluft mußte sich unter dem Einfluß der nächtlichen Ausstrahlung immer weiter abkühlen. Am Punkt 8 werden daher auch Minima erreicht, die erst wieder in etwa 1 m Höhe über dem filzigen Grasbestand des Meßpunktes 9 im Bruchgelände auftreten. In windigen Nächten wird diese Temperaturschichtung verwischt; die Temperaturen in den Mulden werden gehoben. Im übrigen können an den Meßpunkten 9 und ebenso auch auf der anderen Seite des Meßprofils die etwa dem Meßpunkt 8 entsprechenden tiefen Temperaturen gar nicht eintreten, weil diese Meßstellen zwar in einem Bruch- oder Wiesengelände liegen,

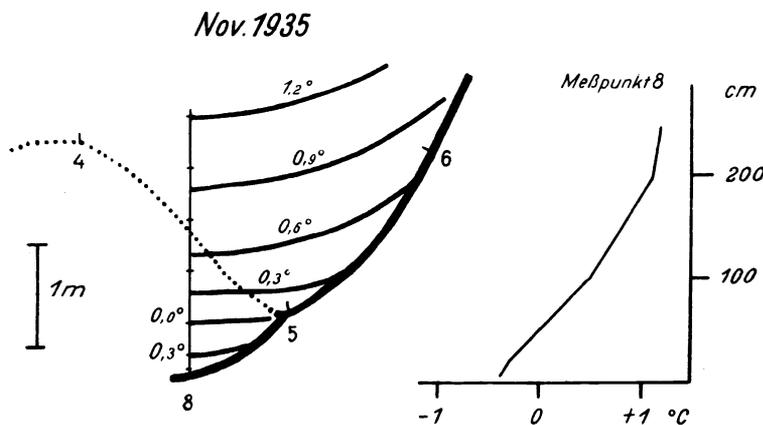


Abb. 11. Nüchtliche Thermo-Isoplethen in der ersten Geländemulde des Frostzuchtgartens im November 1935. (Daneben: Temperatur-Höhenkurve der Minima am Meßpunkt 8.)

das aber erstens sehr weit ausgedehnt ist und das zweitens noch andere Abflüsse für die in ihm entstehende Kaltluft besitzt. Diese Feststellung gilt besonders für den Meßpunkt 9, an dem die tiefste Geländestelle noch nicht erreicht ist. Zu der Tabelle 3 wäre noch zu bemerken, daß entgegen der im Klimadienst üblichen Methodik, im Winter das Thermometer nicht auf den Schnee gelegt worden ist, sondern im Schnee verblieb. So ist das Minimum für den Meßpunkt 3 im Monat März keine Auswirkung des Kleinklimas sondern ein Ergebnis der Meßtechnik. Die schützende Schneedecke fehlte an dieser Meßstelle. Wenn schon im Monatsmittel die Unterschiede der Minima etwa  $1^{\circ}\text{C}$  betragen, so steigt dieser Wert in heiteren Nächten noch an. Im Mittel der heiteren Nächte des Monats April 1934 betrug er etwa  $2^{\circ}\text{C}$ . Diese große Differenz bietet aber dem Züchter die Möglichkeit, in einer geeigneten Frostnacht im Freiland den Frosteinfluß auf seine Pflanzen zu dosieren und Schick und v. Seng-

busch haben den Frostzuchtgarten für diesen Zweck auch ausgenutzt. Es war sogar möglich am Meßpunkt 9 bis in den Juni hinein dort aufgestellte Tomatenpflanzen zu erfrieren.

Da die Minima in den einzelnen Lagen verschieden tief sind, so muß auch die Anzahl der Frostnächte pro Jahr unterschiedlich sein. Die Abb. 12 zeigt die Häufigkeit der Unterschreitung der Nullgradgrenze in den einzelnen Lagen. Die Frosthäufigkeit steigt von etwa 33 % aller Tage des Jahres am Meßpunkt 7 auf etwa 38 % am unteren Ende des Zuchtgartens an. Die im Bruchgelände liegende Wiese hat sogar den hohen Prozentsatz von 48 %. Dieser besonders große Wert, der seine Ursache in der hohen Ausstrahlung des verfilzten Grases hat, böte daher praktisch das ganze Jahr hindurch mit Ausnahme des Juli und eines Teiles der Monate Juni und August die Möglichkeit zu Forstversuchen im Freiland. Auch in der Frosthäufigkeit erscheint das von der Temperatur her bekannte Bild großer Prozentzahlen im vorderen Teile der Mule.

### 3. Registrierungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit an ausgewählten Punkten des Profils.

Zur weiteren Charakterisierung der Temperaturverhältnisse an den verschiedenen Punkten des Meßprofils sollen noch die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse einer kurzen Betrachtung unterworfen werden. Zum Vergleich dienen die Angaben der Hütten 3, 7, 25 und 37, von denen die drei ersten auf nacktem Ackerboden und die letzte inmitten der Wiese am Faulen See stand. Die Tabelle 4 enthält die Stundenmittel der Temperatur für die Monate Mai—August 1935. Die Hüttenthermometer und die Thermographen standen in den vier Hütten des Profils in 50 cm Höhe über dem Boden und nur am Meßpunkt 1 war die Höhe 200 cm, wie sie im Klimadienst allgemein eingehalten wird. Würde man die Temperaturen der Tabelle 4 in ein Koordinatensystem eintragen, so könnte man erkennen, daß abgesehen von den Angaben für den Meßpunkt 37 alle übrigen Werte dicht beieinander liegen. Selbst die im Frostzuchtgarten an den Meßstellen 3 und 7 ermittelten Temperaturen unterscheiden sich nur wenig. Solange also die Unterlage aus nacktem Ackerboden besteht, sind in den verschiedenen Höhen des Geländes bei den geringen Niveauunterschieden kaum beachtliche Unterschiede im Monatsmittel zu erwarten. Die Temperaturextreme zeigen dagegen schon Verschiebungen an. So wird nach den Stundenmittelwerten das nächtliche Minimum am Meßpunkt 3 erst später erreicht als an den Meßpunkten 7 und 25. Diese Verschiebung wirkt sich in den Stundenmitteln so aus, daß am Meßpunkt 3 die Temperatur erst eine Stunde später ihren tiefsten Wert erreicht als an den Meßpunkten 7 und 25. In der Wiese am Faulen See beginnt dagegen der Temperaturanstieg schon bis zu einer halben Stunde früher als auf dem Plateau. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den Mittagsmittelwerten der Temperatur. Meßpunkt 37 hat das Maximum früher, Meßstelle 3 später als die Hüttenwerte bei 7 und 25. Um diese Verhältnisse etwas genauer erfassen zu können, wurden die in der Tabelle 4 enthaltenen Werte der harmonischen Analyse unterworfen. Aus den Amplituden und noch mehr aus den Phasenwerten kann man diese Unterschiede zahlenmäßig fassen. Allgemein ist die Vergrößerung der Tagesamplitude in den tieferen Lagen vorhanden. Bis auf den Meßpunkt 37 ist aber die Vergrößerung nicht mehr bedeutend; sie beträgt in den Sommermonaten Juni und Juli weniger als 10 % zwischen den Meßpunkten 25 und 37 und etwa 5 % zwischen den Hütten 3 und 7. Mit sinkender Sonnenhöhe nimmt sie anscheinend zu. Es ist anzunehmen, daß sie in den Herbst- und Wintermonaten weiter ansteigen wird. Erst wenn man die Sonnentage aus dem Material herauszieht, werden die Unterschiede etwas größer. Die Tabelle 5 enthält für durchschnittlich drei Tage die Temperaturmittel in den einzelnen Monaten. Jetzt kann die Amplitudenvergrößerung mit Sicherheit festgelegt werden. Auch die Phasenverschiebung nimmt größere Werte an. In den Sommermonaten ist der Phasenunterschied an den Hüttenpaaren 3—7 und 25—37 nicht sehr groß; er beträgt weniger als 5°, das entspricht einer Zeitverschiebung der Extreme von weniger als 20 Minuten. Im Mai und im August ist die Verfrühung der Extreme in der Hütte 37 größer, sie beträgt im Mai 24 Minuten und im August sogar 40 Minuten. Die Monatsmittel weisen nur Unterschiede von ungefähr 10 Minuten auf. Die aus der Lage der Extreme sofort erschlossenen Zeitverschiebungen halten also einer mathematischen Prüfung noch stand. Man erkennt aus dieser Feststellung, daß die Geländeunterschiede im Flachland aus-

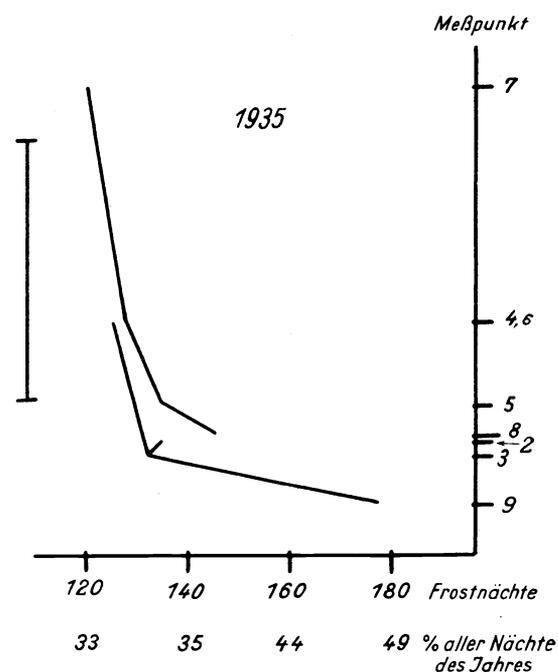


Abb. 12. Häufigkeit der Frostnächte im Frostzuchtgarten im Jahre 1935 in 5 cm Höhe über dem Erdboden. (Meßpunkt 9: 20 cm über dem Boden.)

3\*

Tabelle 4.

Monatmittel der Temperatur in Thermometerhütten des Profils (Meßhöhe 50 cm).

Stunde:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Meßpunkt:	1	6.5	5.9	5.4	5.0	5.1	6.4	8.3	9.6	11.4	12.5	12.4	13.4	13.6	14.3	14.5	14.7	14.5	14.0	13.0	12.0	10.0	8.7	7.8	7.3
	3	5.1	4.6	4.1	3.8	4.1	5.9	8.4	10.2	11.9	12.9	13.4	14.2	14.8	15.2	15.3	15.4	14.8	14.3	12.9	11.0	9.1	7.4	6.4	5.6
	7	6.1	5.8	5.3	4.9	5.2	6.4	8.5	10.0	11.9	12.5	13.3	14.0	14.7	15.0	15.2	15.2	14.8	14.2	13.0	11.2	9.6	8.4	7.5	6.8
	25	6.0	5.3	4.8	4.6	4.9	6.3	8.5	10.3	11.9	12.7	13.2	14.1	14.8	15.1	15.1	15.1	14.7	14.1	12.7	10.8	9.3	8.1	7.1	6.5
37	4.8	4.2	3.6	3.6	4.1	5.9	8.4	10.3	11.9	12.8	13.2	14.0	14.6	14.8	15.3	14.9	14.4	13.7	12.2	10.0	8.2	6.9	5.9	5.2	
Mai 1935																									
Meßpunkt:	1	13.6	13.2	12.8	12.4	13.1	14.5	16.1	17.6	18.9	20.1	21.0	21.8	22.6	23.1	23.1	23.0	22.7	21.9	21.0	19.3	17.6	16.4	15.6	14.6
	3	12.8	12.5	12.2	11.7	12.5	14.3	16.3	17.7	19.2	20.5	21.7	22.3	23.0	23.4	23.5	23.1	22.8	22.3	21.0	19.2	17.1	15.9	14.9	14.1
	7	13.4	13.1	12.8	12.5	13.0	14.6	16.1	17.8	19.2	20.4	21.5	22.0	23.0	23.5	23.5	23.4	23.0	22.5	21.2	19.3	17.5	16.2	15.5	14.7
	25	13.2	12.9	12.5	12.3	12.9	14.5	16.2	17.8	19.2	20.7	21.8	22.3	23.1	23.5	23.5	23.2	22.8	22.2	21.2	19.1	17.1	16.0	15.2	14.4
37	12.1	11.6	11.4	11.1	12.2	14.2	16.2	17.9	19.5	20.7	21.9	22.4	23.1	23.2	23.1	22.9	22.5	22.0	20.6	18.3	16.0	14.7	14.0	13.4	
Juni 1935																									
Meßpunkt:	1	14.4	13.8	13.5	13.4	13.3	14.4	15.7	17.0	18.1	19.3	20.0	20.7	21.6	22.0	22.2	22.4	22.2	21.6	20.6	19.2	17.6	16.5	15.7	14.9
	3	13.9	13.3	12.9	12.7	13.1	14.2	15.6	17.2	18.2	19.1	20.2	20.8	21.9	22.3	22.5	22.7	22.1	21.6	20.8	19.2	17.2	16.1	15.2	14.4
	7	14.5	13.8	13.5	13.2	13.4	14.4	15.8	17.2	18.4	19.4	20.5	21.2	21.8	22.5	22.8	22.8	22.3	21.4	20.8	19.1	17.6	16.7	15.8	14.9
	25	14.1	13.6	13.2	12.9	13.4	14.5	15.7	17.3	18.5	19.5	20.5	21.2	22.0	22.5	22.7	22.6	22.2	21.7	20.5	18.6	17.1	16.0	15.2	14.5
37	12.6	11.9	11.8	11.6	12.7	14.4	15.9	17.5	18.4	19.6	20.6	21.1	21.8	22.2	22.5	22.3	21.9	21.2	20.0	17.6	15.6	14.5	13.8	13.0	
Juli 1935																									
August 1935																									
Meßpunkt:	1	13.2	12.8	12.4	12.1	11.9	12.5	14.1	16.0	20.9	18.9	19.9	20.5	21.4	21.8	21.6	21.7	21.1	20.5	19.1	17.4	16.2	15.2	14.3	13.8
	3	12.4	12.1	11.8	11.6	11.4	12.0	13.9	15.8	17.7	18.8	19.9	20.4	21.4	21.7	21.6	21.6	21.2	20.2	18.8	17.1	15.7	14.6	13.6	13.2
	7	13.2	12.7	12.4	12.0	11.9	12.5	14.1	15.9	17.9	19.1	20.1	20.9	21.7	22.0	21.8	21.7	21.2	20.3	19.9	17.3	15.9	14.9	14.2	13.7
	25	12.9	12.6	12.2	11.9	11.7	12.4	14.1	16.0	18.0	19.2	20.1	20.8	21.8	22.0	21.8	21.7	21.1	20.3	18.9	17.1	15.9	14.9	13.9	13.4
37	10.6	10.0	9.8	9.7	9.7	11.6	13.7	16.2	18.2	19.7	20.3	21.1	21.9	21.9	21.7	21.4	20.8	19.7	17.9	15.6	13.9	12.6	11.6	10.8	

Tabelle 5.

Stundenmittel der Temperatur an ausgewählten Sonnentagen.

Stunde:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mai 1935 (4 Tage)																								
Meßpunkt: 1	5.7	4.7	4.0	3.5	3.2	5.3	9.1	11.3	13.4	14.8	15.8	16.2	16.9	17.8	17.9	18.1	18.2	17.8	16.2	13.6	14.6	10.0	8.7	8.0
3	2.7	2.0	1.2	0.8	0.8	4.2	8.0	11.9	14.0	15.9	17.4	18.0	18.3	18.7	18.8	18.9	18.6	17.8	15.9	12.4	9.4	8.4	6.6	5.5
7	4.3	4.4	3.8	3.2	2.7	3.7	8.1	10.9	14.2	13.0	16.6	17.3	17.9	18.6	18.7	18.8	18.6	17.8	16.0	13.1	11.1	9.8	8.3	7.6
25	4.7	3.8	2.9	2.5	2.7	4.5	8.1	11.6	14.2	15.8	16.3	17.1	17.6	18.4	18.0	18.2	18.1	17.5	15.7	12.6	10.0	9.4	8.0	7.1
37	2.4	1.2	0.4	0.1	0.6	3.1	7.6	11.5	14.5	16.1	16.7	17.4	17.9	18.3	18.2	18.0	17.4	16.6	14.3	10.1	7.7	6.2	5.5	4.5
Juni 1935 (3 Tage)																								
1	18.0	16.9	16.7	16.5	17.2	19.9	21.6	24.8	26.8	28.4	29.6	30.4	31.4	31.2	31.9	31.9	31.1	30.5	28.5	26.4	24.4	21.8	20.5	19.4
3	16.7	15.9	15.2	14.6	16.4	19.0	21.9	24.1	26.8	28.3	30.0	30.6	31.5	31.8	32.3	31.8	31.4	30.6	28.0	26.2	23.4	21.8	20.0	18.6
7	17.6	16.8	16.3	16.0	17.0	19.9	22.1	24.3	26.6	28.4	29.7	30.7	31.1	31.6	31.7	31.8	31.2	30.4	28.6	25.8	23.7	22.1	20.8	19.3
25	17.5	16.5	15.9	15.8	17.0	19.6	21.6	24.4	26.5	28.4	29.9	31.0	31.6	31.3	32.5	31.4	31.4	30.3	29.1	26.3	23.7	21.8	20.0	18.8
37	16.2	14.8	14.2	14.0	16.3	19.5	21.7	24.7	26.7	28.4	29.5	30.3	31.6	30.7	31.5	30.7	30.6	29.8	27.7	24.8	21.6	20.7	18.8	16.8
Juli 1935 (3 Tage)																								
1	13.5	12.5	11.9	10.9	11.4	14.4	17.3	18.7	20.3	21.2	22.6	23.9	24.7	25.3	25.7	25.9	25.6	24.9	23.3	21.6	18.9	17.3	16.0	14.5
3	12.3	11.3	10.2	9.7	10.2	13.4	16.7	18.9	20.6	21.7	23.2	23.8	25.1	25.8	26.2	26.2	25.6	23.7	23.3	21.3	18.3	16.7	14.8	13.9
7	13.9	12.6	11.9	11.3	11.4	13.0	16.5	19.4	21.0	21.9	23.9	24.6	25.7	26.3	26.7	26.6	26.3	25.3	23.9	21.5	19.1	17.6	16.5	15.4
25	13.1	12.0	11.2	10.8	11.6	14.4	17.3	19.3	21.1	22.0	23.3	24.5	25.8	26.2	26.6	26.6	25.9	25.1	23.4	20.9	17.6	16.5	15.4	13.9
37	8.8	7.5	7.3	7.3	8.9	14.1	17.3	19.6	21.0	21.8	23.8	24.4	25.1	25.4	25.8	25.7	25.1	24.2	22.5	19.7	17.3	14.2	13.3	10.9
August 1935 (3 Tage)																								
1	13.0	12.2	11.2	10.6	10.0	11.5	15.1	17.5	19.7	21.5	23.1	23.9	24.6	25.5	25.7	25.9	25.2	24.9	23.4	20.0	18.5	17.3	15.2	14.8
3	12.2	11.1	9.8	9.3	9.1	10.7	15.0	17.7	19.9	21.5	23.0	23.8	25.0	26.1	25.6	26.0	25.1	24.0	22.3	18.9	16.4	15.0	13.8	13.3
7	12.7	11.5	10.9	10.1	9.9	11.0	14.6	17.4	19.9	21.5	23.0	24.3	24.9	25.9	25.8	25.9	25.2	24.4	22.6	18.8	17.0	15.8	14.6	14.1
25	12.6	11.8	10.9	10.3	9.9	11.4	15.2	18.0	20.3	21.8	23.5	24.5	25.5	25.8	25.9	26.1	25.2	24.6	22.8	19.2	17.5	16.9	14.8	14.2
37	9.1	7.4	6.4	5.1	4.8	10.5	14.4	17.7	20.0	21.8	23.3	24.6	25.4	25.7	25.3	25.7	24.5	23.4	21.1	15.3	11.8	10.6	9.8	9.3

reichen, um bestimmte biologische Reaktionen auszulösen und noch geeignet sein können, wie im Falle des Frostzuchtgartens, zur Selektion herangezogen zu werden. Der Temperaturgang wird jedoch im Mittel durch diese Verschiedenheit aber nur unmerklich geändert, weil die für züchterische Zwecke günstigen Wetterlagen mit den großen Unterschieden verhältnismäßig selten eintreten. Hält man sich dazu noch über nacktem Ackerboden, so sind weder die Temperatur- noch die Feuchtigkeitsverhältnisse wesentlich voneinander verschieden. Erst der Übergang zu einer anderen Bodenbedeckung, also etwa zu einer Wiese, verändert Temperatur und Feuchtigkeit in merklichem Ausmaß (Tab. 6). Für diese Verschiebung der Temperaturbedingungen durch die Bodenbedeckung sollen noch zwei Beispiele angeführt werden, an denen zugleich die Randwirkung einer solchen Veränderung der Bodenbedeckung kenntlich wird. In der Höhe der Meßpunkte 6 und 4 wurde im Frostzuchtgarten der neben dem Zuchtgarten verlaufende Weg mit Minimumthermometern belegt. Die Profile durch den Weg sind in die Abb. 13 mit aufgenommen worden. Die Kurven b zeigen die nächtlichen Minima in 5 cm Höhe über dem Weg an. Zum Vergleich sind die Tiefsttemperaturen an den Meßpunkten 4 und 6, die etwa in gleicher Höhe liegen, mit ein-

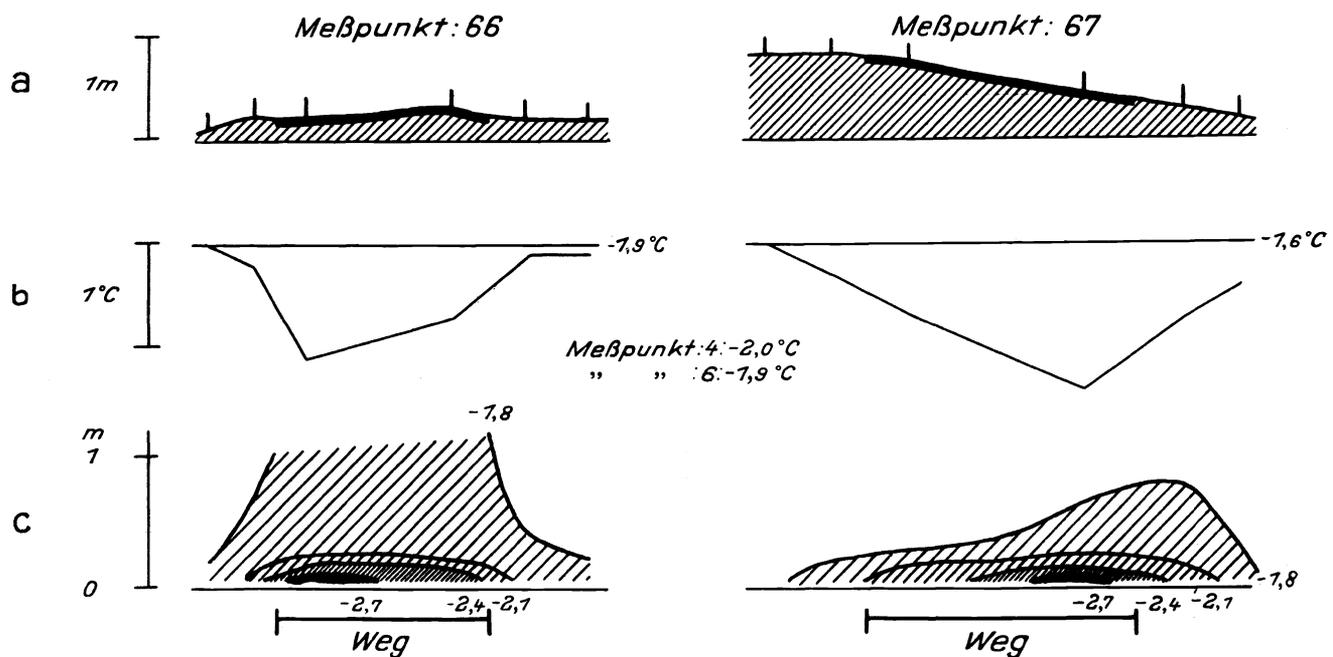


Abb. 13. Nächtliche Minima über einem mit Gras bewachsenen Weg am 15. 12. 1934.  
a) Höhengchnitt. b) Nächtliche Minima in 5 cm Höhe. c) Thermo-Isoplethen im Abstand von  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

getragen worden. Während auf der Kuppe, bei fast horizontalem Profilverlauf (Meßpunkt 66), die Temperaturerniedrigung durch das Gras auf den Weg beschränkt bleibt und in 1 m Entfernung im wesentlichen bereits die Temperaturen des nackten Ackerbodens erreicht werden, genügt die schwache Neigung am Meßpunkt 67, um ein Überfließen der Kaltluft auf den freien Acker zu ermöglichen. In 1 m Entfernung vom Weg ist die Temperatur noch etwa  $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$  niedriger als in gleicher Höhe über dem nackten Ackerboden am Meßpunkt 6. Noch deutlicher wird die Verschiebung, wenn man die nächtlichen Minima in verschiedener Höhe über dem Boden zu einem Isolethenbild zusammenstellt (Abb. 13, c). Hier ist die seitliche Verschiebung bei geneigtem Hang klar zu erkennen. Die größten Temperaturunterschiede treten im horizontalen Gelände in der Zone bis  $\frac{1}{2}$  m Höhe über dem Boden ein. Darüber ist der Einfluß der Unterlage nur noch weniger deutlich zu spüren. Ein weiteres Beispiel für den Einfluß der Bodenbedeckung auf die Minimumtemperaturen in der bodennächsten Schicht bietet die Abb. 14. In der hinter dem Frostzuchtgarten liegenden Wiese wurde am Meßpunkt 9 über dem verfilzten Grasbestand das Minimum gemessen. An der Meßstelle 9<sup>x</sup> wurde ein etwa 1 qm großes Stück Land umgegraben und mit Dachpappe überdeckt, über der eine sehr dünne Erdschicht lag. Es war von vornherein klar, daß die an dieser Stelle bestimmten Minima nicht vollständig den über nacktem Boden sich einstellenden Werten vergleichbar sein würden. Vor allem die vertikale Temperaturverteilung wird sehr stark von der umgebenden Wiese beeinflusst sein. Man schaltet aber in der bodennächsten Schicht die unmittelbare Graswirkung aus. An einem dritten Punkt wurde zwar auch 1 qm umgegraben, aber nicht abgedeckt, so daß er im Laufe des Sommers wieder zuwuchs (Meßpunkt 12). Setzt man die Temperaturdifferenz zwischen den Meßstellen 9 und 9<sup>x</sup> gleich 100, so kann man

Tabelle 6.

Monatsmittel der Relativen Luftfeuchtigkeit in Thermometerhütten des Profils (Meßhöhe 50 cm).

Stunde:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Mai 1935																								
Meßpunkt: 1	82	84	85	87	88	84	77	68	61	57	56	52	50	48	47	46	46	50	55	61	68	75	79	81
3	87	88	89	91	92	88	78	70	63	59	56	54	52	51	49	49	50	53	58	67	73	79	82	86
7	85	87	88	89	88	82	74	68	61	58	56	53	50	49	49	47	50	52	60	66	73	78	81	83
25	88	90	91	92	91	86	77	70	62	58	57	53	51	49	48	48	49	52	59	68	77	82	86	88
37	84	86	87	88	88	85	76	69	62	59	59	55	54	53	51	51	51	54	59	68	74	79	82	84
Juni 1935																								
1	88	89	89	90	89	82	73	71	65	61	55	52	49	47	46	47	49	49	56	65	74	79	82	85
3	85	86	88	89	90	84	74	70	65	60	56	54	50	48	48	47	50	51	57	66	75	78	81	83
7	85	87	87	88	86	80	73	68	63	59	54	51	49	46	46	47	49	50	57	65	74	79	81	83
25	90	91	91	93	91	85	75	71	64	60	54	51	48	46	46	46	48	50	57	66	77	82	85	87
37	86	86	87	88	88	84	75	70	65	61	57	55	52	50	50	50	52	54	59	68	77	80	82	85
Juli 1935																								
1	87	89	90	91	90	87	81	75	69	64	58	56	51	49	48	49	50	53	57	63	72	78	82	85
3	85	87	88	89	89	87	81	74	68	64	59	57	53	51	49	50	51	54	58	66	72	78	81	83
7	82	88	89	89	88	85	78	73	66	63	57	55	51	49	48	49	51	53	58	65	71	77	80	84
25	88	91	92	92	91	88	81	75	68	63	57	55	50	48	47	48	51	52	57	66	75	81	85	87
37	85	86	87	87	87	85	80	74	69	65	60	58	54	53	51	52	52	54	58	66	75	80	82	82
August 1935																								
1	91	92	93	93	94	93	88	81	71	67	62	59	54	53	54	54	55	59	65	74	80	85	89	90
3	90	91	91	91	92	93	88	82	72	68	64	61	57	56	56	56	58	61	67	75	80	83	86	88
7	91	92	92	93	93	93	88	81	71	66	62	59	55	54	54	55	56	59	66	74	80	84	87	90
25	92	92	93	93	94	94	89	81	71	66	61	58	54	52	53	54	56	58	66	75	82	86	90	91
37	88	87	88	88	88	89	87	79	70	65	61	59	56	54	56	56	57	60	68	76	81	82	85	87

die am Meßpunkt 12 beobachteten Minima auf diese Fixtemperaturen beziehen. Die Abb. 14 enthält den Gang der Minima an der Stelle 12 während des Sommers 1934 jeweils für zehn gemittelte Minima. Es tritt im Laufe der Zeit eine Annäherung der Tiefsttemperatur von 12 an die des Meßpunktes 9 ein, also ein Übergang vom Ackerminimum zum Grasminimum, wenn auch infolge der Beseitigung des Grasfilzes die niedrige Temperatur bei 9 in einer Vegetationsperiode nicht erreicht wird.

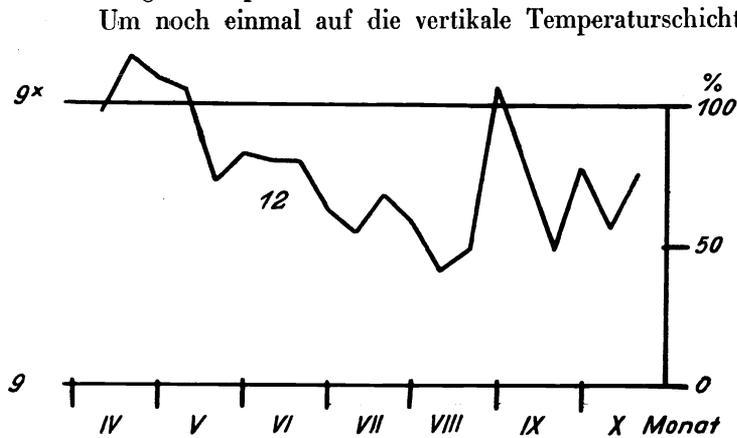


Abb. 14. Mittlere nächtliche Minima an einem mit Gras zuwachsenden Meßpunkt (12) bezogen auf die Grasfläche (9) und nackten Ackerboden (9<sup>x</sup>).

Höhenunterschied von nur einem Meter, der etwa der Niveaudifferenz zwischen den Meßpunkten 9 und 3 entspricht, entsteht ein Temperaturunterschied von mehr als 6° C. Selbst im Mittel eines Monats sind die Differenzen noch recht beachtlich (April 1935: 2° C, Mai 1935: 4° C).

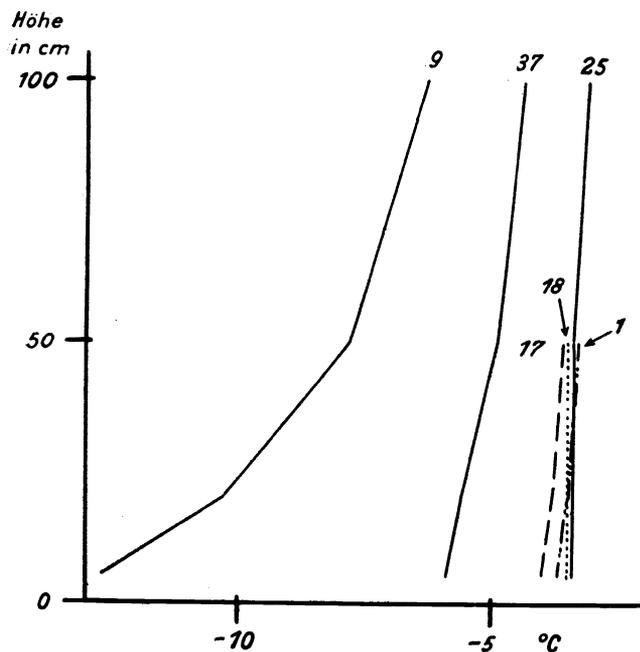


Abb. 15. Vertikale nächtliche Temperaturgradienten in der bodennahen Luftschicht an verschiedenen Geländepunkten.

Um noch einmal auf die vertikale Temperaturschichtung zurückzukommen, die sich über Acker und Gras einstellt, sollen in der Abb. 15 die vertikalen Gradienten für eine recht günstige Ausstrahlungsnacht, die Nacht vom 1/2. V. 1935, dargestellt werden. Man erkennt aus der Abbildung, daß die Meßstellen über Acker, das sind die Meßpunkte 1, 17, 18 und 25, praktisch unabhängig von der Geländelage nur schwache Gradienten aufweisen. Meßpunkt 37, in der Wiese über dem Faulen See, also in einem sehr großen Becken, hat schon einen größeren vertikalen Temperaturgradienten und am Meßpunkt 9 hinter dem Frostzuchtgarten bildet sich wegen der dort stehenden Buschgehölze und der damit verbundenen Aufteilung in kleinere Einzelflächen ein beachtlicher Temperaturunterschied in der bodennahen Zone aus. Auf dem Höhenunterschied von nur einem Meter, der etwa der Niveaudifferenz zwischen den Meßpunkten 9 und 3 entspricht, entsteht ein Temperaturunterschied von mehr als 6° C. Selbst im Mittel eines Monats sind die Differenzen noch recht beachtlich (April 1935: 2° C, Mai 1935: 4° C). Man hat es in dieser Geländelage praktisch immer mit nächtlichen Temperaturbedingungen zu tun, die an einer mikroklimatischen Basisstation nur in besonders ruhigen und klaren Ausstrahlungsnächten eintreten. Es erhebt sich damit die Frage, ob es wohl möglich ist, die geländeklimatischen Unterschiede zu denen an einer Vertikalstation in Beziehung zu setzen, denn die Vertikalstruktur am Meßpunkt 9 übt auch einen Einfluß auf die mehr horizontalen Unterschiede zwischen den Geländepunkten, hier 9 und 3, aus. Ist ein solcher Bezug möglich, so erhält man in der Mikroklimatologie eine Normierung zwischen lokalen Temperaturunterschieden, also dem Geländeklima, und dem eigentlichen Mikroklima, den vertikalen Temperaturgradienten. Man brauchte zwischen beiden nicht mehr zu unterscheiden und könnte in der praktischen Anwendung der Meßergebnisse mit einer Maßzahl rechnen, die sowohl die Kleinklimate in verschiedenen Geländepunkten und einer vorgegebenen Meßhöhe als auch die Unterschiede in der Vertikalen erfaßt. Dieser Frage soll später noch einmal nachgegangen werden; der Hinweis auf den Versuch einer solchen Gruppierung mag an dieser Stelle genügen.

#### 4. Anwendung der kleinklimatischen Beobachtungen.

Der Zweck, dem die geschilderten Meßreihen mit dem auch in der Großklimatologie üblichen Meßgeräten, war neben der allgemeinen Erfassung des Kleinklimas im Versuchsgelände des Erwin-Baur-Instituts die Anwendung auf Fragen der Frostabwehr und der Frostselektion. Die für die Frostselektion günstigen Eigenschaften des Frostzuchtgartens hatten schon Schick und v. Sengbusch erkannt und erprobt. Sie versuchten diesen Doppelhang für ihre Auslesen auszunutzen und setzten die Zuchtstämme den verschiedenen am Hang eintretenden Temperaturen aus. Dem Meteorologen blieb nur noch die exakte Vermessung des Temperaturfeldes übrig. Die Meßergebnisse konnten dann den Züchtern unmittelbar nach den zur Selektion geeigneten Frostnächten zur Verfügung gestellt werden. Dabei zeigte sich ein recht interessanter Unterschied zwischen der Wirkung eines

Strahlungsfrostes und der von Kaltlufteinbrüchen. Während nämlich beim Kaltlufteinbruch die Pflanzen bereits bei verhältnismäßig geringen Frostgraden erfroren, hielten sie in Strahlungs Nächten weit tiefere Temperaturen aus. Dieser Unterschied kann wegen seiner Größe, er beträgt rund  $2^{\circ}\text{C}$ , nicht allein mit dem Strahlungsfehler des ungeschützten Minimumthermometers erklärt werden. Es mußten hier noch andere Vorgänge im Spiele sein, die je nach der Wetterlage eine andere, man möchte sagen spezifische, Frostfestigkeit bedingen. Ähnlichen Erscheinungen kann man aber auch in künstlichen Klimaten begegnen und es wird später Gelegenheit sein, an Hand von Beobachtungen der Blattertemperaturen eine Erklärung zu versuchen. Da der Frosthang eine Großselektion nicht zuließ, so tauchte der Gedanke auf, in einem ausgedehnten Bruchgelände größere Flächen mit annähernd gleichem Minima zu suchen und zur Selektion zu benutzen. Wenn auch dieser von Sengbusch verfolgte Plan nur schwer verwirklicht werden kann und die Selektionsmöglichkeit immer vom Zufall abhängen wird, so verdient doch die Tatsache Beachtung, daß im Juni 1934 am Meßpunkt 9 infolge Grasfrostes eine Tomatenpflanze erfroren, obwohl auf den umliegenden Äckern nirgends Minustemperaturen eingetreten waren.

Auf der anderen Seite des Versuchsprofils galt es einen Rebacker gegen Frostschäden zu schützen. Die im Weinbaugebiet übliche Methode des Frosträucherns und des Beheizens der Weinberge wurde auch in Müncheberg versucht. Es zeigte sich aber, daß die Kosten für einen solchen Frostschutz in Anbetracht des offenen Geländes zu hoch waren. Hier im Flachland bleibt nur die Bedeckung mit Frostschirmen oder mit Stroh als wirklich wirksamer Frostschutz übrig. Immerhin gaben diese Beobachtungen den Anstoß, die nächtliche Bewegung der über dem Wiesengelände des Faulen Sees lagernde Kaltluft zu bestimmen und auf diese Weise anschaulich zu zeigen, daß die erprobten Einnebelungs- und Heizmethoden des Weinbaugebietes im offenen Gelände des Ostens nicht angewandt werden können, weil meist eine Abriegelung des Frosteinzugsgebietes nicht möglich ist. Diese für den Frostschutz der Reben gesondert angestellten Beobachtungen gelten naturgemäß auch für den Frostschutz empfindlicher Kulturen und hindern die Frühobstanzucht. Die Verwendung der Beregnung als Frostschutz dürfte hier sicherer zum Ziele führen.

##### 5. Aufnahmen der Bewegungen des nächtlichen Bodennebels im Gebiet des Faulen Sees.

Die im Folgenden (Abb. 16: Tafel 2) mitgeteilte Serie von nächtlichen Nebelaufnahmen bedarf keiner großen Erläuterung. Sie stellt vielmehr Anschauungsmaterial zu der Bewegung der wasserübersättigten bodennahen Luft über der Wiese am Faulen See dar. Eine erste Aufnahmefolge wurde am 25. 8. 1934 gewonnen, deren Negative aber die Reproduktion nicht gestatten. Es soll daher die Nebelbewegung am 30. 3. 39 in der Zeit von 21.06 bis 21.30 gezeigt werden. Der Nebel stand in der flachen Geländemulde, die den Faulen See einschließt. Nur in der am linken Bildrand entlang laufenden Richtung ist ein schmaler Durchlaß nach beiden Seiten vorhanden. Der Standpunkt der Kamera und die Aufnahmerichtung ist auf dem Kartenblatt der Abb. 6 angegeben worden. Man erkennt aus den Aufnahmen, daß der Nebel in dieser Mulde hin und her schwingt und zwar kann er sowohl in der Aufnahmerichtung schwingen, gewissermaßen quer zu der Geländesenke, als auch, wie die Bilder 3—5 zeigen, längs der Mulde. Wird in einer ruhigen Nacht mit Frostgefahr ein am Rande des Beckens liegender Rebacker durch Beheizung oder Beräucherung gegen Frostschaden geschützt, so kann sich die Schutzmaßnahme nicht nur auf die bepflanzte Fläche beschränken, sie muß wegen dieser Luftschwingungen über das gesamte Becken erstreckt werden. Damit ergibt sich ungefähr ein Flächenverhältnis von der Nutzfläche zur als Ballast mit zu schützenden Wiesenfläche von etwa 1:15. Das ist aber recht ungünstig, wenn man dann weiter bedenkt, daß schon eine geringe Luftbewegung den gesamten Bodennebel wegnehmen kann (vergl. das Winddiagramm Abb. 17). Setzt dann im Laufe der Nacht erneut Windstille ein, so wären wieder alle Flächen mit einer Schutzdecke zu versehen.

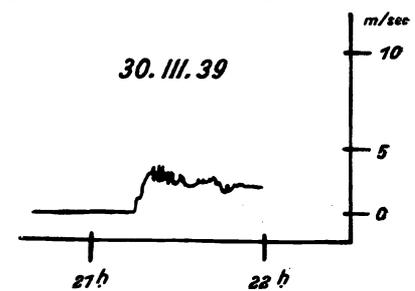


Abb. 17. Windgeschwindigkeit am 30. März 1939 während der Nebelaufnahmen am Faulen See.

## IV. Mikroklimatische Freilandbeobachtungen.

### 1. Bestandsklimatische Untersuchungen.

Neben den kleinklimatischen Messungen lief die Erprobung der entwickelten RWD-Thermometer weiter. Es lag nahe, diese neuen Geräte zu den verschiedensten Messungen einzusetzen. Als eigentliche Erprobungsanlage diente die seit 1936 in Dauerbetrieb gehaltene mikroklimatische Basisstation, deren Meßreihen für das Jahr 1937 einer eingehenden Bearbeitung unterworfen werden sollen. Im Anschluß an die Basisstation wurden dann in verschiedenen Beständen widerstandselektrische Anlagen errichtet und die Bestandsklimata vermessen. Die Bearbeitung dieser Meßreihen setzte eine Prüfung der Auswertmethode voraus, über die bereits berichtet worden ist. Die Fehler, die bei einer Auswertung der Punktfolgen der Sechsfachschreiber entstehen, sind so klein, daß sie den Meßfehler des Thermometers unterschreiten. Auch über die bestandsklimatischen Messungen ist bereits berichtet worden; sie können in diesem Rahmen nur kurz gestreift werden. Die bestandsklimatische Literatur ist in den letzten zehn Jahren zwar sehr stark angewachsen. Es ist aber bisher nicht möglich gewesen, die vielen angegebenen Zahlenwerte gegeneinander abzuwägen und umfassende Schlüsse zu ziehen. Meist beschränkt man sich auf die Bestimmung der Temperaturen in einigen wenigen Meßhöhen und häufig auch noch mit für diesen Zweck nicht voll geeigneten

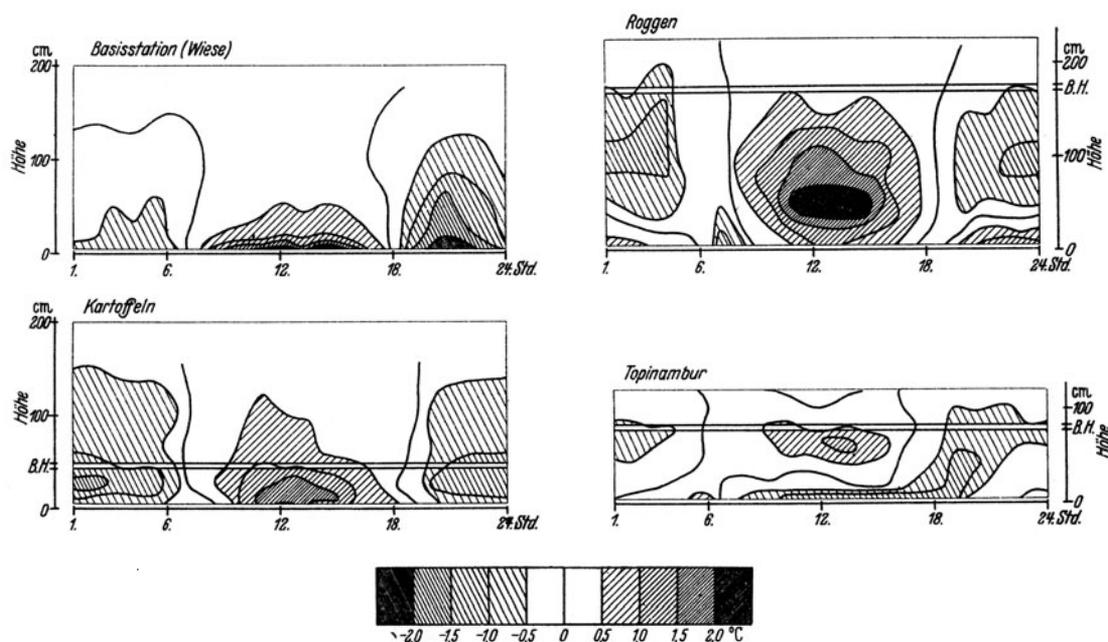


Abb. 18. Der Einfluß des Bestandes auf den Temperaturgang an Sonnentagen. (Bestandseinfluß rein dargestellt. Normierte Temperaturwerte. Bezugswert: Basisstation mit Wiese als Unterlage, für Topinambur: nackter Ackerboden. Beobachtungszeitraum: Roggen: Juni/Juli 36; Kartoffeln: August 36, Topinambur: August 36; Basisstation: August 36.)

Geräten. Wenn auch früher festgestellt worden ist, daß die Unterschiede in den Angaben zwischen Versuchskörperthermometern und RDW-Thermometern nicht sehr groß sind, wenn man die Normierung der Temperaturen durchführt, so darf doch nicht vergessen werden, daß die Voraussetzung für diesen Austausch der Instrumente die Gleichhaltung des Strahlungsfehlers ist. Mit dem Zwischenschalten eines Bestandes wird aber die Meßanlage grundsätzlich abgewandelt und die Meßgrößen, Versuchskörpertemperatur und Lufttemperatur, unterscheiden sich erheblich. Wenn man dann noch, wie es in der Biologie und auch in der Landwirtschaftswissenschaft vielfach üblich ist, diese Temperaturangaben zu Wärmesummen verarbeitet, so kommt man zu recht unterschiedlichen Schlüssen, je nachdem ob die Lufttemperatur oder die Körpertemperatur bestimmt wird. Die Untersuchungen der Bestandsklimata zeigten weiter, daß es möglich ist, die verschiedensten Meßreihen aneinander anzuschließen und beispielsweise die spezifische Bestandwirkung abzuschätzen, wenn man die Bestandsklimata auf das an einer mikroklimatischen Normalstation gemessene Mikroklima bezieht. Man ist dann von den Verschiedenheiten des Witterungsablaufes in den einzelnen Jahren weitgehend unabhängig. Abwandlungen des Bestandsklimas durch ackerbauliche Maßnahmen lassen sich leichter erkennen. Sicher ist diese Methode umständlicher als ein einfacher Vergleich der unmittelbar gewonnenen Zahlen mit den Hüttentemperaturen als Anschlußwert an das Klimanetz. Es scheint jedoch die Normierung der Sonderklimata ein recht nützliches Mittel zum Erkennen der wirklichen Besonderheiten zu sein und man ist in recht hohem Maße auch von geländeklimatischen Unterschieden, die sich vor allem in der Höhe der Temperatur ausprägen, unabhängig. Allerdings wird man gewisse Anforderungen an die Lage der Station stellen müssen. Inwieweit diese Voraussetzung immer erfüllt ist, läßt sich beim

jetzigen Stand der Untersuchungen nicht ohne weiteres entscheiden; sicher werden in normierten Mikroklimaten die in die Betrachtung eingehenden Fehler kleiner. Über das Hauptergebnis eines bereits mitgeteilten Berichtes unterrichtet die Abb. 18, die dieser Zusammenfassung entnommen ist. Die eingetragenen Bestandsklimate beziehen sich alle auf das Normalklima. Beim Entwurf dieser Abbildung wurden zunächst alle Meßreihen auf die größte vermessene Höhe, meist 200 cm, bezogen. Man erhält dann nur die Unterschiede der Temperatur zwischen den verschiedenen Höhen und ist nicht mehr von den Absolutwerten und von der Größe des Tagesganges abhängig. Auf das für „Wiese“ angegebenen Normalklima sind dann alle anderen Bestandsklimate bezogen worden. Diese normierten Klimate stellen damit die Abweichungen des Bestandsklimas vom Normalmikroklima dar. Wenn so für die Meßstelle über einer Wiese nur die Unterschiede gegen das Großklima in die Erscheinung treten, so kommt in den normierten Bestandsklimaten nur noch der Bestandseinfluß zur Geltung, der das normale Mikro-

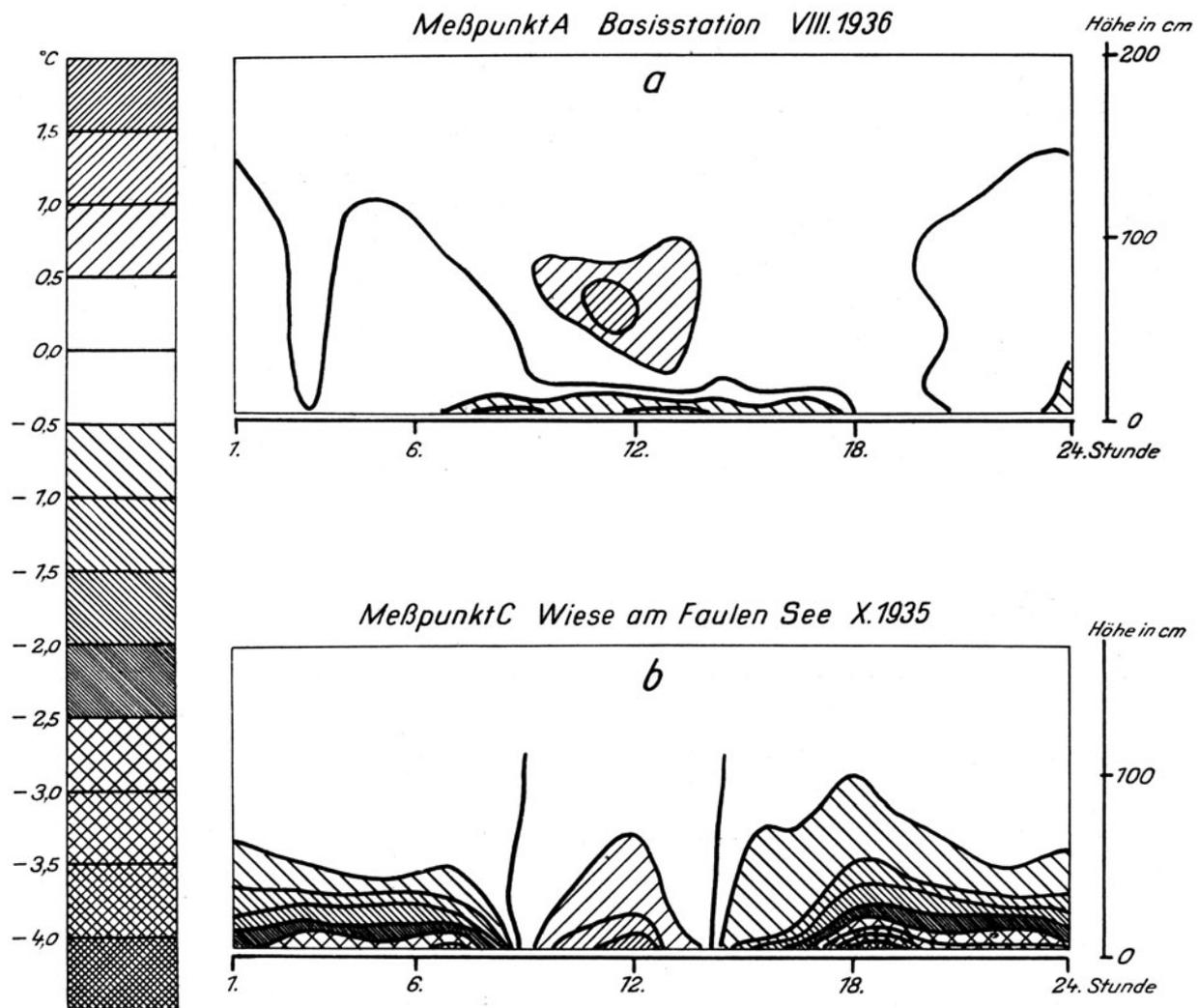


Abb. 19. Der Einfluß des Geländes auf das Normalklima an einer mikroklimatischen Meßstelle mit Grasunterlage (Temp. auf 200 cm Höhe bezogen).

klima abwandelt. Dabei wurden die Meßstellen im Roggen und in den Kartoffeln auf eine Basisstation mit Wiese als Unterlage, die Meßstelle Topinambur jedoch auf freien Acker bezogen. Die Isoplethenbilder stellen somit im letzten Ende Differenzen gegen das Großklima dar. Diese Abhängigkeit der Bestandsklimate vom Großklima zu erforschen, wird eine der wichtigsten Aufgaben der nicht unmittelbar auf praktische Fragen eingestellten experimentellen Mikroklimatologie sein. Denn erst wenn unsere Kenntnisse über die Besonderheiten des normalen Mikroklimas der Basisstation in Abhängigkeit vom Großklima genügend groß sind, wird sich eine Anwendungsmöglichkeit dieser Erfahrungen für den praktischen Landwirt finden lassen. Man wird dabei nach den bisherigen Einblicken vor allem Anbaufragen behandeln können. Die Bestandsklimate als Abweichungen vom Normalklima gewähren zudem Aufschlüsse über die Auswirkung ackerbaulicher Maßnahmen.

Ehe auf die Frage etwas näher eingegangen werden soll, können noch einmal zwei Mikroklimate einander gegenübergestellt werden, die an gleichartigen Meßpunkten gewonnen wurden. Sie unterscheiden sich nur in der Geländelage. Die Abb. 19 enthält für den August 1936 den Unterschied zwischen einer Normalstation mit

Grasunterlage und einer solchen mit nacktem Acker als Bodenbedeckung. Die Meßstellen lagen auf dem Plateau des Institutsgeländes. Sie entsprachen damit der von Geiger und Knoch geforderten normalen Lage einer mikro-klimatischen Basisstation. Es sind zwar Unterschiede zwischen den verschiedenen Temperaturen in den einzelnen Meßhöhen vorhanden, die nicht auf die verschiedene Unterlage zurückgeführt werden können und auf gelände-klimatische Unterschiede zurückgehen. Diese Differenzen halten sich innerhalb der Grenzen von  $\pm 1,5^{\circ}$  C. Ein anderes Bild erhält man, wenn die Bezugsstation Acker auf dem Plateau und die Wiesenstation in einer Mulde liegt (Oktober 1935). Die Unterschiede sind erheblich größer. Die Meßstelle Wiese befand sich im zweiten Falle in der Nähe des Faulen Sees in einem Becken (Meßpunkt C/35). In der Nacht sammelt sich dort die von den Hängen abfließende Kaltluft und kann nicht weiter abfließen. Demzufolge sind nicht nur die Absolutwerte der Temperatur sehr stark voneinander verschieden (sie betragen in der Nacht etwa  $6^{\circ}$  C), es sind auch die vertikalen Unterschiede erheblich vergrößert. Dabei stellt das in der Abb. 19b) zusammengefaßte Material nicht einmal eine Auswahl von ruhigen Strahlungstagen dar. Es mußten aus den im Oktober 1935 angestellten Messungen die günstigsten Tage herausgegriffen werden, ohne daß die sonst gestellten Geigerschen Bedingungen erfüllbar gewesen wären. Trotzdem sind die Differenzen am Tage auch etwa so groß wie an den Sonnentagen des August in der Abb. 19a); sie überschreiten die Grenze von  $+1,5^{\circ}$  C. In der Nacht werden die Unterschiede aber gleich erheblich größer und erreichen sogar  $-4,5^{\circ}$  C. Die Tagesamplitude des normierten Temperaturganges wird somit von etwa  $3^{\circ}$  C auf rund  $6^{\circ}$  C gesteigert. Faßt man dieses Beispiel als bestandsklimatische Messung auf, so erkennt man ohne weiteres, daß ohne eine scharf definierte Normale der Vergleich der Mikroklimata verschiedener Orte und Bestände auf die größten Schwierigkeiten stoßen wird. Dabei ist in dem Falle der Abb. 19 der Absolutwert der Temperatur schon eliminiert worden, denn die verglichenen Mikroklimata wurden alle auf die Meßhöhe 200 cm bezogen und nur die Abweichungen von dieser Temperatur wurden betrachtet.

Die Abb. 19a) zeigt den Unterschied zwischen nacktem Acker und Wiese an der Normalstation. In die Abb. 19b) geht darüber hinaus noch der Einfluß des Geländes ein. Eine regionale Mikroklimatologie für die bisher leider brauchbare Ansätze fehlen, wird von diesem Geländeeinfluß frei kommen müssen, um überhaupt einmal die Verschiebung vertikaler Temperaturgradienten in Abhängigkeit von der Stationslage im Großen zu bestimmen. Der Einfluß von Land und Meer auf die Qualität des Mikroklimas läßt sich erst dann richtig abschätzen. Man wird mit Unterschieden in dieser Hinsicht rechnen dürfen. Die zweite Frage, deren Untersuchung eine ausgedehnte Beachtung geschenkt werden sollte, ist die, ob die Bestandsklimata unter verschiedenen Großklimaten wenigstens bezüglich des an dem betreffenden Ort herrschenden normalen Mikroklimas einheitlich sind. Es wird zu prüfen sein, ob die normierten Bestandsklimata in ihren wichtigen Zügen von der Lage der Station unabhängig sind. Daß kleinere Unterschiede vorhanden sein werden, steht wohl außer Zweifel. Eine Anwendung dieser Erkenntnisse etwa auf Fragen der Anbautechnik oder der Sortenauswahl für Gebiete mit weniger gut bekannten mikro-klimatischen Verhältnissen, setzt jedoch einen klaren Einblick in die Natur der Mikroklimata unter den aufgezeigten verschiedenen Bedingungen voraus. Auch die exakte Behandlung von rein technischen Anbaufragen, wie z. B. der Standweite, der Reihenrichtung und der Bestandsdichte vom klimatischen Standpunkt aus gesehen, wird mit einer solchen Normierung der jeweils erfaßten Sonderklimata möglich sein. Mit der Bestimmung der Temperaturhöhe allein ist leider noch kein Einblick in die tieferen Zusammenhänge zu gewinnen. So sind auch die von Landwirten durchgeführten sehr gründlichen und umfangreichen Beobachtungen abgesehen von rein meßtechnischen Fragen, zunächst hauptsächlich eine Sammlung von Zahlenmaterial, das für einen bestimmten Ort Gültigkeit hat und nicht ohne weiteres auf andere Orte übertragen werden kann, ja das meist ohne ausreichende Definition des Bestandes gewonnen wurde. Der Bestandsklimatologe wird auf die Bestandsbeschreibung einen großen Wert legen müssen. Dabei kommt es mehr auf die das Klima beeinflussenden Faktoren wie die Bestandsdichte als auf die Sortenauswahl an, da heute mit Sicherheit noch nicht zu entscheiden ist, daß bestimmte Sorten einer Kulturpflanze bei völliger Gleichheit der Bestände auch verschiedene Klimata ausweisen. Es darf dabei nicht die Absicht sein, besondere Fragen, die ohne eine solche Normierung gelöst werden können, durch die Rechenoperationen zu komplizieren. Epidemiologische Untersuchungen beispielsweise brauchen das gar nicht. Man sollte sich jedoch auch davor hüten, durch die Ansammlung und Bearbeitung von Meßgrößen nur das an sich schon recht große Zahlenmaterial zu vergrößern. Die Mikroklimatologie muß versuchen, aus dem Studium der Einzelmeßreihen und der Veranschaulichung der thermischen Zustände herauszukommen und ihre Meßanlagen auch einmal, und sei es nur für eine bestimmte Zeit, vorgegebenen großen Gesichtspunkten unterzuordnen. Daß sich diese Aufgabe, deren praktische Bedeutung für den Landwirt in ihrer vollen Tragweite kaum überschätzt werden kann, mit dem jetzt erreichten Stand der Meßtechnik durchführen läßt, steht fest. Aus diesen Erwägungen heraus wurde auch die Entwicklung summierender Punktschreiber in die Wege geleitet, die bei einem geringen Aufwand an Zeit für die Messungen selbst die gesamte Auswertung des angefallenen Materials auf die wissenschaftliche Bearbeitung beschränken und den Einsatz eines großen Stabes von Rechenkräften für die handwerksmäßige Zurichtung der Beobachtungen weitgehend überflüssig machen.

## 2. Über den Anschluß mikroklimatischer Messungen an das Großklima.

Wenn schon früher gezeigt werden konnte, daß die Normierung auf die Basisstation zu Ergebnissen führt, die frei von den Zufällen der Geländelage sind, so soll im Folgenden kurz ein Weg aufgezeigt werden, auf dem der Anschluß der mikroklimatischen Beobachtungen an das Großklimanetz einmal möglich sein kann, der aber auch zugleich die Brücke finden läßt zwischen den verschiedenen Kleinklimaten und dem Großklima. Es gehen in die Messungen mikroklimatischer Art neben der vertikalen Temperaturschichtung eines bestimmten Gebietes noch die lokalen klimatischen Faktoren ein. Die Abb. 19 ist ein Beispiel für eine solche Verfälschung des Normalklimas. Man kann nun die Frage stellen, ob ein Austausch zwischen vertikalem und horizontalem Temperaturgradienten gelingt. Mit anderen Worten, ob eine Überführung der vertikalen Temperaturunterschiede in kleinklimatische Differenzen möglich ist. Wenn nämlich eine solche gegenseitige Zuordnung möglich sein sollte, so vereinfacht sich das zu behandelnde Problem der Klein- und Mikroklimate und man kann etwa die Geländeklimate mikroklimatisch ausdeuten. Es wurden versuchsweise Streuungswerte gebildet. Die Temperaturlaufzeichnungen der Thermometerhütten in 50 und 200 cm Höhe über dem Boden wurden auf das jeweilige Tagesmittel bezogen und die Abweichungen der Stundenwerte vom Tagesmittel berechnet. Für diese über einen ganzen Monat verteilten Temperaturdifferenzen wurde die Streuung berechnet. Man erhält auf diese Weise einen mathematisch definierten Ausdruck für die mittleren Tagesamplituden und berücksichtigt neben deren Größe auch noch die Form der Verteilungskurve. Auf die Verwendung der Monatsmittel der unperiodischen Tagesschwankung wurde verzichtet, obwohl sie in erster Näherung dasselbe besagt wie die Streuungszahlen. Für die Höhen 200 und 50 cm der Thermometerhütten erhält man Zahlenwerte, die mit gleichartigen Angaben der mikroklimatischen Basisstation in Vergleich gesetzt werden können. Die Tabelle 7 enthält die Gegenüberstellung dieser Streuungswerte für den Juni 1937. Die für die Hütten bestimmten Streuungswerte liegen den für die Basisstation geltenden parallel. Das bedeutet aber, daß ein Anschluß der Hüttentemperaturen an die Meßwerte der mikroklimatischen Meßstelle möglich ist, wenn auch der Wert selbst etwas größer ausfällt. Diese Vergrößerung mag ihre Ursache darin haben, daß die Auswertung der Registrierstreifen nur Momentanwerte nutzt, während für die Basisstation Stundenmittel bestimmt werden. Berechnet man für die Meßstellen 3, 7, 25 und 37 des Profils auch die Streuung der Abweichungen der Temperaturen vom Tagesmittel, so erhält man für den Juni 1935 die auch in die Tabelle 7 aufgenommenen

Tabelle 7.

Streuungswerte des Tagesganges der Temperatur in °C.

Juni 1937			Juni 1935		
Höhe über Boden	Basisstation	Hütten		Höhe über Boden	
200 cm	36.6	37.4	Hütte 1	(200 cm)	43.0
150 "	37.6		" 3	50 "	47.2
100 "	38.4		" 7	50 "	44.4
50 "	39.0	40.2	" 25	50 "	45.2
20 "	45.8		" 37	50 "	49.8
10 "	45.0				

Zahlen. Es fehlt zwar für diesen Zeitabschnitt ein Vergleichswert für die Höhe 50 cm an der Meßstelle 1. Immerhin sind die Werte bei 7 und 25 denen einer Meßhütte am Meßpunkt 1 gleichzusetzen, sie sind auch einander fast gleich. Neben der Abbildung der Höhenunterschiede des vermessenen Profils in den Streuungswerten ergibt sich unter der Voraussetzung, daß für den Juni 1935 eine ähnliche Höhenabhängigkeit der Temperaturstreuung gilt wie für 1937, daß die in den verschiedenen Hütten gemessenen Temperaturen verschiedenen Höhenlagen einer Basisstation zugeordnet werden können. Statt am Meßpunkt 37 den Temperaturgang zu erfassen, könnte man ihn etwa in 30 cm Höhe über dem Boden am Meßpunkt 1 ermitteln und würde, was die Form der Temperaturkurve anlangt, eine weitgehende Übereinstimmung zwischen beiden Meßstellen erhalten können. Für den Meßpunkt 7 müßte man dann in 40 cm Höhe beobachten. Wenn auch an Hand des angeführten Materials ein exakter Nachweis für die Zulässigkeit einer solchen Umrechnung, oder wenn man will einer solchen Normierung, nicht zu erbringen ist, so scheint es doch möglich zu sein, in Zukunft einmal geländeklimatische Beobachtungen mit mikroklimatischen Messungen an einer Basisstation zu vergleichen und die Beziehungen zwischen Kleinklima und Mikroklima einerseits und der Pflanzenreaktion andererseits von einem einheitlichen Standpunkt aus zu behandeln.

Man kann nun noch einen Schritt weitergehen und den Versuch unternehmen, die Meßreihen der mikroklimatischen Basisstation zum täglichen Temperaturgang in der 2 m-Hütte in Beziehung zu setzen. Ein solcher Vergleich gestattet dann einen Überblick, ob die Reduktion der Mikroklimata auf schon vorliegende lange Meßreihen des großklimatischen Dienstes möglich ist, ob man also schon jetzt eine gewisse Voraussage der an bestimmten Orten zu erwartenden mikroklimatischen Bedingungen machen kann oder nicht. Es wurden für die Monate Juni, Juli und August 1937 und 1940 aus den Stundenwerten der Meßhöhen 10 und 200 cm die vertikalen Temperaturdifferenzen zwischen beiden Punkten bestimmt. Diese Differenz ist ein Maß für den vertikalen Temperaturgradienten und wenn auch dieser Gradient im Höhenbereich nicht konstant ist, also durch Division nicht bestimmt werden kann, so kann man diese Differenz in erster Annäherung doch als Maß für die Form der Zustandkurve betrachten. Das ergibt gewissermaßen eine Gütezahl für das Mikroklima. Bei geringer Differenz ist die vertikale Schichtung klein, man kann von einem ausgeprägten Klima der bodennahen Luftschicht nicht mehr reden. Je größer diese Differenz ist, umso besser ist die mikroklimatische Temperaturschichtung, umso ausgeprägter ist aber auch nach der Erfahrung der tägliche Temperaturgang, da extreme Temperaturunterschiede zwischen beiden Höhen meist an ruhigen, tags sonnigen, nachts klaren Tagen entstehen werden, die auch eine große Tagesamplitude der Temperatur besitzen. Trägt man die Mittelwerte der Abweichungen der Temperaturen vom

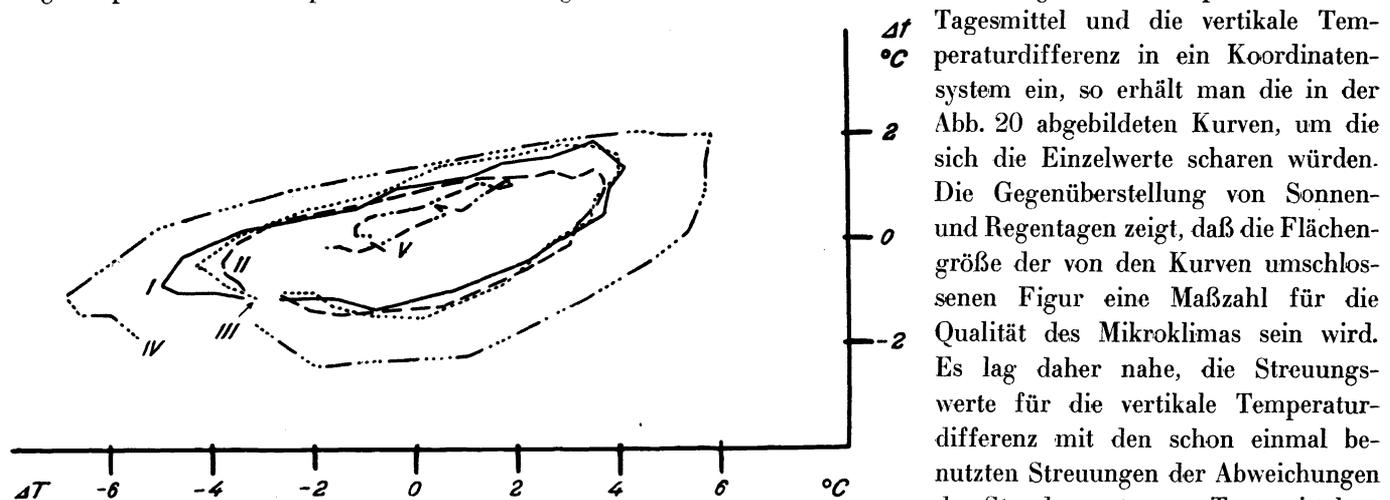


Abb. 20. Zusammenhang zwischen der mittleren stündlichen vertikalen Temperaturdifferenz ( $\Delta T$ ) und der mittleren Abweichung der Stundenwerte der Temperatur in der 2 m-Hütte vom Tagesmittel ( $T$ ). (I: Juni 37; II: Juli 37; III: August 37; IV: Sonnentage; V: Regentage.)

diesem Zwecke verschiedene Gruppen von Tagen herausgezogen, um die verschiedenen Typen des Klimas mit der vertikalen Temperaturdifferenz einer Basisstation vergleichen zu können. Die im Augenblick noch nicht mögliche Vergleichsarbeit zwischen Stationen verschiedener großklimatischer Lage wird hier mit dem Material einer einzigen Beobachtungsstelle gewissermaßen künstlich geschaffen. Ob diese Schlußfolgerungen sich bei regionalen Untersuchungen bestätigen werden, steht offen. Die Tabelle 8 enthält die Zusammenstellung solcher

Tabelle 8.

Streuungswerte der vertikalen Temperaturdifferenz an einer mikroklimatischen Basisstation und der Stundenwerte um das Tagesmittel in einer 2 m-Hütte.

	1937		1940	
	vert. Temp.-Diff.	Hütte (200 cm)	vert. Temp.-Diff.	Hütte (200 cm)
Juni . . . . .	13.3	37.6	24.2	43.4
Juli . . . . .	13.0	32.8	14.6	35.2
August . . . . .	13.9	33.0	15.0	30.0
1. VI. — 31. VIII. . . . .	12.8	34.6	18.4	36.4
Sonnentage . . . . .	18.2	46.4	31.6	51.2
Regentage . . . . .	7.4	19.8	7.2	22.6
Geringe Vertikalschichtung . . . . .	9.5	27.6		
Große Vertikalschichtung . . . . .	17.0	38.6		
Kleine Tagesschwankung . . . . .	9.0	19.2		
Große Tagesschwankung . . . . .	16.2	50.8		
Tage niederschlag . . . . .	10.0	25.6	13.4	29.0
Windgeschw. > 2.99 . . . . .	10.4	30.4	14.6	34.8
20—80 % Sonnenschein } ohne Tagesniederschlag }	14.8	31.0	20.8	38.6

Werte aus dem benutzten Material. Trägt man sich die Wertepaare in ein Koordinatensystem ein, so ordnen sich die Punkte im Großen und Ganzen auf einem Band an. Einzelne Punkte für 1940 fallen heraus. Diese Einordnung legt die Vermutung nahe, daß der benutzte Rechenwert der Streuung oder eine ähnliche Maßzahl in der Lage ist, den Übergang zwischen den beiden Temperaturreihen zu vermitteln. Es wird die Aufgabe weiterer Untersuchungen sein, hier zu einer Klärung zu gelangen. Dabei wird besonderer Wert auf die physikalische Deutung der Temperaturschichtung und den Einfluß der verschiedenen meteorologischen Elemente auf die Vertikalstruktur zu legen sein. Das Streuungsmaß der Abweichungen der Stundenwerte der Temperatur vom Tagesmittel gestattet mindestens mit Sicherheit eine treffendere Abschätzung der Kontinentalität bestimmter Gebiete als die bisher vorliegenden Formeln. Wenn es außerdem den sicheren Übergang zur mikroklimatischen Temperaturschichtung ermöglicht, dann dürfte damit ein Maß gewonnen sein, das auch der landwirtschaftlichen Planung in Gebieten mit wenigen oder unsicheren mikroklimatischen Angaben Hilfsdienste leisten kann.

### 3. Angewandte mikroklimatische Untersuchungen.

Der Einsatz der Widerstandsthermometer ermöglichte die Überprüfung des speziellen Klimas eines Obstbaumes bei gleichzeitiger Beobachtung der Aufblühfolge seiner Blüten (10). Diese Meßreihe führte damit in ein eng umrissenes Mikroklima mit einer vorgegebenen biologischen Fragestellung und gestattete die anschließende biologische Auswertung unmittelbar. Es konnte festgestellt werden, daß bei einer geringen Temperaturerhöhung der Baumluft, die mikroklimatischen Temperaturunterschiede zwischen Nord- und Südseite am unbelaubten Baum nicht ausreichen, um die starke Verzögerung des Aufblühens der Nordblüten zu erklären. Durch Laboratoriumsmessungen ließ sich zeigen, daß infolge der verschiedenen Zustrahlung die größten Temperaturunterschiede zwischen den beiden Ex-

positionen im Blütenraum selbst zu suchen sind. Sie betragen bei Windstille mehr als  $10^{\circ}\text{C}$  und geben in dieser Höhe eine Erklärung für die verschiedenen Blühtermine. Wenn auch im Freiland so große Differenzen nur selten auftreten werden, weil immer eine schwache Luftbewegung vorhanden ist, so wird man mit ausreichend großen Unterschieden der Temperatur im Blütenraum und mit noch größeren in der Blüte selbst rechnen dürfen. Das Problem der Aufblühfolge ist damit in ein Problem der Zustrahlung

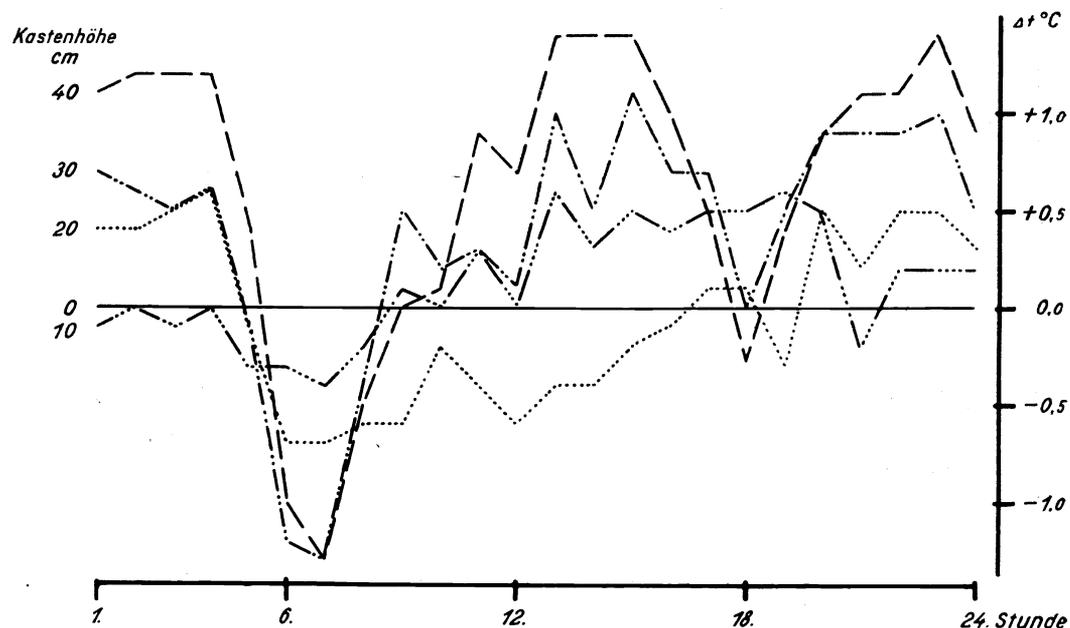


Abb. 21. Temperaturgang in verschiedenen hohen Mistbeetlagen bezogen auf die Freilandwerte.

übergewandt worden, bei dem vor allem auf die Menge der von der Blüte absorbierten Strahlung und auf die Qualität dieser Strahlung geachtet werden muß, wenn man Schlüsse auf die resultierende Temperaturwirkung ziehen will.

Eine weitere Meßreihe diente, einer Anregung Rudorfs folgend, dem Zweck, den Ursachen der Frostschäden an Obstbäumen nachzugehen (6). In der Klagenfurter Zweigstelle des Erwin-Baur-Instituts konnte beobachtet werden, daß unterhalb einer Höhe von etwa 3 m alle Blüten erfroren waren, während darüber der Baum normal abblühte. Ein bis zu der angegebenen Höhe reichender Kaltluftsee konnte in der Wörther Mulde nicht festgestellt werden. Die Vermessung der Stammtemperaturen mit der Thermonadel und eine vergleichsweise Registrierung der Lufttemperatur und der Versuchskörpertemperatur in verschiedenen Höhen über dem Schnee ergaben, daß auch in diesem Falle die Strahlung für die Schädigung verantwortlich zu machen ist. Diese durch die Reflektion vom Schnee her in den unteren Schichten besonders starke Einstrahlung erhöht die Stammtemperatur um mehr als  $20^{\circ}\text{C}$  über die Lufttemperatur. Bei einem Tagesgang der Lufttemperatur zwischen  $-20^{\circ}$  und  $0^{\circ}\text{C}$ , der im Spätwinter in Klagenfurt nicht selten eintritt, schwankt die Stammtemperatur zwischen  $+20^{\circ}$  und  $-20^{\circ}\text{C}$ .

## Windmessung

Mittelwerte der Windgeschwindigkeit (m/sec) in verschiedenen Mistbeetkästen (26. IV.—25. V. 1939)

Stunde:	0—1	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	Summe		
													Vorm.	Nachm.	
														Mittelwerte:	
Freiland . . . . .	1.4	1.4	1.3	1.3	1.4	1.6	1.9	2.0	2.2	2.4	2.4	2.5	21.6	22.4	
Kastenhöhe 10 cm . . .	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	1.9	16.0	17.5	
„ 30 „ . . .	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.5	0.6	0.8	0.9	0.8	0.8	6.3	7.5	
„ 40 „ . . .	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	6.0	6.8	
														Mittelwerte:	
Freiland . . . . .	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.8	1.2	1.5	1.6	1.6	1.8	2.0	13.2	16.0	
früherer Kastenhöhe 10 cm	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.8	1.2	1.5	1.6	1.6	1.6	1.8	13.0	15.2	
„ „ 30 „ . . .	0.4	0.5	0.5	0.5	0.3	0.6	1.1	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	11.0	13.2	
„ „ 40 „ . . .	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.9	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	9.5	11.4	

Ähnliche Verhältnisse weisen aber auch die unteren Zweige der Obstbäume auf, so daß die starke Schädigung besonders der unteren Blütenknospen verständlich wird.

In diesen Rahmen der Außenbeobachtungen fallen auch die Temperaturkontrollen in Dunkelkästen und Mistbeetlagen (11). Besonders die Temperatur- und Windgeschwindigkeitsbeobachtungen in verschiedenen hohen Mistbeetlagen dürften bei der Klärung von Anzuchtfragen und der Beurteilung der Wirkung der Mistbeete eine nützliche Anwendung vermitteln. Im Mai 1937 wurden, einer Anregung des Herrn Forstmeister Dr. Langner folgend, in verschiedenen hohen Mistbeetlagen Temperaturbeobachtungen mit RWD-Thermometern durchgeführt, in denen Kiefern ausgesät waren. Über die Temperaturunterschiede zwischen dem Freiland und den einzelnen Lagenkästen für die Meßhöhe 5 cm gibt die Abb. 21 (s. Seite 31) Aufschluß, die die Temperaturmittel für drei Sonnentage enthält. Abgesehen von dem Kasten mit 20 cm Randhöhe, der auch bei den biologischen Kontrollen ein abweichendes Verhalten zeigt, weisen die drei anderen Kästen einen doppelten relativen täglichen Temperaturgang auf, dessen Amplitude mit der Kastenhöhe zunimmt. Im Frühjahr 1939 angestellte Windgeschwindigkeitsbeobachtungen zeigen die Abnahme der Luftbewegung in den verschiedenen Kästen in der Höhe 20 cm (Tab. 9). Vergleicht man mit diesem meteorologischen Befund die Ergebnisse der Kiefernvermessung und benutzt man zum Vergleich etwa die Nadellänge und das Nadelgewicht, so erhält man die in der Tabelle 10 zusammengestellten Zahlen. Zu dieser Tabelle ist noch zu bemerken, daß die im Jahre 1937 ausgesäten und 1938 vermessenen Kiefern in den Kästen groß geworden sind (Spalte: mit Kästen) und daß zur Kontrolle des Bodeneinflusses im Jahre 1939 an denselben Stellen wiederum Kiefern ausgesät wurden, die 1940 vermessen werden konnten (Spalten: ohne Kästen). Diese zweite Aussaat stand zwar an denselben Stellen, wurde aber nicht mehr in den Mistbeetlagen gezogen; sie stand vielmehr im „Freiland“. Während die Prozentverhältnisse der auf Freiland bezogenen Nadellänge keine Unterschiede

Tabelle 10.

	Nadellänge der Kiefer in cm		% der Nadellängen der Kiefer	
	ohne Mistbeetkästen	mit Mistbeetkästen	ohne Mistbeetkästen	mit Mistbeetkästen
Freiland . . . . .	5.1 cm	7.1	100	100
Mistbeetlag 10 cm . . .	5.8	7.4	114	104
„ 20 „ . . .	4.8	6.8	96	96
„ 30 „ . . .	5.7	7.9	112	111
„ 40 „ . . .	6.0	8.1	118	114
	Verhältnis Frischgewicht zu Trockengewicht der Nadellängen		% des Frischgewichts zum Trockengewicht	
	ohne Mistbeetkästen	mit Mistbeetkästen	ohne Mistbeetkästen	mit Mistbeetkästen
Freiland . . . . .	0.34	0.15	100	100
Mistbeetlage 10 cm . . .	0.34	0.35	102	233
„ 20 „ . . .	0.33	0.31	98	206
„ 30 „ . . .	0.33	0.38	115	253
„ 40 „ . . .	0.26	0.38	78	253

in Mistbeetkästen.

Tabelle 9.

und die Vergleichswerte bei abgenommenen Kästen (26. V.—18. VI. 39).

12—13	13—14	14—15	15—16	16—17	17—18	18—19	19—20	20—21	21—22	22—23	23—24	Tages-	
												summe	mittel
26. IV.—25. V. 1939 (ohne 4. und 5. V.)													
2.4	2.4	2.4	2.2	2.1	1.9	1.7	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	44.0	1.8
2.0	1.9	1.9	1.7	1.7	1.5	1.4	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	33.5	1.4
0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	13.8	0.6
0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.3	12.8	0.5
26. V.—18. VI. 1939													
1.9	1.8	2.0	1.9	2.0	1.8	1.6	1.0	0.6	0.5	0.4	0.6	29.2	1.2
1.9	1.8	2.0	1.8	1.8	1.7	1.5	0.9	0.4	0.4	0.4	0.5	28.2	1.2
1.6	1.6	1.7	1.6	1.6	1.5	1.3	0.8	0.3	0.4	0.3	0.5	24.2	1.0
1.5	1.4	1.5	1.4	1.4	1.2	1.1	0.6	0.3	0.3	0.3	0.5	20.9	0.9

aufweisen, tritt im Verhältnis der Frisch- zu den Trockengewichten der Nadeln in den Kästen eine starke prozentuale Zunahme auf. Das bedeutet, daß der Wasseranteil der Nadeln in den Lagenkästen bedeutend höher ist als im Freiland, so daß die Hauptwirkung des Mistbeetkastens ohne Glasbedeckung in einer günstigeren Wasserführung wahrscheinlich sowohl des Bodens als auch der Pflanzen besteht. Die Herabsetzung der Luftbewegung vermindert die Verdunstung und fördert auf diese Weise das Pflanzenwachstum. Leider lassen die biologischen Versuche keine weitergehende Auswertung zu, da infolge der verschiedenen Standweite der Pflanzen in den Kästen und der zum Teil recht ungünstigen Verteilung der ausgesäten Kiefern sichere Zahlen nicht gefunden werden konnten. Dazu kommt, daß zweifellos auch innerhalb der Kästen Unterschiede im Wachstum eintreten und daß eine Abhängigkeit von der Dauer des Lichtgenusses zu bestehen scheint. Eine Ausdehnung dieser Untersuchungen unter Einhaltung strenger biologischer Vergleichbarkeit des Pflanzenmaterials in Verbindung mit Temperatur, Strahlungs- und Windgeschwindigkeitsmessungen, wenn möglich unter Kontrolle der Bodenfeuchtigkeit, dürfte noch interessante Aufschlüsse über die Technik der offenen Mistbeete liefern.

## V. Temperaturbeobachtungen in Klimaanlagen.

### 1. Untersuchungen über das Gewächshausklima.

Die Zusammenarbeit mit dem Kaiser-Wilhelm-Institut, auf die die Untersuchungen der Forschungsstelle auszurichten waren, brachte die rascheste Anwendung der Untersuchungsergebnisse bei der Behandlung der künstlichen Klimate, deren Untersuchungen in enger Zusammenarbeit mit Rudorf in Angriff genommen wurden. Die Durchführung von Selektionsarbeiten auf züchterischem Gebiete ist im Freiland nicht immer in dem Ausmaße und mit der Regelmäßigkeit möglich, die ein rasches Voranschreiten der Züchtungsarbeiten möglich macht. Es war daher nötig, die im Freiland fehlende Prüfmöglichkeit durch Laboratoriumsauslesen zu ersetzen. Ferner sind gewisse Kreuzungsarbeiten stark vom Wetter abhängig, so daß der Züchter darauf bedacht sein muß, sich die optimalen Bedingungen für seine Arbeit zu schaffen. Eine Überprüfung dieser künstlichen Klimate darf sich aber nicht nur auf die Festlegung der Temperatur- und Feuchtigkeitswerte oder anderer gerade wichtiger meteorologischer Elemente beschränken, sie muß darüber hinaus die im künstlichen Klima bestimmten Meßgrößen zu den im Freiland auftretenden Werten in Beziehung setzen und die natürliche und künstliche Klimastruktur aufeinander beziehen. Gerade auf die Abweichungen vom natürlichen Klima kommt es bei der Vermessung von Klimaanlagen an. So sind die anscheinend ohne Beziehung zur landwirtschaftlichen und züchterischen Praxis angestellten mikroklimatischen und bestandsklimatischen Untersuchungen, die bereits geschildert wurden, die wichtigste Voraussetzung für die Behandlung aller bei der Bearbeitung der künstlichen Klimate auftretenden Fragen. Es wird bei allen solchen Untersuchungen darauf ankommen, neben der Festlegung der tatsächlich erreichten Temperaturen auch die Temperaturschichtung zu bestimmen und zum natürlichen Klima in Vergleich zu setzen. Daß diese gewächshausklimatischen Untersuchungen erst nach der Entwicklung und der Erprobung des mikroklimatischen Instrumentariums, insbesondere der RWD-Thermometer möglich war, braucht an dieser Stelle nicht besonders betont zu werden. Die geschilderte Entwicklungsarbeit am Meßgerät hat auch für diese raumklimatischen Arbeiten eine ganze Menge Schwierigkeiten beseitigt. Ohne ein praktisch strahlungsfreies Thermometer sind Temperaturuntersuchungen in besonnten Gewächshäusern nur bei der Beachtung von Vorsichtsmaßnahmen möglich.

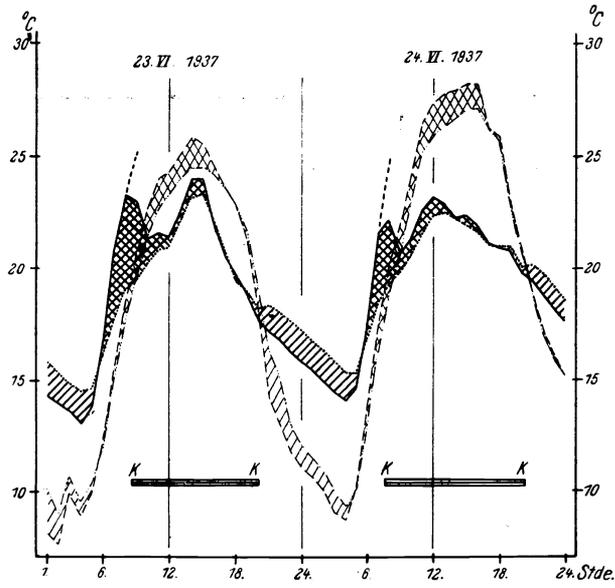


Abb. 22. Temperaturgang in einem bewetterten Gewächshaus und an einer mikroklimatischen Basisstation. (Dicke Kurven: Temperatur im Gewächshaus: ausgezogen: 45 cm über dem Tablett; punktiert: 30 cm über dem Erdboden. Dünne Kurven: Freiland: gestrichelt: 10 cm über dem Erdboden; gestrichelt punktiert: 50 cm über dem Boden. Dreifachlinie mit K: Zeitdauer der Bewetterung.)

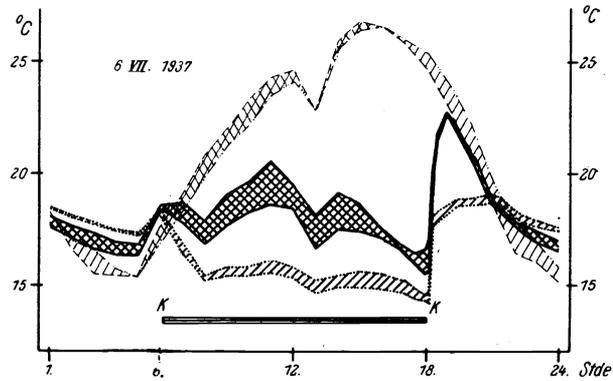


Abb. 23. Temperaturgang in einem bewetterten Gewächshaus und an einer mikroklimatischen Basisstation (Bezeichnung der Kurven: Siehe Abb. 22.)

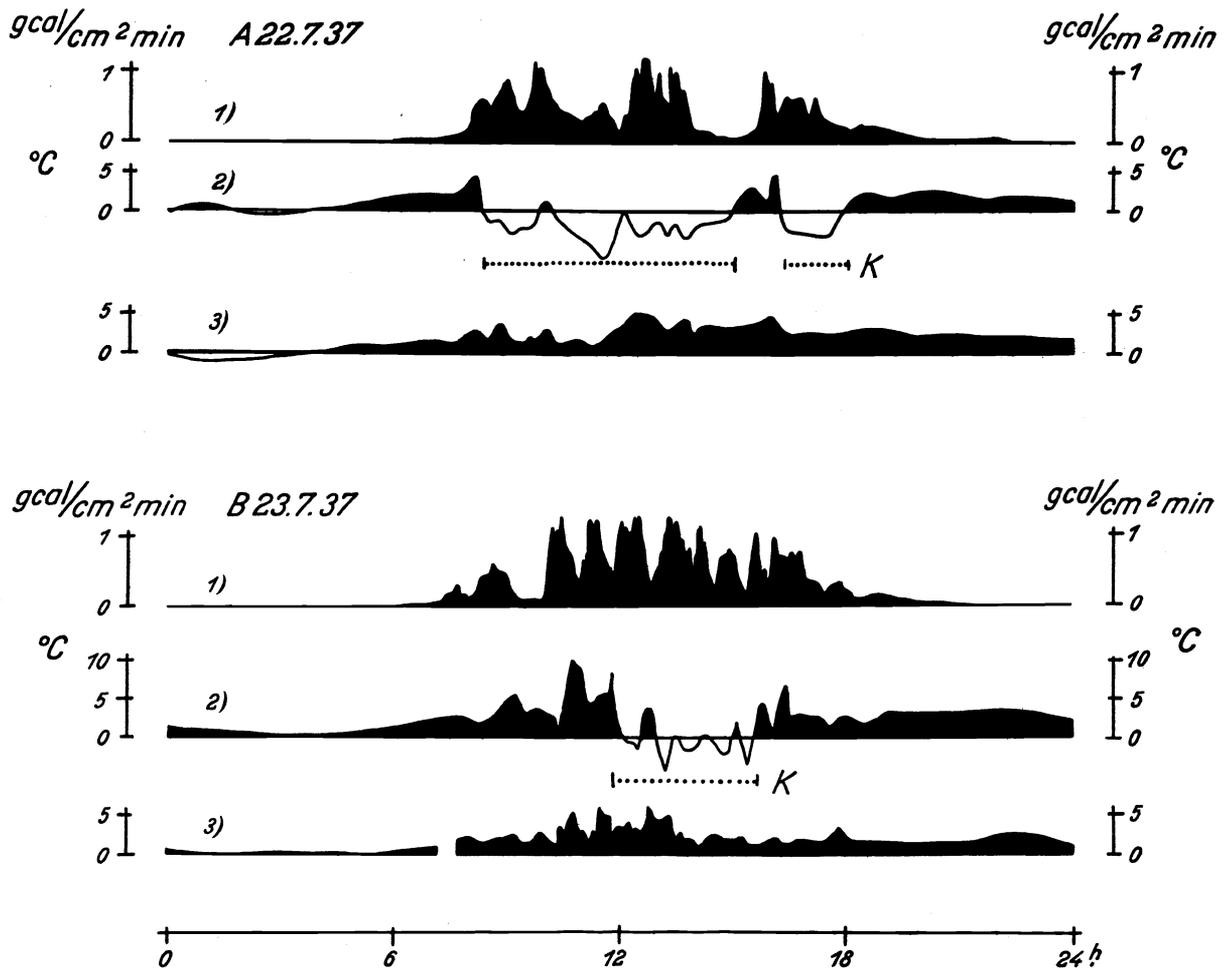


Abb. 24. Temperaturunterschiede zwischen dem Freiland (50 cm Höhe) und den Meßpunkten über den Mitteltischen eines bewetterten und eines nichtbewetterten Gewächshauses am 22. und 23. Juli 1937. (1. Zustrahlung nach Aktinograph Robitzsch. 2. Bewettertes Haus; punktierte Linie: Bewetterung in Betrieb. 3. Gewöhnliches nicht bewettertes Haus.)

Die Ab. 22 zeigt den Temperaturgang in einem bewetterten Gewächshaus im Vergleich zu den im Freiland beobachteten Werten (12). Die tägliche Temperaturschwankung wird in dem bewetterten Haus stark herabgesetzt und die im Gewächshaus eingestellte Solltemperatur von etwa  $23^{\circ}\text{C}$  läßt sich im Stundenmittel recht gut einhalten. Daß der Betrieb eines bewetterten Hauses auch eine Anpassung an die Wetterlage erfordert, zeigt die Abb. 23. Durch vorzeitiges Abschalten der Bewetterung wird am Abend ein zweites Temperaturmaximum erreicht, das im angeführten Falle weit über das Tagesmaximum hinausreicht. Die drei Temperaturbänder zeigen den Wertebereich, der von jeweils drei Meßstellen überstrichen wird. Die eine Gruppe der Thermometer lag dabei 45 cm über den Gewächshaustischen; die zweite Gruppe unter den Tischen 30 cm über dem Erdboden. Zum Vergleich dazu wurden die Aufzeichnungen in 10 und 50 cm Höhe über dem Boden an einer mikroklimatischen Basisstation mitgeteilt. Bei sachgemäßer Bedienung der Bewetterung lassen sich solche Unterschiede gegen die Freilandbedingungen leicht vermeiden. Die Temperaturbeobachtungen dienen vor allem dem Zweck, Unterlagen für den Betrieb der Häuser zu schaffen und bei dieser Gelegenheit die von der Herstellerfirma garantierte Kühlleistung nachzuprüfen.

Darüber hinaus interessierte die Frage, wie hoch im Vergleich zum bewetterten Haus in einem normalen, belüfteten aber nicht bewetterten Gewächshaus die Temperaturen liegen würden und wie der Temperaturgang aussehen würde. Die Abb. 24 (s. Seite 34) zeigt den Unterschied des täglichen Temperaturganges zwischen den Freilandwerten in 50 cm Höhe über dem Boden und den Temperaturen in 45 cm Höhe über den Mitteltischen der Gewächshäuser. Zur Beurteilung dieser Differenzkurven sind die Aufzeichnungen des Aktinographen Robitzsch mit eingetragen worden. Der Verlauf der Temperaturdifferenzkurven zeigt vor allem, daß im bewetterten Haus gegenüber dem normalen Gewächshaus eine starke Glättung der Temperaturkurve stattfindet. Die den größeren Temperaturschwankungen überlagerten kurzperiodischen Änderungen werden durch die Bewetterung unterdrückt. Leider läßt die verschiedene Punktfolge der Punktschreiberaufzeichnungen (10 sec. und 30 sec.) keine zahlenmäßige Auswertung der Bandbreite der Temperatur zu, so daß ein Vergleich der Temperaturstreuung nicht möglich war. Es zeigt sich jedoch, daß durch die Bewetterung kleinere Bewölkungsschwankungen und damit kleinere Schwankungen in der Zustrahlung kompensiert werden können. Den wichtigsten Unterschied zwischen Freiland und Gewächshaus findet man bei der Betrachtung der vertikalen

Temperaturschichtung, über die die Abb. 25 unterrichten soll. Während im Freiland die höchste Temperatur in Bodennähe eintritt, weist die Luft im Gewächshaus ihre größte Erwärmung unter dem Glasdach aus, weil sich dort die von den Tischen und vom Boden aufsteigende Warmluft sammelt. Die Bewetterung ist nicht in der Lage, aus allen Ecken die warme Luft abzusaugen, sie müßte zu diesem Zwecke direkt in den Dachfirst eingebaut werden. Von unten strömt die Kaltluft zu und sorgt für eine dauernde Abkühlung des Bodens und der Gewächshaustische. Solange es nicht möglich ist, den Umsatz von Zustrahlung in Wärme aus dem Gewächshaus herauszunehmen und trotzdem eine ausreichende Lichtausbeute zu sichern, solange wird man an der in der Abb. 25 angegebenen schematischen Temperaturverteilung nichts ändern können, denn auch eine erhöhte Umlaufgeschwindigkeit der Kühlluft kann die Erwärmung der Luft nicht verhindern sondern nur abschwächen. Die gewächshausklimatischen Arbeiten lassen sich in dieser Richtung noch weiter ausbauen mit dem Ziele, die Rentabilität solcher Häuser zu erhöhen. Weitere Untersuchungen über die Abwandlung dieser Temperaturverteilung unter dem Einfluß des im Gewächshaus aufgestellten Pflanzenmaterials stehen noch aus, sie werden, vergleichsweise im Freiland, in einem bewetterten und in einem der üblichen Gewächshäusern angestellt, weitere Aufschlüsse über das Bestandsklima unter verschiedenen äußeren Bedingungen geben können.

Ebenso wird der Frage der Einordnung des winterlichen Gewächshausklimas Beachtung geschenkt werden müssen, da die Heizung des Hauses nicht nur eine Erhöhung der Temperatur sondern auch eine Veränderung des täglichen Ganges und der Tagesamplitude nach sich zieht. Hier wären vor allem die biologischen Auswirkungen dieser Veränderung genauer festzulegen. Wenn der Photoperiode eine so große Bedeutung für den Ablauf des Pflanzenwachstums zukommt, so wird man die Frage stellen dürfen, ob diese Lichtwirkung nicht sekundär eine Temperaturwirkung auslöst, da sich die Organtemperaturen unter dem Einfluß der Zustrahlung erhöhen. Damit wird aber auch der Wärmegenuß der Pflanze geändert, so daß die Einwirkung der Tagesschwankung der Temperatur und auch der Einfluß der Temperaturstreuung einer Prüfung würdig erscheint. Auch Fragen der Abhärtung der Pflanzen als Vorbehandlung für Selektionen auf Frostwiderstandsfähigkeit spielen hier herein.

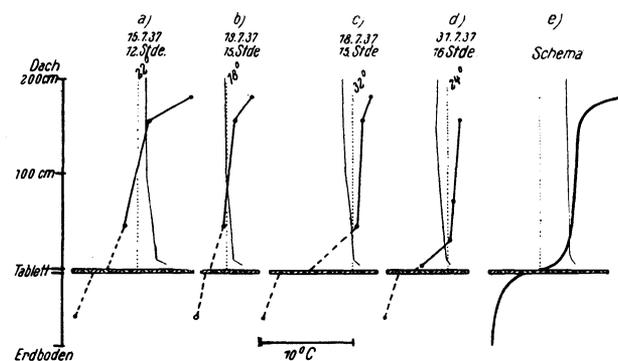


Abb. 25. Temperatur-Höhen-Kurven in einem Gewächshaus. a), b) und d) bewettert; c) nicht bewettert. Die punktierten Isothermen beziehen sich auf die Gewächshaustemperatur. Dünne Linien: Vertikalaufbau der Temperatur im Freiland ohne Angabe der absoluten Höhe der Temperatur.)

## 2. Temperaturbeobachtungen in einem ventilierten Kühlschrank.

Eine Erweiterung erfuhren die Untersuchungen wiederum auf Anregung von Rudolf durch die Einbeziehung eines ventilierten Kühlschrankes in die Beobachtungen. Diese Prüfung diente dem Zweck, einen Einblick in die Temperaturbedingungen zu bekommen, denen die Pflanzen bei Frostprüfungen ausgesetzt werden. Über die in einem Kühlschrank mit mehreren übereinander liegenden Fächern und seitlicher Kühlung herrschenden Temperaturen unterrichtet die Abb. 26. Der Kühlschrank ist zweiteilig und besitzt auf jeder Seite sechs Fächer. Über dem rechten Teile des Schrankes steht ein Ventilator, der die im Schrank lagernde gekühlte Luft umwälzen soll. Eingebaute Luftführungsschächte sollen für gleichmäßige Belüftung und damit für eine gleichmäßige Kühlung des einzubringenden Pflanzenmaterials sorgen. Zunächst wurden die Temperaturen in den verschiedenen Fächern bestimmt, ohne daß an der Luftführung, wie sie die Herstellerfirma eingebaut hatte, etwas geändert worden wäre.

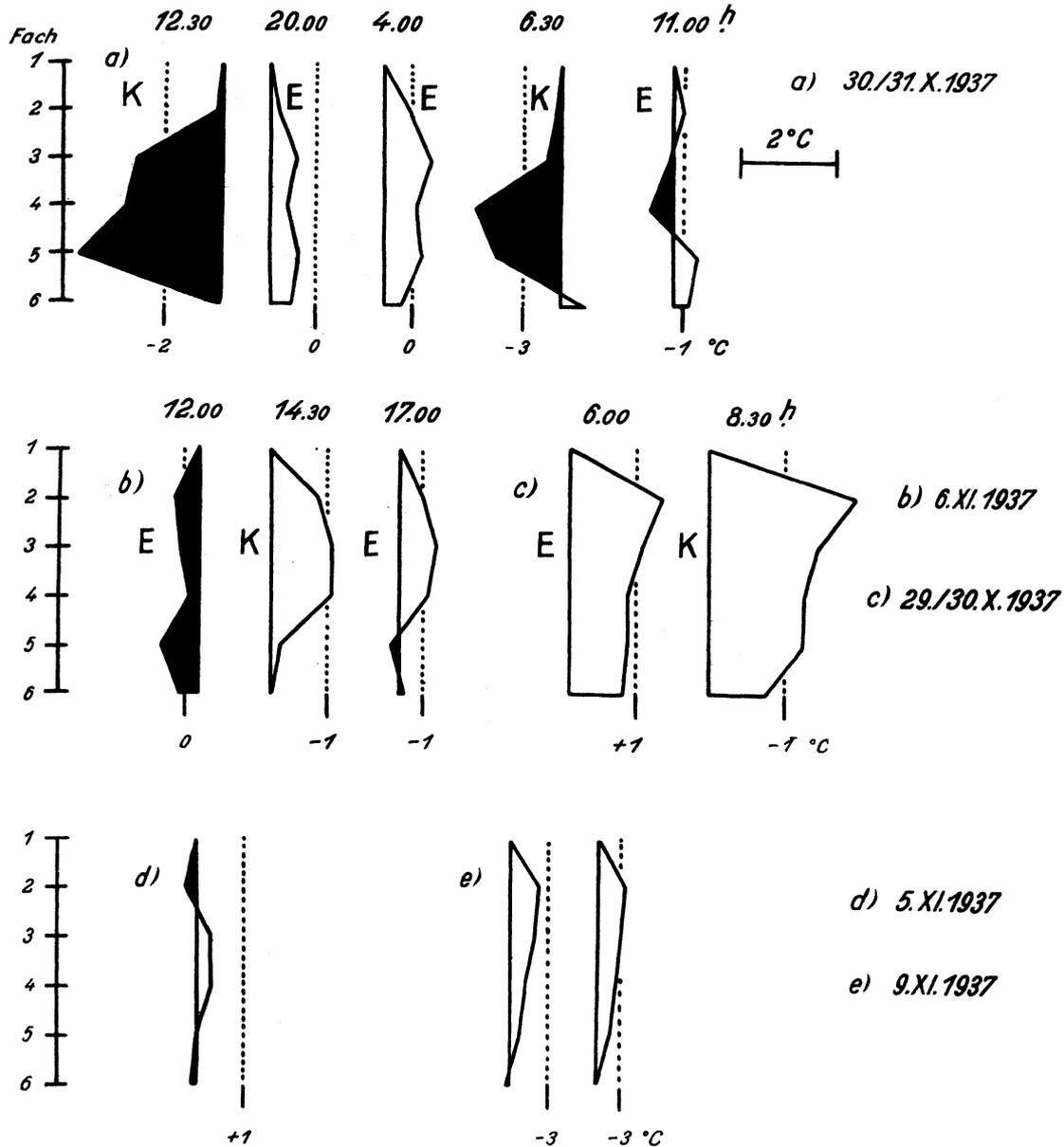


Abb. 26. Temperaturen in den verschiedenen Fächern eines ventilierten Kühlschrankes bei verschiedener Behandlung des Schrankes. a) Betrieb mit von der Lieferfirma eingebauter Belüftungsanlage. Linke Seite des Schrankes. b) Mit eingebauten Luftführungsklappen ohne selektive Drosselung der Ventilation in den verschiedenen Fächern. Linke Schrankseite. c) wie b) Rechte Schrankseite. d) Mit Luftführungsklappen und verschiedener Drosselung der einzelnen Fächer. Ohne Kühlgut. e) wie d) mit Kühlgut beschickt. K: Kühlphase. E: Erwärmungsphase nach der Kühlung.

Die Temperaturen in den einzelnen Kühlschrankfächern wurden in der Form des Temperatur-Höhen-Diagramms dargestellt, da die Fächer übereinander liegen und bei einer solchen Darstellung die vertikale Temperaturschichtung zum Ausdruck kommt. Die mit K bezeichneten Diagramme sind während der Kühlphase, die mit E bezeichneten in der darauffolgenden Erwärmungsphase gewonnen worden. Alle Temperaturen wurden auf die des obersten Faches bezogen und die negativen Abweichungen durch Schwärzung der Felder gekennzeichnet.

Die Kurven der Abb. 26a) geben ein anschauliches Bild für die Verschiedenheit der Temperatur in einem solchen Raum. Die einzelnen Fächer sollen zur Selektion von Getreide und anderen Kulturpflanzen auf Frostfestigkeit benutzt werden. Bei Temperaturunterschieden von 2—3° C ist eine einwandfreie Selektion nicht möglich. In den Kästen 4 und 5 werden Temperaturen erreicht, die die Minima der anderen Kästen um mehr als 1° C unterschreiten. Die Temperatur von —2° C wird am 31. X. 1937 beispielsweise in dem

Kasten 1	während der Zeitdauer von rund 1/2 Stunde unterschritten. Für
„ 2	gilt rund 1/2 „
„ 3	1 „
„ 4	2 1/2 „
„ 5	1 1/2 „ . Sie wird im
„ 6	gar nicht erreicht.

Da die Frostfestigkeit nicht nur eine Funktion der Temperatur sondern auch eine Funktion der Andauer bestimmter Temperaturen ist, so kann mit solchen Unterschieden im Temperaturablauf der verschiedenen Fächer kaum eine brauchbare Selektion durchgeführt werden. Die Einlaßöffnung für die den einzelnen Fächern zugeführte Luft wurde von Ullrich mit Führungsklappen versehen. Es wurde auf diese Weise die Ventilation in den einzelnen Fächern

gleich groß gemacht. Die thermische Auswirkung dieser Veränderung zeigen die Kurven b) und c) der Abb. 26 für die linke und die rechte Hälfte des Kühlschranks. Jetzt ist zum mindesten erreicht worden, daß das Fach 6 auch mit heruntergekühlt werden kann. Das oberste Fach wird dabei zu kalt. Annähernd die gleiche Temperatur halten nur die Fächer 2, 3 und 4. Sie liegen wenigstens auf der linken Schrankseite immer noch 1° C höher als die drei übrigen Fächer. Rechts fällt besonders das Fach 1 nach unten und das Fach 2 nach oben heraus. Beim Beginn der Kühlung, also beim neuen Durchlaufen der kalten Sole durch die seitlich liegenden Kühlrohre, ist eine starke Schichtung vorhanden, die beim Betrieb nicht grundsätzlich geändert wird. Sie stellt für diese Art der Ventilation den stationären Fall dar: Drosselt man nunmehr den Luftstrom in den einzelnen Fächern verschieden stark ab, so läßt sich tatsächlich weitgehend Isothermie über den gesamten Kühlschrank hinweg erreichen (Abb. 26d). Schließlich ist in die Abb. 26 noch eine Kurve aufgenommen worden, die sich bei der Beschickung der Fächer mit Kühlgut ergab. Die Temperaturunterschiede halten sich innerhalb der Grenze von einem Grade. Am stärksten fallen die extremen Kästen, also der obere und der untere heraus. Ihre Temperaturen liegen im Mittel ein halbes Grad unter denen der übrigen vier Fächer. Schaltet man, wie das bei den biologischen Untersuchungen später auch geschehen ist, diese Kästen von der Beschickung mit Pflanzenmaterial aus, so kann erreicht werden, daß in den vier zur Prüfung verbleibenden Fächern von Fach zu Fach nur Temperaturunterschiede von 0,5° C auftreten.

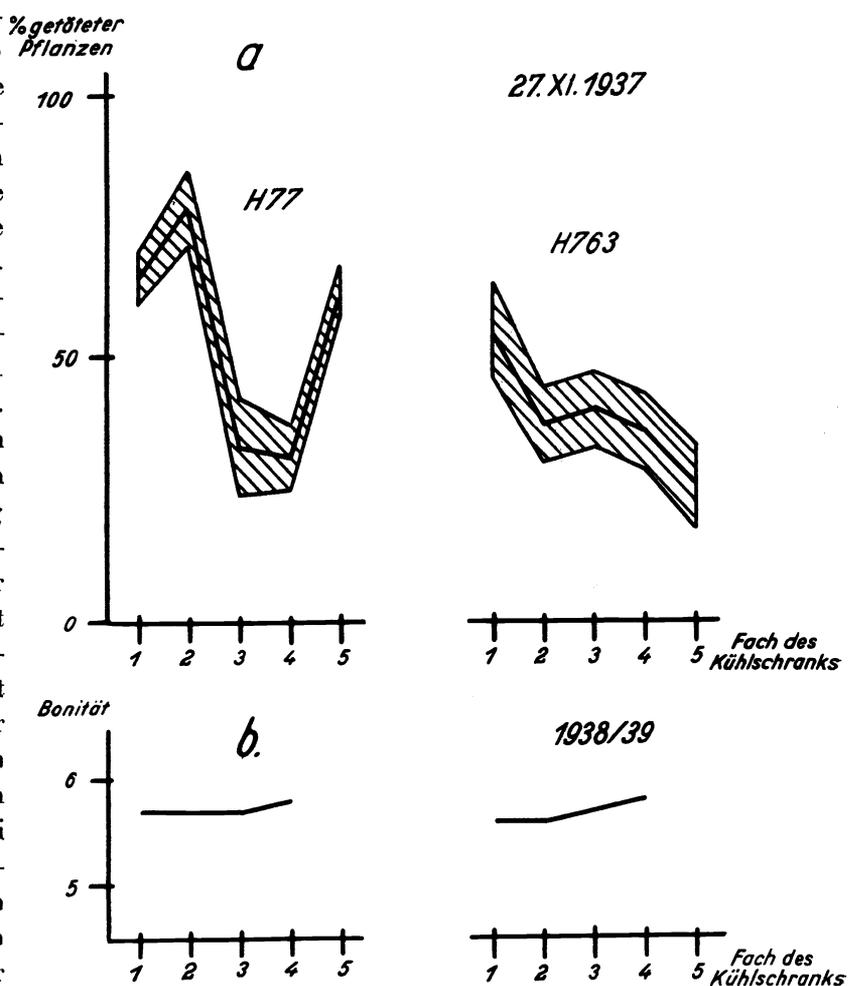


Abb. 27. Frostschäden zweier Wintergerstensorten in den verschiedenen Fächern eines Kühlschranks. (a) 1937. Prozente beim Kühlversuch getöteter Pflanzen in einem ventilierten Kühlschrank mit Luftführungsklappen und Luftdrosselung. b) 1938/39. Bonität der Frostschäden in mit Papier zugedeckten Pikierkästen eines wie bei a) behandelten Schrankes. H 77: Friedrichswerther Berg. H 763: Mocin.)

Mit einer so abgeglichenen Anlage ließen sich vom Temperaturstandpunkt aus hinreichend genaue Frostuntersuchungen anstellen, wenn nicht die Austrocknung des Pflanzengutes in die Prüfungen hineinspielen würde. Die Kühlluft wird von den Kühlröhren zwar nur auf die eingestellte Temperatur heruntergedrückt. Die Kühlsole nimmt aber eine Temperatur an, die weit unter der Raumtemperatur liegt. An dem Kühler schlägt sich also der bei

der vorgegebenen Solentemperatur von etwa  $-25^{\circ}\text{C}$  überflüssige Wasserdampf ab. Dies führt mit der Zeit zu einer starken Austrocknung des Kühlschranks und damit des Kühlgutes. Da zur Erreichung gleicher Temperaturen in den einzelnen Fächern verschieden stark ventiliert werden muß, so unterliegen die Pflanzen in den verschiedenen Fächern auch verschiedener Austrocknung und im Endeffekt einer verschieden starken Schädigung. Eine von v. Rosenstiel freundlichst überlassene Zusammenstellung der Auswinterungsunterschiede zweier Standardsorten von Wintergerste zeigt daher zwar eine Verbesserung der Selektionsmethode durch die Luftführung im Schrank, ohne daß es gelungen wäre, die Prüfmethode hinreichend zu sichern. In der Abb. 27a) sind die Auswinterungsschäden zweier Sorten für die oberen fünf Fächer dargestellt worden. Als Bezugswerte für die Prüfungen dienten die Sorten H 77 (Friedrichswerther Berg) und H 763 (Mocin), von denen die Prozentzahlen der die Prüfung überlebenden Pflanzen eingetragen worden sind. Zur Beurteilung des Fehlers mit dem diese Zahlen behaftet sind, wurde ein Schadenband eingetragen, dem die Annahme zugrunde liegt, daß eine Unsicherheit um wenigstens eine Pflanze bei der Auszählung der getöteten Individuen bestehen bleibt. Die in den Fächern verschieden großen Frostschäden an diesem genetisch einheitlichen Material können sich nur aus der Versuchsanstellung ergeben, selbst wenn man sortentypische Unterschiede für die verschiedene Form der Schadenbänder verantwortlich machen will. Der bei gleicher Temperatur verschiedenen Ventilation in den Fächern sind wohl im Wesentlichen die Differenzen in der Auswinterung der Bezugssorgen zuzuschreiben. Es wurde daher vorgeschlagen, die Pflanzen mit Papier zu bedecken. Sie standen dann unter denselben Temperaturen und sie waren auch derselben Luftbewegung ausgesetzt, d. h. sie wurden bei Windstille gekühlt. Die Ergebnisse dieser im Winter 1938/39 vorgenommenen Kühlversuche zeigt in ihrer Auswirkung auf den Standort die Abb. 27b). Diesen Kurven lag zwar eine andere Abschätzung der Frostschäden zugrunde. Immerhin ist wohl anzunehmen, daß der viel gleichmäßigere Verlauf der Schadenskurve nicht ausschließlich auf die Bonitiermethode sondern zum guten Teile auch auf die Änderung der Versuchsbedingungen zurückgeht. Die Gleichheit von Temperatur und Windbewegung ist demnach bei Prüfungen auf Frostwiderstandsfähigkeit einzuhalten.

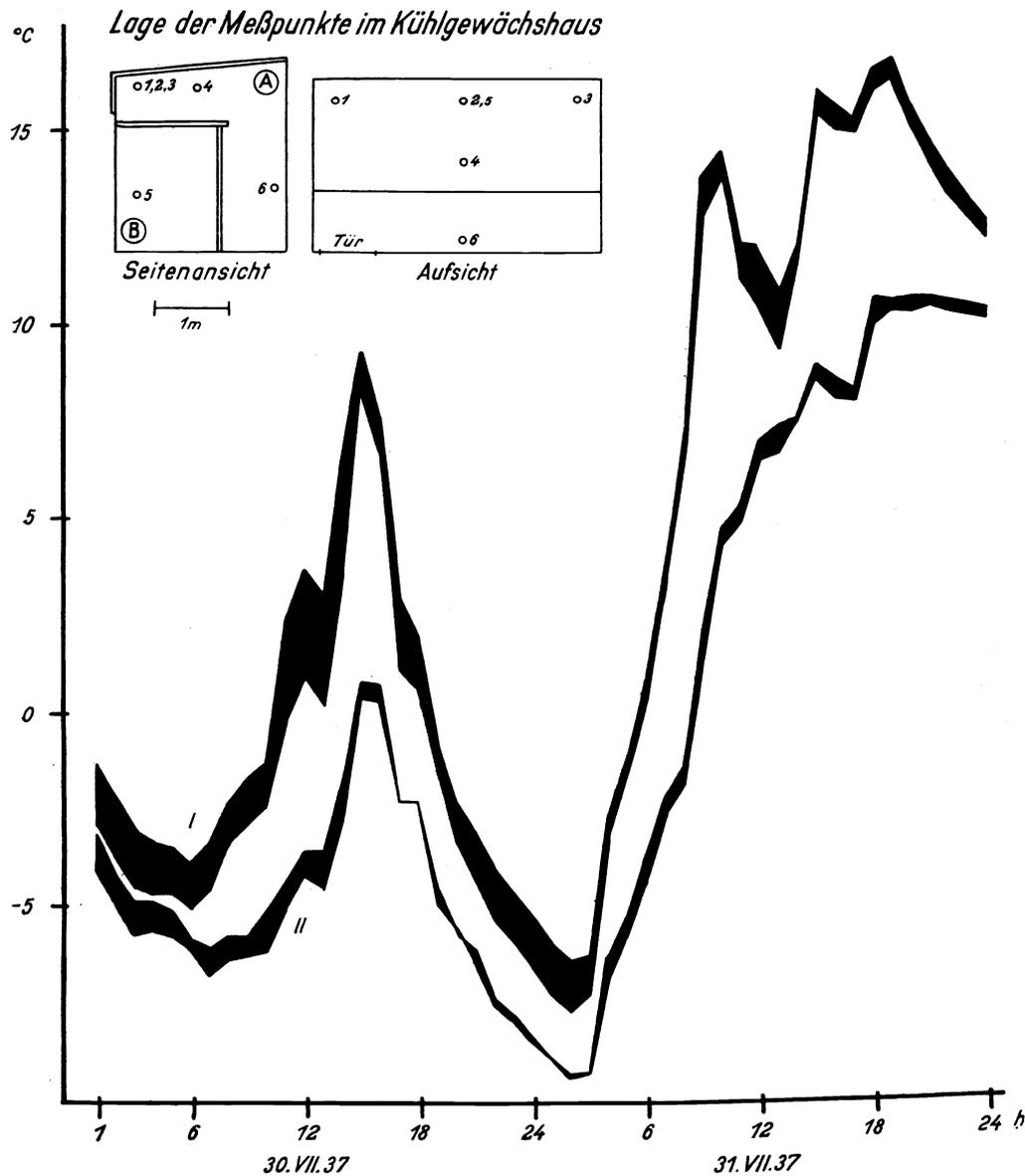


Abb. 28. Temperaturgang in einem Tiefkühlgewächshaus am 30./31. Juli 1937. (Stundenmittel der Temperatur. Temperaturband I: Temperaturbereich der von den Meßstellen 1—4 überstrichen wird. Temperaturband II: Temperaturbereich der Meßstellen 5 und 6. Schwarz ausgelegt: 6 wärmer als 5. A. Kaltluftzuführung im Tiefkühlgewächshaus. B. Anemostaten zum Absaugen der Gewächshausluft.)

### 3. Temperaturbeobachtungen in einem Tiefkühlgewächshaus.

Eine ähnliche Fragestellung lag bei der Vermessung eines neu erstellten Tiefkühlgewächshauses vor. In diesem Gewächshaus sollen die zu untersuchenden Pflanzen Temperaturen ausgesetzt werden, die bis zu  $-20^{\circ}\text{C}$

unter der Freilandtemperatur liegen können. Man kann in einem solchen Hause im Frühjahr und Herbst unter den für die Anzucht im Freiland geltenden Lichtbedingungen noch Gefrierversuche anstellen, wenn draußen keine Frostgrade mehr auftreten. Solche Selektionen sind auch durchgeführt worden. Die Kaltluft wird oben in das Haus eingblasen und am Boden wieder abgesaugt. Gleich zu Beginn der biologischen Arbeiten stellte sich diese Schaltung des Luftstromes als ungeeignet heraus. Die von Rudolf veranlaßte Nachprüfung mit dem Thermometer ergab die in der Abb. 28 zusammengestellten Temperaturgänge. Dieser Abbildung liegen Stundenmittelwerte zugrunde; sie gibt also nur die großen Züge des Temperaturverlaufes in der Einschaltphase der Kühlung an. Die Verteilung der Thermometer ist in der Abb. 28 mit angegeben worden. Die Meßstellen 1, 2, 3 liegen auf dem beim biologischen Versuch die Pflanzen tragenden Gerüst ziemlich weit hinten, 4 liegt mit diesen Thermometern in gleicher Höhe aber mehr in der Mitte des Hauses. 5, unter 2 liegend, gibt die Temperaturen des gleichen Niveaus wie das Thermometer 6 unter dem Eintrittsrohr der Kühlluft. Die Temperaturschichtung im Raume ist recht groß. Besonders die vertikalen Differenzen nehmen recht hohe Werte an. Die eingedrückte Kaltluft fließt praktisch sofort über die Anemostaten wieder ab. Wenn man auch in einem gekühlten Gewächshaus immer mit einer vertikalen Schichtung rechnen muß, die besonders unter dem Einfluß der Besonnung am Tage recht groß sein wird, so sollten in einem Kühlgewächshaus wenigstens in der Nacht die Gradienten klein gehalten werden können. Der große vertikale Temperaturunterschied am Tage, der in den Stundenmitteln fast  $10^{\circ}\text{C}$  beträgt, ist wohl weniger bedenklich als die Temperaturdifferenz von mehr als  $2^{\circ}\text{C}$  in der Nacht, also zu einer Zeit.

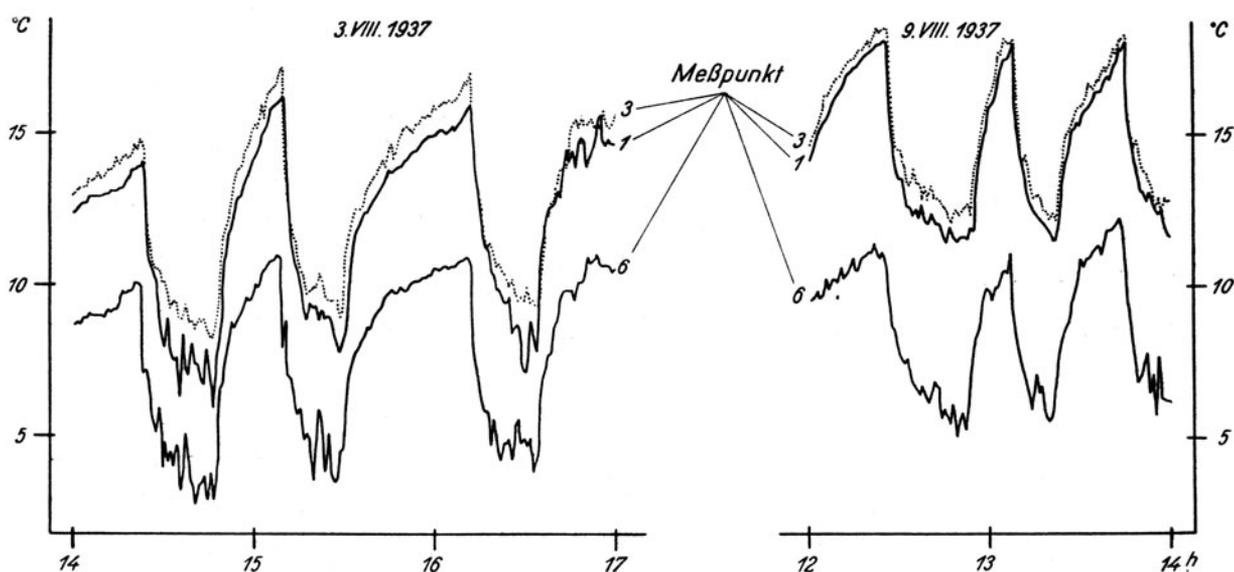


Abb. 29. Temperaturgang in einem Tiefkühlgewächshaus in den Tagesstunden des 3. und 9. August 1937 an drei ausgewählten Meßpunkten. (Lage der Meßpunkte: Siehe Abb. 28.)

in der dem Haus außer durch die Wärmeleitung durch die dreifache Deckenverglasung und die gut isolierten Wände keine Wärme zugeführt wird. Die Kühlung war im vorliegenden Falle auf  $-11^{\circ}\text{C}$  eingestellt und schaltete sich bei der Erreichung dieser Temperatur am Schaltthermometer wieder ab. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, wird diese niedrige Temperatur nicht einmal am Meßpunkt 6 erreicht, obwohl das Schaltgerät nur wenige Dezimeter über der Meßstelle 6 lag. Über dem im Haus angebrachten Gestell, auf die Einrichtung eines Tisches war zur Erzielung einer möglichst freien Umströmung der Pflanzenkästen verzichtet worden, werden die eingestellten  $-11^{\circ}\text{C}$  überhaupt nicht erreicht. Darüber hinaus herrscht an den verschiedenen Punkten des vorgegebenen Niveaus nicht einmal dieselbe Temperatur. Die Unterschiede betragen in der Kühlphase im Stundenmittel mehr als  $1^{\circ}\text{C}$ . Eine so große Differenz erschwerte die Selektion und muß zwangsläufig zu verschiedenen Ergebnissen führen je nach der Stelle, an der die zu prüfenden Pflanzen aufgestellt werden. Zur weiteren Veranschaulichung der im Gewächshaus sich einstellenden Temperaturen seien die Temperaturgänge der Meßstellen für einige Tagesstunden bei einer Raumeinstellung auf  $+6/+11^{\circ}\text{C}$  angeführt (Abb. 29). Das Gewächshaus wurde während dieser Zeit stark beschattet, so daß sich Bewölkungsschwankungen im Temperaturgang nicht mehr groß auswirken konnten, obwohl diese Schwankungen ausweislich der Registrierung des Aktinographen Robitzsch recht beträchtlich waren und sich in einem weniger stark beschatteten Gewächshaus auch beim Betrieb der Bewetterung ausgewirkt haben würden. In dieser ursprünglichen Form ließ sich das Gewächshaus daher für Selektionszwecke nicht benutzen. Einem Vorschlage Ullrichs folgend, wurde vor dem Gerüst ein Tuch ausgespannt, so daß dort ein Kaltluftsee entstehen mußte. Die aus dem Zuflußrohr austretende Kaltluft soll sich in diesem Staubecken

sammeln und dann aus ihm herausfließend die Oberseite des Gerüsts überstreichen, ehe sie von den Anemostaten abgesogen wird. In der Praxis streicht aber ein beträchtlicher Teil der eingeführten Kühlluft direkt über die Pflanzen. Mit dieser Methode ließ sich jedoch trotz der Anwendung weiterer Vorsichtsmaßnahmen, wie Drosselung der Anemostaten, immer noch keine Horizontalisothermie erzwingen, wie die Abb. 30 (s. Seite 40) zeigt. Am Tage bei Erwärmung des ganzen Hauses und abgestellter Bewetterung stellt sich die gleiche Temperatur an den verschiedenen Stellen eines vorgegebenen Niveaus leichter ein. In der nächtlichen Kühlphase sind dagegen weiterhin starke horizontale Temperaturdifferenzen vorhanden, die in dem angeführten Beispiel des 25. 5. 1940 mehrere Grade

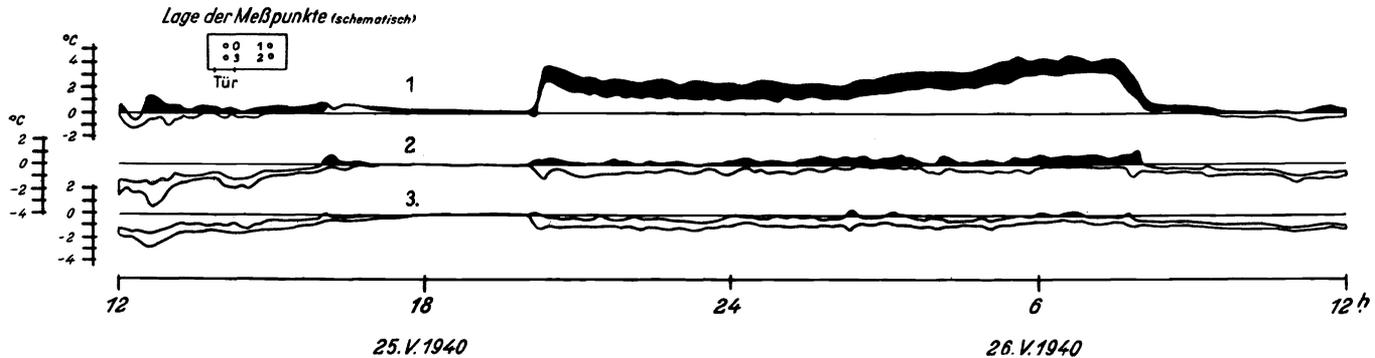


Abb. 30. Horizontale Temperaturunterschiede in einem Tiefkühlgewächshaus mit Führung der Kaltluft. (Bezugswert: Meßstelle 0. Lage der Meßpunkte 1—3 schematisch. Niveau: ca. 15 cm über dem Tischgestell.) Schwarz: Temperatur über dem Bezugswert.

betragen können. Eine brauchbare Temperaturgleichheit in einer bestimmten Höhe wird man wahrscheinlich leichter erreichen können, wenn man den Luftumlauf in der anderen Richtung vornimmt. Die Kühlluft würde dann am Boden in das Gewächshaus eintreten und unter dem Glasdach abgesogen werden. Das wäre dann dieselbe Behandlung, die sich in den übrigen bewetterten Häusern durchaus bewährt hat. Wenn man darüber hinaus das Absaugen der erwärmten Luft an der höchsten Stelle des Raumes vornehmen könnte, so wäre die technisch brauchbarste Lösung erreicht. Man sollte allerdings von der Luftabnahme aus runden Anemostaten absehen und dafür Anemostaten entwickeln, die längs des Gewächshausfirstes vielleicht als Tragröhre für das Haus selbst nach dem Vorbild der Schalenbauweise aufgebaut, für eine gleichmäßige Entlüftung sorgen.

#### 4. Temperaturbeobachtungen in einem deckengekühlten Glaskasten (Stille Kühlung).

Die wenig günstigen Erfahrungen, die mit den vorhandenen Kühlanlagen bezüglich ihrer biologischen Verwertbarkeit gemacht worden waren, boten Veranlassung, Richtlinien für den Aufbau einwandfreier arbeitender Kühlhäuser zu suchen. Es wurde in engem Einvernehmen mit den interessierten Herren des Erwin-Baur-Instituts einmal die Frage näher beleuchtet, welche Forderungen an eine zu erbauende Klimaanlage gestellt werden müssen, deren Zweck die Massenauslese auf Frostfestigkeit sein soll. Eine grundlegende Voraussetzung für die Behandlung dieser Frage waren die Untersuchungen über den Temperaturverlauf in erfrierenden Blättern, die gemeinsam mit Ullrich angestellt worden (13, 14). Aus diesen Untersuchungen ist für die Selektionsmethodik die Feststellung wichtig, daß die Blätter eine starke Unterkühlung unter ihren Gefrierpunkt aushalten können. In einzelnen Fällen betrug diese Unterkühlung bis  $5^{\circ}\text{C}$ . Es erhob sich die Frage, ob bei der Selektion in erster Linie auf die Unterkühlung der Blätter zu achten sei oder ob diese Unterkühlung auf jeden Fall ausgeschaltet werden muß. An der Klärung dieser Frage vom physikalischen Standpunkt aus mitzuarbeiten, ist wohl die wichtigste Aufgabe solcher Temperaturbeobachtungen. Hier stehen Beobachtungen im Freiland noch aus; sie können die Entscheidung darüber bringen, wie die künstliche Selektion vorzunehmen ist. Die bisherigen Beobachtungen am Rizinus machen eine Unterkühlung auch im Freiland wahrscheinlich, beweisen sie aber noch nicht. Man wird zu unterscheiden haben zwischen Blättern in Bodennähe und solchen, wie etwa beim Rizinus, in größerer Entfernung vom Erdboden, wenn man der Frage der Unterkühlungsfähigkeit im Freiland nachgehen will. Es mußte aber auch im Kühlversuch angestrebt werden, die im Freien geltenden Bedingungen zu erreichen. Neben der Temperatursenkung mußte den Blättern die Wärmeabstrahlung gegen eine Fläche niedriger Temperatur möglich sein. Dann erst konnte erwartet werden, daß neben der Untertemperierung, die im Freien auftreten kann, auch die übrigen, den Wärmeausgleich steuernden Faktoren, wie die Belüftung, im Kühlversuch erfaßt werden können. Durch stille Kühlung sollte so eine windstille Ausstrahlungsnacht nachgeahmt werden. Das Experiment wurde in der Weise vorgenommen, daß in einem Glasgefäß zunächst eine einzige Pflanze aufgestellt wurde, deren Oberflächentemperatur in Abhängigkeit von der Temperatur der umgebenden Luft zu bestimmen war. Gleichzeitig konnte die Lufttemperatur in verschiedenen Höhen über dem eingebrachten Boden bestimmt werden. Analog zum Freiland, in dem die Abstrahlung beim wolkenlosen Himmel auch gegen eine Fläche niedriger Temperatur erfolgt, wurde im Kühlversuch

der Deckel des Glaskastens mit dem Kühlmittel, Trockeneis, beschickt und damit auf eine Temperatur von weniger als  $-60^{\circ}\text{C}$  abgekühlt. Ob die Temperatur des Trockeneises mit  $-80^{\circ}\text{C}$  von der gläsernen Decke angenommen worden ist, kann nicht entschieden werden. Sicher tritt durch die sehr rasch einsetzende Vereisung der deckenden Glasscheibe im Kasten auch eine Verzögerung des Wärmeabtransports zum verdampfenden Trockeneis hin ein. Jedenfalls ist durch diese Anordnung zunächst einmal erreicht worden, daß die Blätter der eingebrachten Pflanze gegen eine Fläche niedriger Temperatur abstrahlen können. An der Bodenoberfläche und in 2 cm Tiefe im Boden wurde die Temperatur kontrolliert. Über die Höhenlage der Thermometer gibt die folgende Zusammenstellung Aufschluß:

Thermometer Nr. 1	Höhe über dem Boden in cm:	62
2		38
3		12
4		3

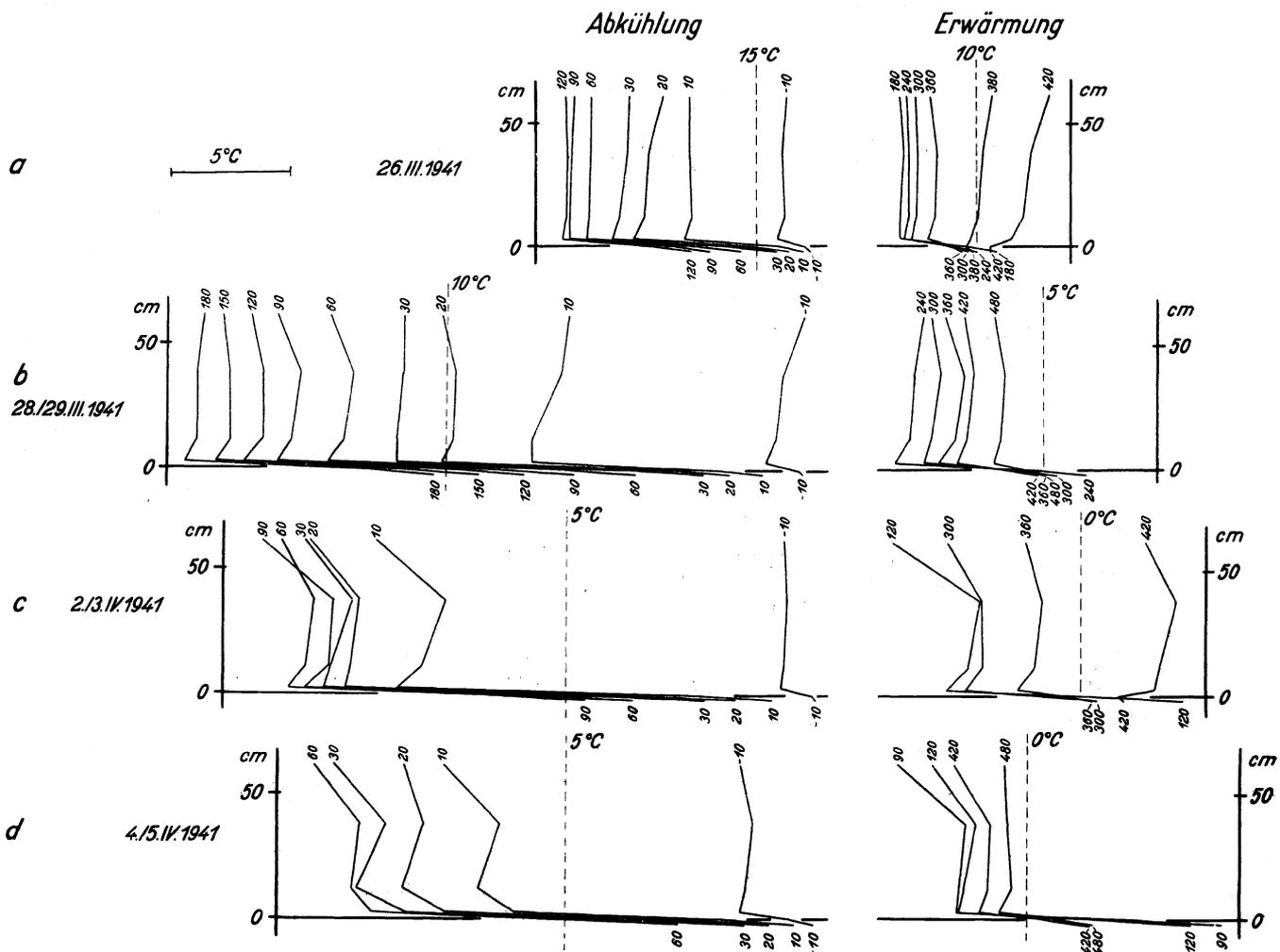


Abb. 31. Vertikale Temperaturschichtung in einem deckengekühlten Glaskasten bei verschiedenen Kühlversuchen. (Die angeschriebenen Zahlen geben den Zeitabstand vom Beginn der Kühlung an. 60 = 60 Minuten nach Kühlbeginn. a) Kühlmittel: Eis + Kochsalz. b) und c) Trockeneis, eine Pflanze im Versuchskasten. d) Trockeneis, fünf Pflanzen [„Bestand“] im Kasten.)

Die Maße des Kastens waren: Länge: 84 cm, Breite: 64 cm, Höhe außen: 77 cm. Die Abb. 31 enthält vier Meßreihen. Bei der Meßreihe a) wurde mit einer Eis-Kochsalzmischung gekühlt. Das erzielte Minimum liegt daher noch weit über dem Gefrierpunkt, da die Wärmeisolation des Glaskastens sehr schlecht war. Diese Meßreihe hat aber den Vorteil, daß die Temperaturdifferenz zwischen der Kühlfläche und der Ausgangstemperatur am Boden nicht allzu groß ist. Die vertikalen Temperaturdifferenzen sind demzufolge auch klein. Es wird weiter die durch die Kühlung von der Decke her entstehende Zirkulationsströmung keine zu großen Geschwindigkeiten erreicht haben. Die langsame Kühlung gleicht auch die Blattertemperatur der Umgebungstemperatur erst spät an (Abb 32a. s. Seite 42). Praktisch hinkt die Blattertemperatur der Lufttemperatur immer nach und erreicht die Temperaturgleichheit mit der Luft erst von dem Zeitpunkt an, in dem die Lufttemperatur schon wieder im Steigen begriffen ist. Dann hinkt die Blattertemperatur dem Temperaturanstieg wiederum nach, da die Bodentemperatur langsamer steigt als die Lufttemperatur. Eine langsame stille Kühlung wird also, geringe Temperaturdifferenzen zwischen

Raumtemperatur und Kühleratemperatur vorausgesetzt, wegen der nur schwachen Luftbewegung, den Pflanzen die Möglichkeit geben, ihre Blätter recht lange Zeit hindurch, vielleicht sogar während eines mehrere Tage andauernden Versuches, auf einer höheren Temperatur zu halten, als sie die umgebende Luft aufweist. Die Temperatur wird solange über der Lufttemperatur liegen, solange die Bodentemperatur auch über der in Betracht kommenden Lufttemperatur liegt. Die Abb. 31b) zeigt einen Kühlversuch, bei dem Trockeneis zur Kühlung verwandt wurde. Hier hat man also die stark gekühlte Oberfläche und trotzdem tritt ausweislich der Abb. 32b) wiederum am Blatt keine niedrigere, sondern eine höhere Temperatur ein als sie die Luft in der Umgebung hat. Der Wärmenachschub aus dem Boden scheint auch in diesem Falle auszureichen, um an den Blättern der niedrigen *Plecthranthus fruticosus* (Zimmernessel) eine merkliche Übertemperatur hervorzubringen. Wieder nähert sich die Temperatur der Blätter nur

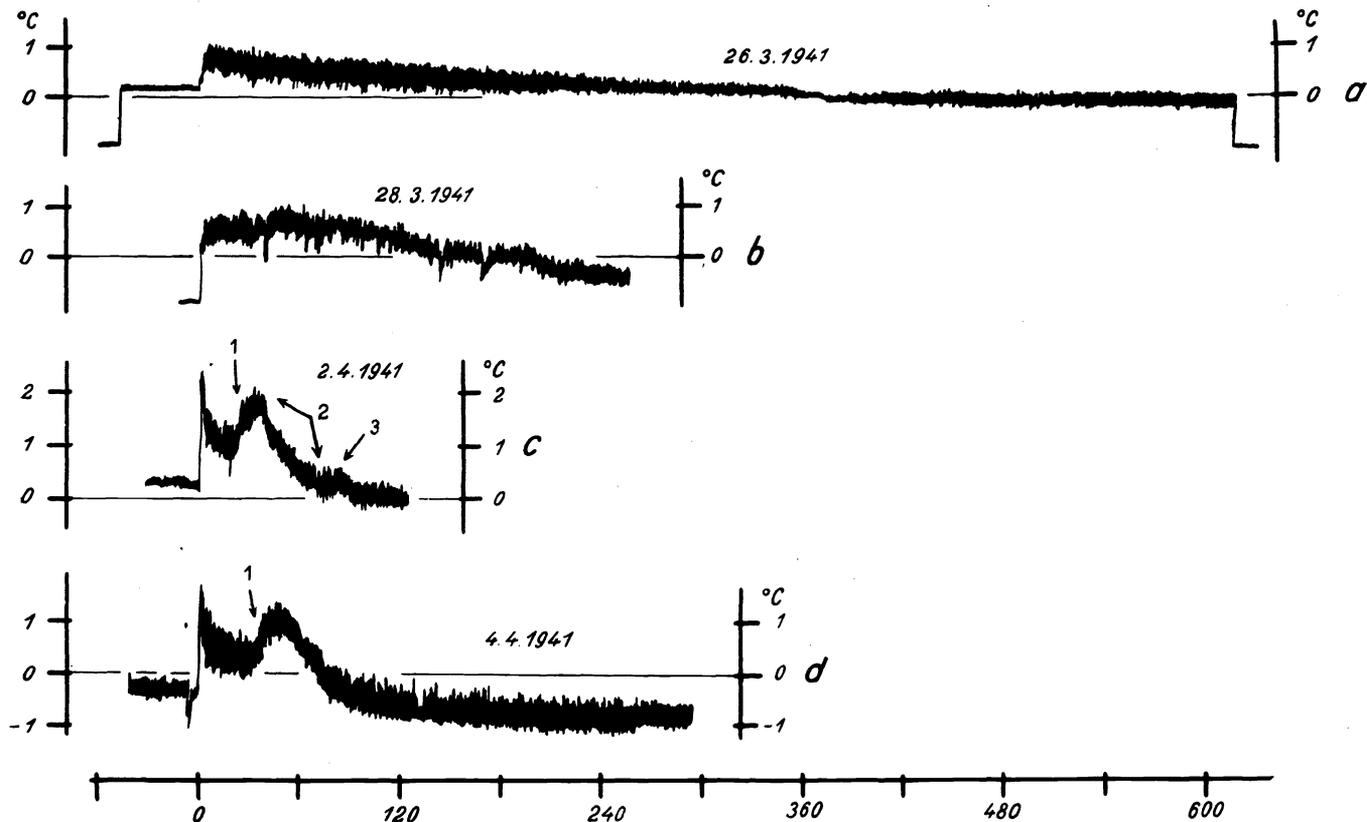


Abb. 32. Unterschiede zwischen der Blattemperatur und der umgebenden Lufttemperatur während der Kühlversuche der Abb. 31. (1. Die Pflanze erfriert; es wird Erstarrungswärme frei. 2. Blatt löst sich vom Thermometer. 3. Thermometer völlig frei.)

langsam der Lufttemperatur. Beachtenswert ist bei dieser Meßreihe die vertikale Temperaturschichtung, die sich im Glaskasten einstellt. Die bodennächste Schicht weist zwar die niedrigste Temperatur aus. Mit der Entfernung vom Boden steigt auch die Temperatur ähnlich wie im Freiland zunächst an. Das oberste Thermometer liegt aber schon so nahe an der Kühlfläche, daß die an ihm vorbeistreichende Luft mindestens ebenso kalt ist, wie die bodennahe Luft. Bei diesem Versuch zeigte sich außerdem die beachtenswerte Erscheinung, daß die entstehende Zirkulationsströmung bei den Temperaturunterschieden zwischen Kühlfläche und Kastenluft schon sehr große Geschwindigkeiten annimmt. Man kann bei dieser Art der „stillen Kühlung“ schon mit Luftbewegungen von etwa  $1/2$  m/sec rechnen. Die Zirkulationsströmung ließ sich in dem Versuchskasten bei der Nebelbildung recht gut beobachten. Infolge dieser Nebelbildung entstand am obersten und am untersten Thermometer starke Betauung und später starke Bereifung. Die beiden mittleren Thermometer, vor allem das Gerät in 38 cm Höhe, das etwa in der Achse des Wirbels lag, blieben praktisch frei vom Reif und Tau. Der Temperaturabfall ist an der

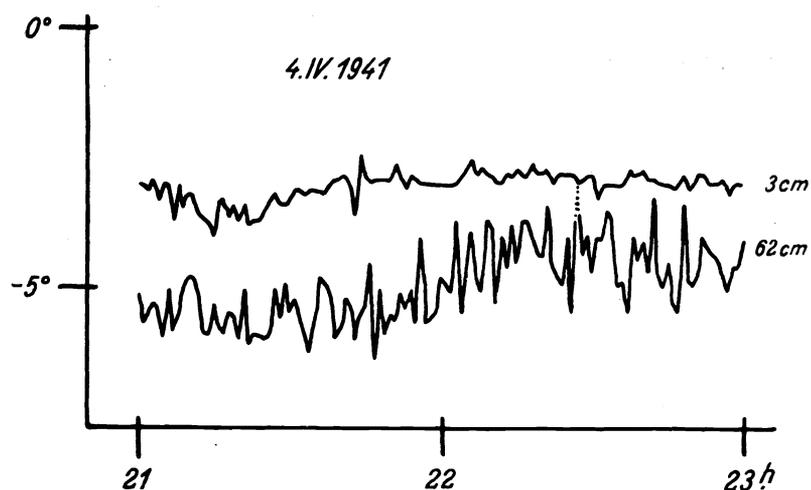


Abb. 33. Temperaturstreuung in den Höhen 3 und 62 cm über dem Boden des Kühlkastens beim 4. Kühlversuch. (Zu 31 d und 32 d.)

Bei diesem Versuch zeigte sich außerdem die beachtenswerte Erscheinung, daß die entstehende Zirkulationsströmung bei den Temperaturunterschieden zwischen Kühlfläche und Kastenluft schon sehr große Geschwindigkeiten annimmt. Man kann bei dieser Art der „stillen Kühlung“ schon mit Luftbewegungen von etwa  $1/2$  m/sec rechnen. Die Zirkulationsströmung ließ sich in dem Versuchskasten bei der Nebelbildung recht gut beobachten. Infolge dieser Nebelbildung entstand am obersten und am untersten Thermometer starke Betauung und später starke Bereifung. Die beiden mittleren Thermometer, vor allem das Gerät in 38 cm Höhe, das etwa in der Achse des Wirbels lag, blieben praktisch frei vom Reif und Tau. Der Temperaturabfall ist an der

Bodenoberfläche schon viel kleiner als in der Höhe 3 cm. Es tritt jedoch in den obersten Bodenschichten eine weitere deutlich erkennbare Verspätung der Temperaturabnahme ein, die auch im Freiland zu beobachten ist. Auch insofern ist die Übereinstimmung zwischen natürlichen und künstlichen Bedingungen erreicht.

Kühlt man den Glaskasten noch rascher ab, so erhält man, wie die Abb. 31c) zeigt, ganz beträchtliche vertikale Temperaturunterschiede. Das oberste Thermometer wird in einem solchen Falle besonders niedrige Temperaturen anzeigen und, wie die Abb. 33 für den 4. 4. 41 zeigt, auch eine starke Temperaturstreuung besitzen. In der bodennahen Schicht überschreitet die Temperaturdifferenz zwischen den Höhen 3 und 12 cm die Grenze von  $1^{\circ}\text{C}$ . Bei dieser Meßreihe gefror auch die im Glaskasten stehende Pflanze. Im Augenblick des Ausfrierens stieg die Blattertemperatur wieder an; die beim Gefrieren frei werdende Wärmemenge wird in eine Temperaturerhöhung umgesetzt. Leider senkte sich das Blatt dabei, so daß das von oben her angelegte Fadenthermometer frei schwebte. Die Temperaturkurve der Abb. 32c) gilt daher nur zum Teil für das gefrierende Blatt; sie stellt vielmehr in ihrem letzten Teile eine Messung der Lufttemperatur an der Stelle dar, die früher das Blatt eingenommen hatte.

In eine letzte Meßreihe wurde die Kühlung noch einmal durchgeführt, als der Kasten mit vier Blumentöpfen mit niedrigen etwa 15 cm hohen Bohnen beschickt war. Die Abb. 31d) zeigt die Temperaturschichtung für die verschiedenen Zeitpunkte. Das Einbringen der wenigen Pflanzen hindert die Zirkulationsströmung schon so beträchtlich, daß die Temperatur in der Höhe 3 cm mehr als eine Stunde lang über der Temperatur in 12 cm Höhe liegt. Die Abänderung der Temperaturschichtung konnte schon an der Zirkulationsströmung während der Nebelbildung im Kasten erkannt werden. Die Bodentemperatur in den Blumentöpfen, die in die Erde eingelassen worden waren, ist noch stärker verzögert. Bei stiller Kühlung reicht daher der Wärmeaustausch in der Kastenluft nicht aus, um eine rasche Abführung der in den „Beständen“ lagernden wärmeren Luft zu garantieren. Gerade auf diese Sicherheit kommt es aber bei den Selektionsarbeiten in erster Linie an. Auch die Blattertemperatur hinkt der Lufttemperatur um mehr als  $1^{\circ}\text{C}$  nach. Beim Gefrieren des Blattes betrug die Lufttemperatur in der Höhe 12 cm  $-2,7^{\circ}\text{C}$ . Rechnet man die am Blatt noch vorhandene Übertemperatur von rund  $0,5^{\circ}\text{C}$  ab, so gefriert das Blatt bei einer Eigentemperatur von rund  $-2^{\circ}\text{C}$ . Diese Temperatur liegt aber unter dem Gefrierwert des Plasmas; sie kann nur durch Unterkühlung des Blattes erreicht werden. Damit ist nachgewiesen, daß bei Windruhe und auch noch bei geringer Luftbewegung im künstlichen Klima am Blatt eine Unterkühlung festzustellen ist. Es ist anzunehmen, daß unter ähnlichen Außenbedingungen dasselbe eintreten wird. Diese Messungen weisen jedoch darauf hin, daß die noch ausstehenden Untersuchungen über den Temperaturverlauf in den Blättern während der Frostnächte interessante und für die Frostselektion wichtige Erkenntnisse bringen können. In die Organtemperatur wird nicht nur die nächtliche Ausstrahlung sondern auch ganz wesentlich der Wärmenachschub aus dem Boden eingehen. Vielleicht finden die von Schick und von Sengbusch beobachteten Unterschiede in der Frosthärte je nach der Art der nächtlichen Abkühlung in diesen Beobachtungen ihre Erklärung. In windstillen Ausstrahlungsnächten vertrugen die untersuchten Kartoffeln und Lupinen erheblich niedrigere Temperaturen als bei Kaltluftenbrüchen, die mit einer kräftigen Durchmischung der bodennahen Luftschicht einhergehen. Bei Windstille reicht der Wärmenachschub aus dem Boden anscheinend noch aus, um die Pflanzen auf einer höheren Temperatur zu halten als die Luft in ihrer Umgebung besitzt. Andererseits ist bei geringer Luftbewegung die Möglichkeit einer Unterkühlung der Blätter unter ihren Gefrierpunkten erheblich größer als in windigen Nächten. Man wird bei den weiteren außenklimatischen Untersuchungen dieses Problems besonders auf diese Wechselwirkung zwischen Wärmeabstrahlung und Wärmenachschub aus dem Boden einerseits und der Pflanzen- und Lufttemperatur andererseits achten müssen. Eine genaue Untersuchung dieser meteorologisch interessanten Frage wird auch die Anforderungen präzisieren lassen, die der Züchter an seine Selektionsmethoden stellen muß.

##### 5. Bestandsklimatische Untersuchungen im künstlichen Klima.

Die Beobachtungen im Glaskasten mit den wenigen eingebrachten Bohnenpflanzen erforderte die Nachprüfung der künstlichen Bestandsklimata in den Klimaanlagen des Instituts. Es kam dabei vor allem auf die Prüfung der Temperaturverhältnisse an, denen Bohnen bei Frostversuchen im Tiefkühlgewächshaus ausgesetzt waren. Normalerweise werden die Bohnen in Pikierkästen herangezogen. Es stehen in einem solchen Kasten durchschnittlich 49 Pflanzen, die einen recht geschlossenen Bohnenbestand darstellen, wenn sie in die Frostprüfung geschickt werden. In einem solchen Bestand wurden die Temperaturen über den Bohnen und in halber Bestandshöhe gemessen. Die drei Thermometerpaare wurden über das Tiefkühlgewächshaus verteilt, so daß man auch noch einen Überblick über die Horizontalverteilung der Temperatur erhielt. Die Bohnen waren etwa 20 cm hoch. Die oberen Thermometer befanden sich 10 cm über dem Bestand, die unteren 10 cm unter der Bestandsoberfläche. Die Kühlung war auf  $+1^{\circ}/+5^{\circ}\text{C}$  eingestellt worden. Ehe auf die bestandsklimatischen Unterschiede näher eingegangen werden soll, kann noch einmal die Kühlwirkung des Gewächshauses betrachtet werden. Es fällt bei den

Temperaturbeobachtungen auf, daß die Lufttemperatur beim mehrmaligen Einschalten der Kühlung immer weiter absinkt, bis sie nach einigen Kühlperioden die vorgeschriebene Temperatur erreicht. Die ersten Kühlperioden haben noch höhere Temperaturen. Bedenkt man, daß die eingebrachten Pflanzen an den verschiedenen Stellen nicht nur verschiedenen Temperaturen ausgesetzt sind, sondern daß darüber hinaus diese Temperaturen verschieden lange auf die Pflanzen einwirken, so braucht man sich über Selektionsunterschiede im Kühlhaus nicht zu wundern. Erst in der 3. und 4. Kühlperiode stellt sich dann die vorgeschriebene Temperatur im ganzen Haus mit Sicherheit ein, wenn man von dem systematischen Kühlfehler der Meßstellen  $1/2$  absieht. Zuvor wird das eingestellte Minimum gar nicht erreicht. Die Tabelle 11 enthält die Zeitdauer, während der bestimmte Temperaturen unterschritten

Tabelle 11.

Zeitdauer des Unterschreitens bestimmter Temperaturen im Tiefkühlgewächshaus am 19. IV. 41 von 17<sup>h</sup>—24<sup>h</sup> in Minuten

Meßpunkt/Temp. niedriger als	+ 5	+ 4	+ 3	+ 2	+ 1°C
1	200	130	50	30	10
2	140	60	20	—	—
3	190	140	80	50	25
4	240	160	100	50	25
5	200	140	100	60	30
6	246	160	80	50	20

Einstellung der Kühlung:  $0/+5^{\circ}\text{C}$ .

werden. Man ersieht daraus, daß recht große Unterschiede zwischen den Meßstellen vorhanden sind. Die Thermometer über den Bohnen weisen gleiche Zeitdauern aus, jedenfalls sind die Differenzen noch erträglich (Meßstellen 1, 3, 5). Im Bestand sind aber die Andauerzeiten beträchtlich voneinander verschieden. So wird an der

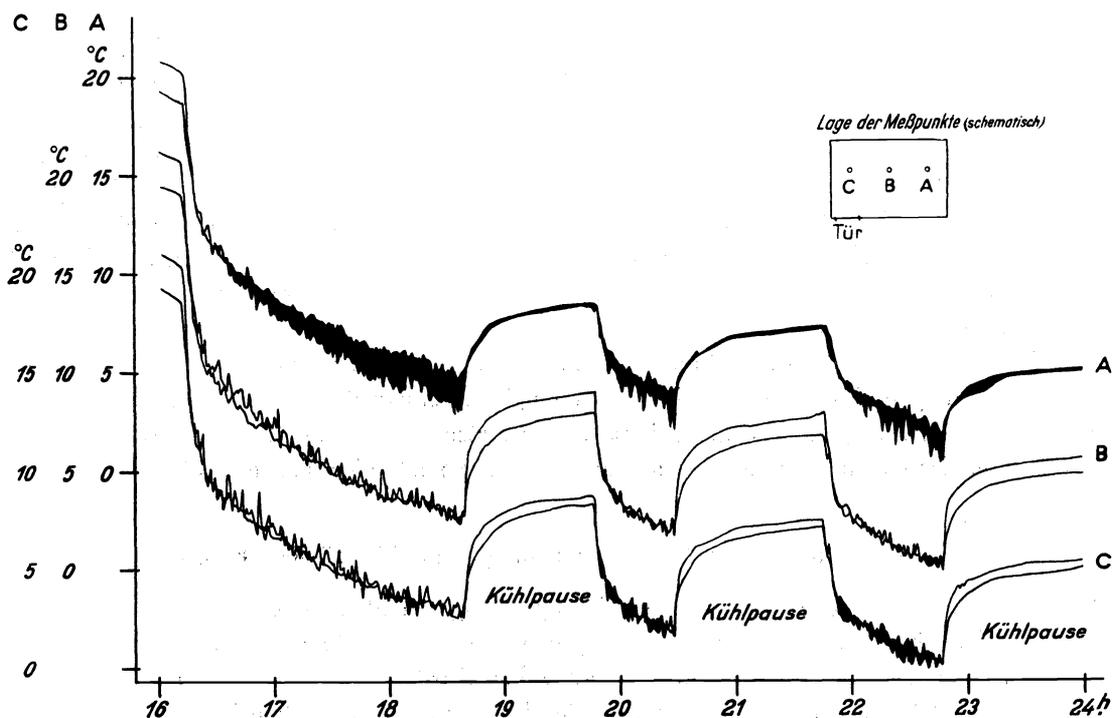


Abb. 34. Temperaturgänge in einem mit Bohnen von 20 cm Höhe beschickten Tiefkühlgewächshaus (49 Pflanzen je Pikierkasten). (Weiße Flächen: Die Temperatur über dem Bestand liegt höher als im Bestand. Lage der Meßgruppen A, B und C schematisch. Ein Thermometer 10 cm über dem Bestand, das zweite Thermometer 10 cm unter der Bestandsobergrenze. Die drei Kurvenpaare sind jeweils um  $5^{\circ}\text{C}$  gegeneinander verschoben. Es entsprechen sich die Thermometerpaare: A: 1 und 2, B: 3 und 4, C: 5 und 6.)

Meßstelle 2 die Temperatur von  $2^{\circ}\text{C}$  während der gesamten Kühlzeit überhaupt nicht erreicht. Die Intensität der Bewetterung reicht, wie auch aus der Abb. 34 zu erkennen ist, nicht aus, um im ganzen Raum die gleichen vertikalen Temperaturunterschiede zu erzeugen. Gerade die Meßstellen A fallen so stark heraus, daß sich an ihnen die

umgekehrte Temperaturverteilung einstellt wie an den Stellen B und C. In der Umgebung der Meßpunkte A wurden erfahrungsgemäß die Bohnen auch gar nicht oder nur sehr schwach geschädigt, während in der Umgebung der Thermometer C die Bohnen fast restlos erfroren waren. Die Temperatur liegt, ausweislich der Abb. 34. insgesamt bei A um 1 bis 1½ höher als im übrigen Haus. Die mittlere Meßstelle befand sich hinter dem mit einem Holzkasten verkleideten Schaltthermometer und hatte gelegentlich auch geringere Frostschäden an den dort stehenden Pflanzen. Deutlich erkennbar ist aus den Kurven das Nachhinken der Temperatur der Bestandsluft hinter der über die Pflanzen hinwegstreichenden frischen Kühlluft, so daß die größten Temperaturschwankungen über den Bohnen erreicht werden. Dafür ist es während der Kühlpausen im Bestand kälter.

Diesen Meßreihen lag eine Beschickung der Pikierkästen mit 49 Pflanzen zugrunde. Die Bohnen waren 20 cm hoch und trugen ihr erstes Blatt. Zur Untersuchung des Einflusses der Bestandsdichte auf die vertikale Temperaturdifferenz wurden in gleichgroßen Pikierkästen nur 20 Bohnenpflanzen angezogen, die aber erst bei einer Größe von rund 40 cm dem Kühlversuch unterworfen wurden, nachdem die zweite Blatttage entwickelt war. Die Meßhöhen und die Bestandshöhen sind folgende:

	Meßgruppe 1	2
Bestandshöhe . . . . .	40	35 cm
Oberstes Thermometer . . . . .	52	47 cm
Mittleres Thermometer . . . . .	28	28 cm
Unteres Thermometer . . . . .	12	10 cm

Von einer Wiedergabe der Temperaturkurven soll für diese Untersuchungen abgesehen werden. Es soll auch nur für die Meßgruppe 2 der vertikale Temperaturentwurf angegeben werden, da in der Umgebung dieser Meßstelle die stärksten Frostschäden an den Bohnen eintraten. Die Unterschiede im Vertikalaufbau der Temperatur im Haus selbst sind, wie nach den bisherigen Feststellungen kaum anders zu erwarten war, grundsätzlich verschieden, je nachdem ob die Beobachtungen auf der rechten oder auf der linken Seite des Gewächshauses angestellt wurden. Die Abb. 35 enthält für die untersuchten Bestandsdichten: 20, 10, 5 und keine Pflanze im Pikierkasten, die Temperatur-Höhenkurven. Bei der Beschickung der Kästen mit 20 Pflanzen betragen die Unterschiede zwischen der oberen und der unteren Blatttage mehr als 1° C. Mit der Auflockerung des Bestandes nimmt die Temperaturzunahme in den Bestand hinein rasch ab; sie ist praktisch bei einem Pflanzenbestand von fünf Stück je Kasten verschwunden. Bei 10 Pflanzen ist sie noch deutlich nachweisbar. Dieser Temperaturentwurf im

bewetterten Tiefkühlgewächshaus entspricht durchaus den im Freiland festgestellten Bedingungen; er wäre etwa mit den nächtlichen Temperaturgradienten in einem Kartoffelbestand oder einem Topinamburbestand zu vergleichen. Die morphologische Struktur des Bestandes ist in allen drei Fällen etwa gleich (vgl. dazu die Abb. 18). Mit dieser Übereinstimmung des künstlichen Mikroklimas mit dem natürlichen Mikroklima ist die Brauchbarkeit der bewetterten Häuser für die Angleichung der Klimate an die natürlichen Bedingungen nachgewiesen. Es ist aber weiter zu erwägen, ob diese bestandsklimatische Wirkung der Bewetterung im Interesse einer sicheren Auslese nicht etwa zu vermeiden ist. Gerade die Ausbildung eines Bestandsklimas während eines Selektionsversuches bringt bestimmten Teilen der Pflanzen und vielleicht auch einzelnen Pflanzen

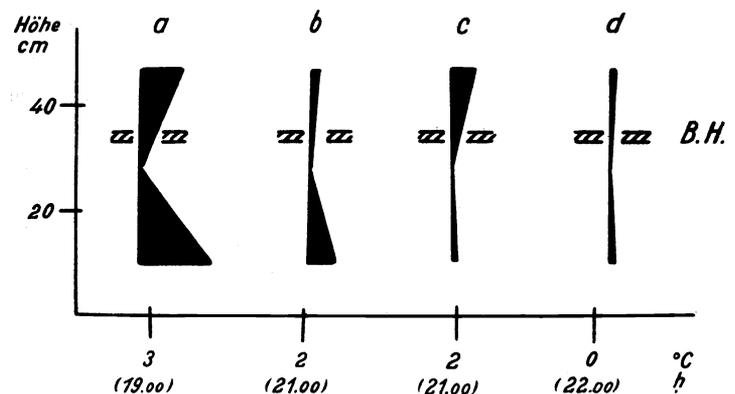


Abb. 35. Vertikale Schichtung der Temperatur in einem mit Bohnen verschiedener Bestandsdichte beschickten Tiefkühlgewächshaus. (a) 20 Pflanzen je Pikierkasten. b) 10 Pflanzen. c) 5 Pflanzen. d) keine Pflanze.)

in ihrer Gänze einen gewissen Frostschutz. Nur die Bestandsoberfläche kühlt sich, wohl infolge der Verdunstung, selbständig ab. Es wird die Aufgabe der Züchtungsforschung sein, hier Anforderungen bezüglich der Standweite der Pflanzen mit der Forderung nach einer Massenprüfung zu vereinen. Die bestandsklimatischen Unterschiede werden zudem klein sein, solange in der Horizontalen keine wesentlichen Temperaturdifferenzen entstehen. Eine Luftbewegung von 1 bis 2 m/sec dürfte ausreichen, um in einem stark berohrten Kühlhaus den Temperaturentwurf zu erzwingen. Der Meteorologe wird durch weitere Untersuchungen über die Bestandsklimate im künstlichen Klima unter verschiedenen Randbedingungen dem Züchter bei der Wahl und Prüfung seiner Selektionsmethoden sicher wertvolle Dienste leisten können. Auf die Abhängigkeit der Temperaturdifferenzen von der Ventilation und der Bestandsdichte wird dabei besonders zu achten sein. Daneben wird man im Freiland der Frage Beachtung schenken müssen, ob für die Ausbildung des nächtlichen Bestandsklima in erster Linie physikalische Vorgänge,

wie die Strahlung, oder biologische Prozesse, wie etwa die Transpiration, verantwortlich zu machen sind. Gerade die Abschätzung dieser beiden grundverschiedenen Einflüsse auf das Bestandsklima wird wichtige Hinweise für die Selektionsarbeiten im künstlichen Klima vermitteln, vor allem dann, wenn diese Untersuchungen eine gründliche Prüfung des nächtlichen Wärmehaushalts der Pflanze mit umfassen.

## VI. Zusammenfassung und Schluß.

Die im vorliegenden Bericht gegebene Übersicht über das Arbeitsgebiet einer Forschungsstelle des Reichsamts für Wetterdienst soll vor allem einen Einblick in die Wechselwirkung zwischen meteorologischen Untersuchungen und Problemen und biologischen Forderungen bieten. Wie bereits einleitend bemerkt wurde, waren alle Untersuchungen dieser Dienststelle darauf abzurichten, eine Anwendung in der züchterischen Praxis zu gestatten. Ob es sich dabei um die Entwicklung von meteorologischem Meßgerät sowie um die Erprobung vorhandenen neueren Gerätes handelte, oder ob besondere mikroklimatische Untersuchungen auf Wunsch oder auf Anregung der Wissenschaftler des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Züchtungsforschung in Angriff genommen wurden, in allen Fällen war die praktische Auswertung anzustreben.

Wenn man sich zum Abschluß dieses Arbeitsberichtes einmal die Frage vorlegt, in welcher Richtung die Untersuchungen im allgemeinen weitergetrieben werden sollten, um der Hilfestellung bei der Züchtung neuer und ertragreicherer Kulturpflanzen gerecht zu werden, so darf man dieses Arbeitsprogramm nicht allein auf die besonderen und auf die augenblicklichen Forderungen eines bestimmten Instituts zuschneiden, mit dem die Forschungsstelle in enger Arbeitsgemeinschaft steht, man muß vielmehr versuchen, neben den Forderungen des Augenblicks auch die Ziele im Auge zu behalten, denen in späterer Zeit eine gewisse Bedeutung zukommen dürfte. Wobei bemerkt werden muß, daß eine solche Prognose bei der im Anfang ihrer Entwicklung stehenden Agrarmeteorologie immer etwas gewagt erscheinen wird.

Die bisherige Arbeitspraxis hat ergeben, daß die mannigfache Hilfe bei kleineren Untersuchungen züchterischer Art, die das meteorologische Gebiet streiften, wie z. B. den Windgeschwindigkeitsmessungen zum Pollenflug der Kiefer in der Schorfheide und in Müncheberg, oder den pflanzenphysiologisch ausgerichteten Bestimmungen des Temperaturganges in erfrierenden Blättern und der großen Anzahl von Einzelmessungen in Dunkelkästen, und anderen speziellen Zuchtanlagen, daß bei all diesen Untersuchungen zum mindesten eine sichere Beratung des Züchters möglich ist. Darüber hinaus vermittelten alle diese kleineren Arbeiten dem damit betrauten Meteorologen einen eingehenden Einblick in die Sorgen und Nöte der Züchtung. Aus diesen Erfahrungen entstanden dann die selbständigen mikroklimatischen Untersuchungen vor allem bestandsklimatischer Art, die ihrerseits wieder in die Beratung bei Frostselektionsversuchen einmündeten. So schließt sich das vielfältige Arbeitsprogramm der Forschungsstelle zu einem Ring zusammen, bei dem Anfang und Ende die Auswertung der meteorologischen Messungen durch den Biologen ist. Es hat sich aber zugleich gezeigt, daß eine zielstrebige Beratungstätigkeit bei den tatsächlich gegebenen Anfragen nicht stehen bleiben darf, sondern daß darüber hinaus der Meteorologe, das züchterische Arbeitsfeld sondierend, eine Reihe von Untersuchungen selbständig durchführt, um den Züchter auf bestimmte Verhältnisse aufmerksam zu machen, deren Zusammenhänge von diesem nicht immer in seine grundlegenden Betrachtungen zur Versuchsanstellung mit aufgenommen werden. So konnte gerade im Falle der Kontrollbeobachtungen in künstlichen Klimaten festgestellt werden, daß vielfach solche Anlagen benutzt werden, ohne daß sichere Angaben über ihre Arbeitsweise wie in Müncheberg vorliegen, wobei der biologischen Wirkung besondere Beachtung geschenkt werden muß. Es ist dem Biologen auch gar nicht zu verargen, wenn er den von der Industrie gemachten Angaben ohne Bedenken Glauben schenkt, da ja die Industrie ihre Anlagen für den Fall einer Beschickung mit bestimmtem Material oder auch ohne jede Beschickung sicher beherrscht. Die Abwandlungen dieser künstlichen Klimate durch die Pflanze, sei es nun durch ihre bloße Existenz, also durch ihre physikalische Wirkung, sei es durch Lebensvorgänge, sind dem Ingenieur meist nicht bekannt. Hier setzt die Aufgabe des Meteorologen ein, durch einen Vergleich der künstlichen Mikroklimaten mit den natürlichen Mikroklimaten weitergehende Aussagen zu ermöglichen.

So setzt die Beratungstätigkeit eine sichere Bestimmung natürlicher Klimate voraus. Es ist gerade für die Arbeiten in Müncheberg entscheidend gewesen, daß im Anfang der Entwicklung die Erprobungsarbeit am Temperaturmeßgerät gestanden hat. Ausschließlich den dabei gesammelten Erfahrungen sind die Anwendungsmöglichkeiten zu verdanken gewesen. Es wird daher immer das Ziel einer experimentell arbeitenden Forschungsstelle am Müncheberger Erwin-Baur-Institut sein müssen, einen sicheren Einblick in die Instrumentenentwicklung zu behalten und wenn möglich, an dieser Entwicklung aktiv mitzuarbeiten. Diese aktive Mitarbeit ergibt sich nicht zum wenigsten aus der Praxis der Verarbeitung mikroklimatischer Untersuchungen, die unbedingt eine Vereinfachung der

Auswertmethode brauchen, wenn nicht infolge einer zu großen Rechenarbeit größere Meßserien überhaupt unterbleiben sollen. So ergab sich die Forderung nach einer Summierung der aufgeschriebenen Temperaturen und der Versuch zu einer Lösung zu kommen.

Der Dauerbetrieb einer mikroklimatischen Basisstation und die damit verbundene Bequemlichkeit, Sonderuntersuchungen an das normale Mikroklima anzuschließen, hat die Auswertung dieser Beobachtungen wesentlich erleichtert. Es kommt ja bei den Anwendungen in der Praxis der Pflanzenzüchtung, d. h. bei der Festlegung von Prüfverfahren immer nur auf den Vergleich mit bestimmten Freilandwerten an. Meist ist der Züchter gar nicht an einer exakten Vermessung der besonderen Klimate selbst interessiert, er braucht für seine Arbeit die Konstanz der Versuchsbedingungen über Raum und Zeit und ist dann imstande, die im ersten Versuchsjahr gewonnenen Erkenntnisse in jedem weiteren Jahre nachzuprüfen und zu vertiefen. Überall dort, wo er mit der Inkonstanz seiner Prüfmethoden rechnen muß, wird er die Hilfe der Nachbardisziplin in Anspruch nehmen können und wohl auch müssen. Das zeigten die Messungen in künstlichen Klimaten, deren Ausgangspunkt gerade die ungleichen Prüfbedingungen waren.

Betrachtet man die Arbeit des Meteorologen von diesem Gesichtspunkt aus, so erhält man eine Dreiteilung des Arbeitsplanes. An der Spitze wird die Anpassung des meteorologischen Instrumentariums an die besondere Problemstellung des Züchters stehen müssen. Die beiden anderen Teile ergänzen sich und fördern sich gegenseitig. Einmal wird der Meteorologe den Wünschen des Züchters gerecht werden und die Lösung der ihm gestellten konkreten Aufgaben erbringen und zum anderen wird er aus diesen Aufgaben die höher gespannten Anforderungen der weiteren züchterischen Arbeit erkennen können und seinerseits mit, zunächst von der Praxis losgelöst, Arbeiten beginnen müssen. In die erste Gruppe gehören beispielsweise alle mikroklimatischen Messungen in künstlichen Klimaten und auch ein Teil der Untersuchungen kleinklimatischer Art mit denen die Müncheberger Untersuchungen begonnen wurden. Zur letzteren Gruppe sind die Bestandsklimate des Freilandes und der Versuch einer Einordnung der Mikroklimata in das Großklima zu rechnen. Es zeigt sich nunmehr, daß die Nutzenanwendung aus den Freilandklimate bei den künstlichen Bestandsklimate gezogen werden konnten, wie des Weiteren die Ergebnisse in künstlichen Klimaten neue Fragen zu den Freilandklimate aufgeworfen haben.

Man wird also bei der Ausrichtung auf die züchterische Prüfungsarbeit in erster Linie daran zu denken haben, wie man die natürlichen klimatischen Bedingungen für eine Massenauslese herrichten kann und man wird zweitens den pflanzenphysiologischen Problemen in Biologie und Züchtung, soweit sie in das klimatische Gebiet hineinreichen, eine ganz besondere Aufmerksamkeit widmen müssen. Dabei wird, dem allgemeinen Zuchtziele bei einer ganzen Reihe von Kulturpflanzen entsprechend, das Frost- und Dürreproblem im Vordergrund der Untersuchungen stehen. In diese große Aufgabenstellung eingeschlossen sind aber auch bestandsklimatische Untersuchungen, die dem Ziele dienen, die Versuchsmethodik im natürlichen und auch im künstlichen Klima zu verbessern und den Anschluß an die Pflanze selbst herzustellen. Es erfordert daher gerade die Zusammenarbeit mit einem Institut für Züchtungsforschung eine starke Ausweitung der Untersuchungen und es wird dem Meteorologen die schwierige Entscheidung über die Wichtigkeit der einzelnen auftauchenden Probleme zufallen müssen.

Neben diesen, auf die Züchtung eingestellten Arbeiten, werden noch Untersuchungen allgemeinerer Art anfallen. Die wichtigste Frage in diesem Problemkreis wird die Bearbeitung der Mikroklimata in verschiedenen Großklimate sein. Wenn es gelingt, das Klima der bodennahen Luftschicht in geeigneter Weise auf das Großklima zu beziehen und außerdem eine physikalische Analyse der Zusammenwirkung von Makro- und Mikroklima durchzuführen, so wird der Einzelmessung an bestimmten Orten eine umfassendere Bedeutung zuschreiben sein, als das heute möglich ist. Dann wird aber auch diese klimatische Erkenntnis ihre Anwendung in der landwirtschaftlichen Praxis finden können und vielleicht rückwirkend der Züchtung neue Probleme spezieller klimatischer Art stellen. Dem Meteorologen eröffnet sich auf diesem Arbeitsgebiete somit ein ausgedehntes Feld der Beratung und der Forschung, ohne die diese Beratung beim gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse nicht durchgeführt werden kann. Er arbeitet dank der Ausrichtung der Agrarmeteorologie als Hilfsdisziplin auf einem Grenzgebiete an volkswirtschaftlichen Aufgaben mit, deren Bedeutung gerade heute nicht hoch genug eingeschätzt werden kann.

---

## Literatur:

1. Geiger, R.: Ein Meßgerät zur Dauerbeobachtung der Temperaturschichtung am Boden. *Zeitschr. für angew. Met.* 1935, S. 205.
  2. Albrecht, F.: Tätigkeitsberichte des Preuß. Met. Inst. 1933, S. 80.
  3. Mäde, A.: Ein Beitrag zur Frage: Wahre Lufttemperatur oder Versuchskörpertemperatur. *Biokl. Beibl.* 1937, S. 35.
  4. Mäde, A.: Ein Schutzkorb für das Platin-Widerstandsthermometer des Reichswetterdienstes. *Met. Zeitschr.* 1938, S. 415.
  5. Mäde, A.: Widerstandselektrische Temperaturbeobachtungen an einer mikroklimatischen Basisstation. *Wiss. Abh. des Reichsamts<sup>2</sup> für Wetterdienst.* Bd. V, Nr. 3.
  6. Mäde, A.: Temperaturuntersuchungen an Obstbäumen. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, Bd. 59, 1942, S. 201, Weickmannheft.
  7. Geiger, R.: Mikroklimatische Beschreibung der Wärmeschichtung am Boden. *Met. Zeitschr.* 1936, S. 357 und 1937, S. 133 und 278.
  8. Knoch, K.: *Secrétariat Orgon. Météor. Internationale* Nr. 24. Leyden 1936.
  9. Mäde, A.: Über den Temperaturverlauf in Beständen. *Gartenbauwissenschaft*, Bd. 15, 1940, S. 312.
  10. Mäde, A.: Ein Beitrag zum Mikroklima eines Obstbaumes. *Gartenbauwissenschaft*, Bd. 12, 1938, S. 127.
  11. Mäde, A.: Über den Temperaturgang in Gewächshäusern, Dunkelkästen und Mistbeetanlagen. *Gartenbauwissenschaft*, Bd. 14, 1940, S. 626.
  12. Mäde, A. und Rudolf, W.: Zweck und Aufbau moderner bewetterter Gewächshäuser und ihr Temperaturgang im Vergleich zu dem des Freilandes. *Biokl. Beibl.* 1938, S. 145.
  13. Ullrich, H. und Mäde, A.: Studien über die Ursachen der Frostresistenz. I. Untersuchungen des Temperatúraustauschs an Rizinusblättern durch Messung von Oberflächentemperaturen. *Planta*, Bd. 28, 1938, S. 344.
  14. Ullrich, H. und Mäde, A.: Studien über die Ursachen der Frostresistenz. II. Untersuchungen über den Temperaturverlauf beim Gefrieren von Blättern und Vergleichsobjekten. *Planta*, Bd. 31, 1940, S. 251.
-

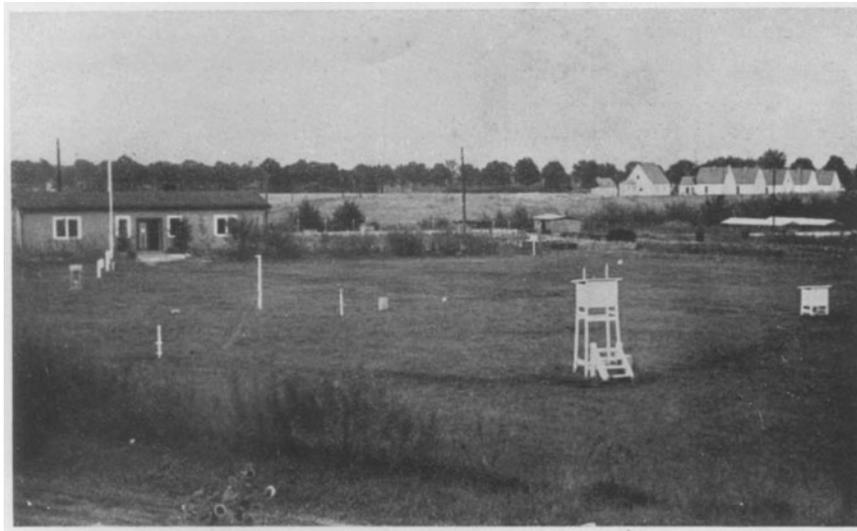


Abb. 7a

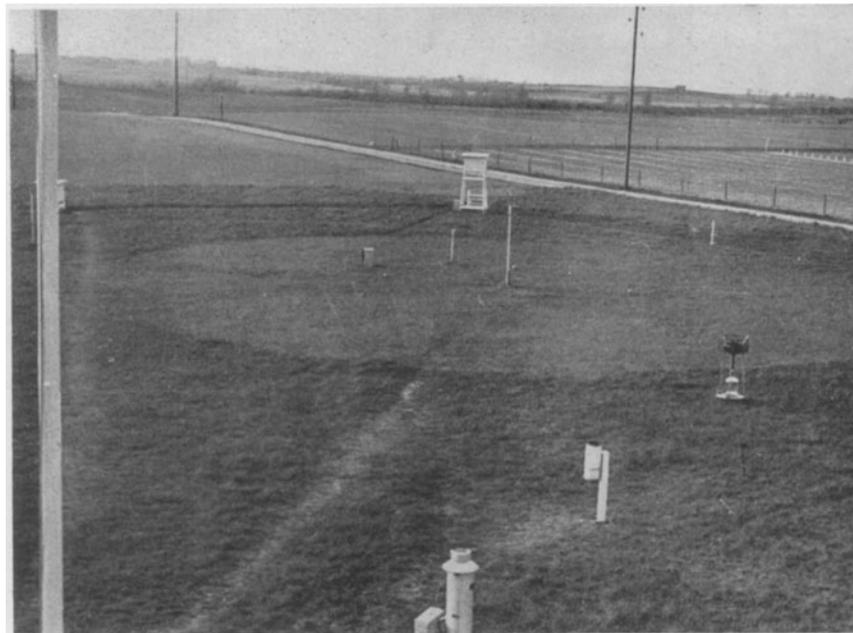


Abb. 7b

Abb. 7. Ansicht des Versuchsfeldes der Forschungsstelle: a) von NE; b) vom Dach der Dienststelle aus mit dem 10 m-Kreis um die mikroklimatische Basisstation.

TAFEL 2



Bild 1

21.06—21.09 h



Bild 5

21.18—21.21 h



Bild 2

21.09—21.12 h



Bild 6

21.21—21.24 h



Bild 3

21.12—21.15 h



Bild 7

21.24—21.27 h



Bild 4

21.15—21.18 h



Bild 8

21.27—21.30 h

Abb. 16. Nächtliche Nebelaufnahmen am Faulen See vom 30. März 1939. (Belichtungszeit je 3 Minuten. Beginn: 21.06; Ende 21.30.)