

673

3

# MITTHEILUNGEN

AUS DEM

# FORSTLICHEN VERSUCHSWESEN

## OESTERREICHS.

HERAUSGEGEBEN

VON

**L. A. VON SECKENDORFF**

K. K. O. Ö. PROF., REGIERUNGSRATH UND LEITER DES FORSTLICHEN VERSUCHSWESENS.



I. Band  
II. HEFT.

MIT 4 TAFELN.

WIEN, 1878.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHANDLER.



# Entwurf eines Programmes für forstlich-meteorologische Beobachtungen in Oesterreich.

Von

**Dr. J. R. Lorenz Ritter von Liburnau,**

k. k. Ministerialrath.

Seit einem Jahre haben Land- und Forstwirthe, insbesondere aber die Letzteren, in Deutschland und Oesterreich mit grösserer Entschiedenheit als bisher ihre Aufmerksamkeit den klimatologischen Fragen und Forschungen zugewendet.

Auf dem internationalen statistischen Congresse zu Budapest im September vorigen Jahres bildete die „*Météorologie agricole*“ einen der eingehendst behandelten Punkte; gleichzeitig war die Frage des klimatischen Einflusses der Wälder auf der Tagesordnung des Congresses der deutschen Forstwirthe in Eisenach. Der österreichische Forst-Congress, welcher im Frühjahre 1877 in Wien tagte, beschäftigte sich mit der forstklimatischen Frage länger und eingehender als mit jedem anderen Programmpunkte, und selbst jene Forstwirthe, welche für die weitestgehende Schonung der Wälder unter Hinweis auf deren klimatische Bedeutung eintraten, betonten doch die Nothwendigkeit weiterer exacter Forschungen über diesen Gegenstand.

Der internationale Meteorologen-Congress, welcher im kommenden September zu Rom tagen soll, hat auf Veranlassung des Verfassers auf seinem Programm auch die Frage: „Wie kann der Congress die Entwicklung der land- und forstwirtschaftlichen Meteorologie fördern?“

Es liegt daher sehr nahe, dass das forstliche Versuchswesen Oesterreichs durch ein System meteorologischer oder klimatologischer Beobachtungen ergänzt werde.

Aufgefordert von Sr. Excellenz dem Herrn Ackerbauminister,<sup>1)</sup> ein Programm für ein solches Beobachtungssystem zu entwerfen, gebe ich nun hier in Kurzem meine Auffassung dieses Gegenstandes und bezeichne die Einrichtungen, deren Nothwendigkeit ich aus jener Auffassung folgern zu müssen glaube.

Vor Allem erscheint eine genauere Begrenzung der Aufgaben erforderlich.

<sup>1)</sup> Herr Ministerialrath Dr. Lorenz Ritter von Liburnau wurde seither im Sinne des §. 5 des Statutes für das forstliche Versuchswesen in Oesterreich vom Ackerbauministerium mit der wissenschaftlichen Leitung des meteorologischen Versuchszweiges betraut.

Da muss denn zunächst betont werden, dass man der Meteorologie nicht Dinge zumuthen solle, die ausserhalb ihrer Competenz liegen. Nicht selten geschieht es, wenn man im Kreise von Praktikern von der Nothwendigkeit eingehenderer Studien über Wald und Klima spricht, dass erwidert wird: „Was wollen Sie da erst noch studiren? Sehen Sie sich die Torrenti und ihre Schuttbetten in Südtirol an — diese sind Beweis genug, dass der Wald den grössten Einfluss auf die Wohlfahrt des Landes hat“. Das sei unbestritten! — aber es muss nur bemerkt werden, dass hiemit das Klima nichts zu schaffen hat und dass die wichtige Frage von der Wasserabfuhr und vom Verhalten des Bodens zu derselben, worauf es bei den Torrenti ankommt, Sache der Bodenkunde und der Hydrologie ist. Aehnliche Verwechslungen kommen vor bezüglich des Quellenreichthums, der Bodenverschlechterung u. s. w. — lauter hochwichtige, aber nicht klimatologische Fragen. Theilen wir also die Arbeit, damit sie besser ausfalle, und bleiben wir hier bei der Meteorologie! Auch innerhalb dieses Wissensgebietes unterscheidet man wieder mehrere Capitel, welche den Bodenproducenten interessiren und eifrig verfolgt zu werden verdienen; der Verfasser glaubt einen Beitrag zur Uebersicht dieser verschiedenen agrar-meteorologischen Fragen in seiner Brochure: „Die Bedeutung und Vertretung der land- und forstwirthschaftlichen Meteorologie, Wien 1877“ geliefert zu haben und möchte, um Wiederholungen zu vermeiden, hier nur kurz darauf verweisen. Der Leser wird daraus ersehen, dass selbst dasjenige, was den Bodenproducenten, oder sagen wir hier nur den Forstmann, aus dem ganzen meteorologischen Gebiete interessiren muss, noch zu umfassend ist, um mit einem einzigen Beobachtungssystem erledigt zu werden. Die ganze grosse Gruppe von Fragen, welche in der Hauptfrage gipfeln: „wie sich das Klima zum Wachsthum jeder einzelnen Baumgattung in den verschiedenen Altersstufen, dann zur Nutzbarkeit des erwachsenen Holzes verhalte,“ hat einen durchaus andern Charakter als die Frage nach dem „Klima des Waldes im Vergleiche zu jenem des Freilandes“ und diese ist wieder eine andere als diejenige von der „Wechselbeziehung zwischen Wald und Freiland“. Hier soll nur von den beiden letzteren Fragegruppen gehandelt werden, und zwar rührt diese Beschränkung nicht von Geringschätzung anderer Fragen, sondern im Gegentheil von höchster Werthschätzung derselben her, indem sie mir viel zu wichtig erscheinen, um nicht durch eigene Specialisten behandelt zu werden.

Nur unter dieser beschränkenden Voraussetzung gehe ich nun an die Darlegung meines Programmes.

### 1. Sonderung und Wahl der Aufgaben.

Wenn ein System von Beobachtungen über die Beziehungen zwischen Wald und Klima nicht überflüssige oder doch weniger zeitgemässe Einrichtungen umfassen, oder nur nochmals schon anderwärts angestellte Beobachtungsreihen wiederholen soll, ist es nothwendig, jene Fragen, welche bereits ganz oder theilweise gelöst sind, von den noch ungelösten zu sondern.

Mit hinreichender Genauigkeit sind für die Verhältnisse des westlichen Mitteleuropa, als dessen östlichster Rand allenfalls der Wienerwald betrachtet werden kann, fast alle jene Fragen, welche sich auf das Klima im Walde beziehen, behandelt worden; es gehören hieher die Fragen über die Temperatur des Waldbodens, der Bäume (wenigstens nach Jahreszeiten), der Luft im Walde bis innerhalb der Kronen, dann über die relative Luftfeuchtigkeit und die Verdampfung im Walde, über die Niederschlagsmenge, welche auf den Boden des Waldes gelangt und über jene Wassermenge, welche als Antheil der atmosphärischen Niederschläge in den Boden des Waldes bis zu verschiedenen Tiefen eindringt.

Insbesondere die Arbeiten von Ebermayer haben, obgleich die bisher veröffentlichten Resultate nur auf Beobachtungen von einem oder von wenigen Jahren beruhen, über diese Fragen so viel Licht verbreitet, und die gegenwärtig bestehenden forstlich-meteorologischen Stationen des Deutschen Reiches fahren der Hauptsache nach in diesem Beobachtungssysteme fort,<sup>1)</sup> so dass die Verfolgung derselben Fragen auch noch von anderer Seite wenigstens nicht mehr zu den dringlichsten Aufgaben der Forschung gehört. Es ist zwar selbstverständlich, dass man bei der Wiederholung solcher Beobachtungen und bei ihrer Ausdehnung auf eine längere Reihe von Jahren etwas andere Ziffern finden wird, als die kurzjährigen von Ebermayer; aber es ist nicht anzunehmen, dass sich wesentlich andere Gesetze aus den Resultaten weiterer Beobachtungen innerhalb des westlichen Mitteleuropa ergeben werden.

Ein forstlich-meteorologisches Beobachtungssystem in Oesterreich kann daher nicht in erster Linie die Wiederholung der Ebermayer'schen oder ähnlicher in Deutschland angelegter Beobachtungsreihen zur Aufgabe haben; da es aber bei exacten Forschungen jedenfalls von Werth ist, eine grössere Menge von Controlbeobachtungen zu besitzen, so wird es immerhin nützlich sein, wenn wenigstens nebenher auch an passend gelegenen Stationen Oesterreichs Beobachtungen nach dem gleichen Systeme angestellt werden. Von grösserem Werthe insbesondere wäre die Ausdehnung solcher Beobachtungen auf die südlichen und südöstlichen Theile Oesterreichs, wo andere Bestandesarten, auch solche mit immergrünen Laubbäumen, unter einem wesentlich anderen Klima vorkommen und daher voraussichtlich manche eigenthümliche Resultate zu Tage treten würden.

Weniger genügend oder nur theilweise sind die folgenden Fragen beantwortet:

Bis zu welchem Grade wird die Baumtemperatur durch nichtperiodische Einflüsse, z. B. durch die Temperatur des jeweilig gefallenen Regens, geändert?

Regnet es über dem Walde häufiger oder mehr als über dem Freilande und unter welchen Umständen? (z. B. rasche Wiederverdampfung aus den erwärmten Baumkronen bei abgekühlter Luft im Sommer).

Kann im Walde selbst Regen entstehen, etwa durch niedrigere Temperatur der Bäume im Frühling und Frühsommer, wenn stark wasserhältige Luftströmungen mit diesen Kältequellen in Berührung kommen?

Welche Wassermenge wird im Waldboden unter verschiedenen Umständen zurückgehalten und wann und wie wieder abgegeben?

Wenn an die Stelle des Waldes andere Culturen treten, wie verhält sich deren klimatische Wirkung in verschiedenen Stadien des Wachstums und in verschiedenen Jahreszeiten zu jener des Waldes?

Als noch ganz und gar fraglich muss beinahe Alles bezeichnet werden, was den Einfluss des Waldes auf das Klima seiner näheren und weiteren Umgebung zum Gegenstande hat; denn die meisten der bisherigen Beobachtungen konnten im besten Falle constatiren, wie sich die klimatischen Verhältnisse des Waldes selbst von denjenigen des freien Landes überhaupt unterscheiden, sehr wenig aber ist in exacter Weise über die ursächlichen Wechselbeziehungen zwischen dem Wald und dem Klima des näheren oder entfernteren Freilandes beobachtet und veröffentlicht worden. Da nun eine Wechselbeziehung zwischen Wald und dessen Umgebung nur durch Luftströmungen, die vom Walde herkommen

<sup>1)</sup> Vergl. Jahresbericht über die Beobachtungsergebnisse der im Königreiche Preussen und in den Reichsländern eingerichteten forstmeteorologischen Stationen. Von Dr. Müttrich. I. Jahrgang, 1875.

oder über demselben aufsteigen, vermittelt werden kann und ohne solche Vermittelung, wie Jedermann weiss, dicht am schattigsten feuchtesten Walde dürre trockenrissige Wege und Felder tagelang, ja wochenlang verbleiben können, präcisirt sich die Aufgabe noch genauer dahin: dass die Luftschichten und Luftströmungen auf ihre Rolle als Träger der Wechselwirkung zwischen Wald und Freiland genauer untersucht werden müssen.

Zur Beantwortung dieser ebenso strittigen als wichtigen Frage, welche sich in eine grosse Anzahl untergeordneter Probleme theilt, gibt es hauptsächlich zweierlei Methoden, welche nebeneinander zur Anwendung kommen müssen:

Erstens: die statistische Methode, welche aus einer möglichst grossen Anzahl von Beobachtungsdaten passend gelegener Stationen in derselben Weise, wie dies in der Klimatologie überhaupt üblich ist, constatiren würde, ob und wieferne thatsächlich solche Stationen, die in gewissen Entfernungen von grösseren oder kleineren Waldcomplexen sich befinden, andere klimatische Werthe aufweisen als jene, welche unter sonst gleichen Umständen weit entfernt von jedem Waldcomplex liegen?

Zweitens: Die physikalisch-experimentelle Methode, welche zur Erforschung der Erklärungsgründe für die vermutheten oder auch bereits constatirten Wirkungen des Waldes auf das Klima seiner Umgebung bestimmte geeignete Fälle aufsucht oder herbeiführt, den Gang der Erscheinungen beobachtet, welche sich unter den so ausgewählten Verhältnissen zeigen, und aus den beobachteten Daten Schlüsse auf den ursächlichen Zusammenhang der hier wirkenden Kräfte und Erscheinungen zieht.

Keine der beiden Methoden kann für sich allein zu dem gewünschten Ziele führen; denn die statistische Methode gibt die Thatsachen ohne ausreichende Erklärung, die physikalisch-experimentelle Methode hingegen bedarf zur Ergänzung und Bekräftigung dessen, was sie gefunden zu haben glaubt, möglichst zahlreicher Bestätigungen an concreten Stationen.

Es soll nun hier in Kurzem angedeutet werden, in welcher Weise jede der beiden genannten Methoden bei uns zweckmässig in Anwendung zu kommen hätte.

## 2. Anwendung der statistischen Methode.

Die Aufgabe derselben bestände darin: die Temperaturs-, Feuchtigkeits- und Niederschlagsverhältnisse an je mehreren Punkten, die in verschiedenen Entfernungen und nach verschiedenen Richtungen von grösseren oder kleineren Waldungen mit verschiedener Bestandesart gelegen sind, untereinander zu vergleichen, wobei in den Aufzeichnungen auch die jedesmalige Windrichtung und Windstärke (ob von dem Walde zur Station her wehend oder nicht?), dann auf die Einschaltung von einzelnen Regenmessern selbst noch zwischen den eigentlichen Stationspunkten Bedacht zu nehmen wäre.

Da in Oesterreich bereits an nahezu 300 Stationen seit längerer oder kürzerer Zeit Beobachtungen angestellt werden, liegt es am nächsten, die schon vorhandenen Stationen vom Standpunkte der hier vorliegenden Fragen aus zu beurtheilen, um jene herauszufinden, deren gegenseitige Lage den oben gestellten Anforderungen entspricht und deren bisherige Aufzeichnungen im Sinne unserer Fragen verwendet werden könnten. Von den vorhandenen Stationen waren im Jahre 1876 202 in directer Verbindung mit der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus und lieferten dorthin ihre Aufzeichnungen ab, welche in den Jahrbüchern der genannten Centralanstalt ihre Verwerthung finden. Andere Stationen sind auf Anregung der land- und forstwirthschaftlichen Gesellschaften und Vereine oder sonstiger

Corporationen in einigen Kronländern (wie insbesondere in Böhmen, Steiermark und der Bukowina) entstanden;<sup>1)</sup> wieder andere sind vom Kriegsministerium, so bei Militärspitälern und an andern für die Kriegsverwaltung interessanten Punkten errichtet; noch andere sind von Eisenbahnverwaltungen an verschiedenen Bahnstationen in Gang gesetzt<sup>2)</sup> und endlich gibt es Stationen von Privaten, insbesondere von Grossgrundbesitzern, im letzteren Falle in Forsthäusern oder Maierhöfen, wovon man oft nur in engeren Kreisen Kenntniss hat.

Es wäre daher eine der wichtigsten Aufgaben, sich eine möglichst vollständige Uebersicht über alle diese Beobachtungsstationen und über die meteorologischen Elemente, welche daselbst beobachtet werden, dann über die Anzahl von Jahren, seit denen die Beobachtungen laufen und selbstverständlich auch über den Werth und die Verlässlichkeit der daselbst gewonnenen Aufzeichnungen zu verschaffen. Um zu ermessen, von welchen dieser Stationen die Daten für unsere speciellen Fragen verwerthet werden können, müsste zunächst eine Reihe von Orientierungsfragen beantwortet werden, welche auf dem geeigneten Wege an die Stationsbeobachter zu leiten wären.

Vorausgesetzt, dass die geographische Position und die Seehöhe der Stationen bekannt sei, was insbesondere von allen mit der k. k. meteorologischen Centralanstalt in Verbindung stehenden Stationen gilt,<sup>3)</sup> wären die zu beantwortenden Fragen hauptsächlich die folgenden:

1. Wie ist das Terrain gestaltet, auf welchem unmittelbar die Station selbst steht (Ebene, Hügel, Vertiefung u. s. w.)?

2. Wie verhält sich die Lage und Elevation des Stationsgebäudes und speciell des Aufstellungspunktes der Instrumente gegen andere Gebäude der Umgebung?

Ist ersteres freistehend oder nach einer oder nach beiden Seiten angebaut, liegen andere Gebäude etc. gegenüber, überhöht der Aufstellungspunkt andere gegenüberliegende Objecte oder ist er von ihnen überhöht?

3. Wie ist das Terrain der Umgebung, dessen Vegetationsdecke, Cultur und Besiedlung etwa bis 4 Kilometer im Radius, beschaffen, wobei insbesondere auf die Anwesenheit oder Abwesenheit von Wald, Wiesen, Feldern, oder anderseits von kahlen Flächen, dann von Wasser, Sümpfen u. s. w. Rücksicht zu nehmen und bei Wäldern, Wasserausbreitungen und Sümpfen auch die Natur derselben, ihre Grösse, bei Wäldern noch speciell die herrschende Holzart und das beiläufige Alter des gegenwärtigen Bestandes anzugeben ist.

Ein grosser Theil dieser Daten liesse sich zwar aus den Katastralmappen oder aus den sogenannten „Sectionsblättern der Militäraufnahme“ im Massstabe von 1:25·000 (früher 1:28·000)

<sup>1)</sup> So hat die hydrographische Commission des böhmischen Landesauschusses bei einer Jahresdotacion von 3000 fl. (aus Landesmitteln) nebst Pegelstationen auch Regenstationen errichtet (65 solche waren im Jahre 1876 thätig, noch ausser jenen der Central-Anstalt), deren Daten monatlich von der Gesellschaft der Wissenschaften in Prag vollinhaltlich publicirt werden. Der rührige Landescultur-Verein in der Bukowina hat eine stets im Wachsen begriffene Anzahl von meteorologischen Beobachtern gewonnen und veröffentlicht die Resultate im dortigen landw. Fachblatte; ähnlich ist es in Steiermark. Durch den Docenten der Standortslehre an der Hochschule für Bodencultur, Herrn Dr. Breitenlohner, wurde eine Anzahl von Forstorganen zu regelmässigen Beobachtungen angeregt, deren Aufzeichnungen im „Centralblatt für das gesammte Forstwesen“ fortlaufend publicirt werden.

<sup>2)</sup> Insbesondere die Direction der Westbahn hat solche Stationen, die sämmtlich jeden Morgen an das Central-Bureau dieser Bahn nach Wien telegraphisch berichten müssen; es sind deren jetzt zusammen 90, an denen auch der Regen gemessen wird.

<sup>3)</sup> Vergl. Jahrbuch der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus von Karl Jelinek und Ferdinand Osnaghi. Neue Folge, XI. B. Jahrgang 1874, wo sich auch eine Uebersichtskarte mit den geographischen Positionen aller Stationen befindet.

entnehmen und es wird dieses Hilfsmittel bei der schliesslichen Beurtheilung der Stationen auch in Anwendung zu kommen haben; da aber hie und da Culturänderungen in den Katastralmappen nicht verzeichnet sind und überhaupt die lebendige Schilderung des mit der Gegend vertrauten Beobachters nicht völlig durch kartographische Darstellung ersetzt werden kann, muss immerhin auf der Beantwortung auch dieser Fragen bestanden werden.

4. Wie und nach welcher Weltgegend sind die Instrumente aufgestellt, seit welcher Zeit befinden sie sich in dieser Stellung und wie war eventuell ihre Stellung in früherer Zeit? Insbesondere aber: Welche Objecte, die auf das Verhalten der meteorologischen Elemente Einfluss nehmen können, befinden sich gegenüber den Instrumenten bis zur Entfernung von 4 Km.?

5. Welche Aenderungen sind innerhalb einer noch sicher bekannten Zeit mit den Waldungen, an den sonstigen Culturen von grösserer Ausdehnung, an den Wasserausbreitungen, Sümpfen oder Mooren der Umgebung (4 Km. im Radius) vorgenommen worden?

6. Welche Aenderungen in Beziehung auf Klima, Quellen, sonstige Gewässer oder betreffs der Vegetation werden als Folgen der unter 5 erwähnten Cultur-Aenderungen (wie z. B. Entwaldung, Aufforstung oder Wiederbewaldung) behauptet und welche Ansicht hat der Beobachter über solche Behauptungen gewonnen?

Das Studium der Antworten auf diese Fragen wird, in Verbindung mit einer allgemeinen Beurtheilung der verschiedenen Gebietstheile der Monarchie vom physikalisch-geographischen Standpunkt aus, jedenfalls dahin führen, dass man eine Anzahl bereits bestehender Stationen für besonders geeignet zu den in Rede stehenden Zwecken halten wird. Diese Stationen wären aber dann erst noch von einem vollständig informirten Fachmann persönlich aufzusuchen, um das Urtheil über die Rolle derselben für die beabsichtigten Untersuchungen festzustellen. Erst wenn dies geschehen, erscheint es angezeigt, die bereits vorliegenden Original-Aufzeichnungen solcher Stationen nach jenen Gesichtspunkten zu prüfen und zu verwerthen, welche hier massgebend sind und nach denen die Prüfung und Verwerthung bisher nicht erfolgt ist. An manchen der so ausgewählten Stationen wird zwar die Lage, nicht aber die Ausrüstung als zweckentsprechend gefunden werden, so dass man von den bisherigen Aufzeichnungen keinen Gebrauch machen kann, jedoch wünschen muss, einen solchen Gebrauch in Zukunft machen zu können. In solchen Fällen wäre die Ausrüstung entsprechend zu ergänzen und, wo es zweckmässig erscheint, eine kleinere oder grössere Anzahl von Vergleichungs- oder Zwischenstationen mit den schon vorhandenen in Verbindung zu bringen. So z. B. gibt es in der Bukowina am Rande grosser Waldcomplexe, gegenüber dem grösstentheils kahlen Dnjester-Plateau, von welchem häufig sehr trockene Nordost-Winde herüberkommen, bereits mehrere Stationen in Forsthäusern; wenn man nun in der Verlängerung der angedeuteten Windrichtung in mehreren Abständen waldeinwärts Hilfsstationen mit den entsprechenden Instrumenten anlegte, so wären solche Stationen besonders geeignet, zur Entscheidung der Frage beizutragen: ob ein trockener Wind durch oder über einen Wald weggehend an Wassergehalt zunimmt, und wie sich diese Zunahme bei verschiedenen Temperaturen, Bestandesarten, zu verschiedenen Jahreszeiten u. s. w. verhält.

Diese Ergänzung gewisser schon vorhandener Stationen in angemessenen Lagen wird jedoch voraussichtlich noch nicht genügen, um die hinreichende Anzahl und Abwechslung von Punkten für die erforderlichen genauen Daten zu gewinnen; es werden daher auch völlig neue Stationen zu errichten sein. Wo und wie dies zu geschehen habe, hängt offenbar ab einerseits von den Fragen, welche durch unser Beobachtungssystem zu lösen sind, anderseits von den localen Verhältnissen.

Die Fragen sind bereits kurz bezeichnet. Es folgt aus denselben, dass es sich hauptsächlich darum handelt, nebst solchen Stationen, die sich tief im Inneren grösserer und kleinerer Waldcomplexe befinden, auch andere Waldstationen näher dem Rande, dann Freiland-Stationen in verschiedenen Entfernungen von denselben Waldcomplexen zu etabliren und überdies für eine Gruppe von Stationen, die unter dem Einflusse reichlichen Waldes stehen, eine parallele Gruppe anderer Stationen zu bilden, welche bei übrigens gleichen Umständen, also besonders bei gleicher Höhenlage und Bodenbeschaffenheit, dem Einfluss von Wäldern möglichst weit entrückt sind. Da die Beziehungen zwischen Wald und Klima nach den Höhenlagen verschiedene sein müssen, wird man die Stationen auch nach ihrer verschiedenen Elevation gruppiren müssen.

Die Alpen und Karpaten bieten Oertlichkeiten, welche den soeben angedeuteten Bedingungen in der Hochgebirgslage entsprechen; so z. B. wäre die Vergleichung des ca. 1600 Meter hohen Plateau des kahlen Tännengebirges mit dem nicht viel niedrigeren Plateau des ziemlich bewaldeten Höllengebirges eine sehr nahe liegende Aufgabe; der Böhmerwald, das Marsgebirge in Mähren, die grossen Waldungen des griechisch-orientalischen Religionsfondes in der Bukowina bieten angemessene Mittelgebirgslagen oder Berglagen dar; die von weitem Freiland umgebene Waldmasse um Zbirow, Pürglitz und Neustrašir in Böhmen gibt einen classischen Fall für die Mittellandslage; der zusammenhängende Complex der Idrianer und Ternowaner Waldungen in Krain und Görz ermöglicht uns Beobachtungen im noch bewaldeten Karstgebiete und über den Einfluss dieser Waldungen auf den benachbarten kahlen Karst; der Eichen-Staatsforst der k. k. Marine in Montona (Istrien) in einer ringsum waldlosen Gegend und der Castuaner Wald zeigen ähnliche Verhältnisse nur im kleineren Massstabe und in niedrigeren Lagen; der Kobernauser Wald repräsentirt eine Hügellage im westlichen, noch vorwiegend oceanischen Klima; verschiedene Waldcomplexe in Galizien bieten uns Hügelland und ebene Lagen unter dem Einflusse des weit trockeneren, mehr continentalen osteuropäischen Klimas.

Sehr wünschenswerth wäre es, wenn analoge Einrichtungen auch in Ungarn und Siebenbürgen getroffen würden, da hier die äusserste Trockenheit des Steppenklima's einerseits und am Randgebirge grosse Waldungen andererseits vorhanden sind, wie der Bakonyerwald im Westen, die Wälder in den Vorbergen der Karpaten nördlich und die Biharia (Siebenbürgisches Westgebirge) im Osten, so dass man Ungarn als das eigentlich classische Land für derartige Beobachtungen bezeichnen kann. Was in dieser Beziehung jenseits der Leitha geschehen soll, kann zwar nicht von hier aus bestimmt werden; aber die Anregung, welche durch uns unzweifelhaft erfolgen und hoffentlich jenseits der Leitha Anklang finden wird, kann gewiss nicht verwehrt sein, ebensowenig wie die Verwerthung der dort erzielten Daten durch Vergleichung mit den diesseitig erlangten, welche durch erstere gewiss sehr wichtige Ergänzungen erhalten würden. Es kann daher nur dringend empfohlen werden, dass ein Einvernehmen mit der Direction der k. ung. meteorologischen Central-Anstalt in Ofen behufs gemeinsamen fachlichen Vorgehens angebahnt werde.

Um innerhalb der oben angedeuteten, in verschiedenen Höhenlagen befindlichen Waldcomplexe die Auswahl bestimmter Stationsorte treffen zu können, wird man zunächst die eigene Landeskenntniss und Erfahrung, dann die Generalstabskarten, die Landesbeschreibungen zu Rathe ziehen, wo möglich auch durch Correspondenz mit landes- und ortskundigen Fachmännern (wie Organe der Forstverwaltung, des Katasters, Beobachtern an den bisherigen

Stationen u. s. w.) Fingerzeige zu erlangen trachten und schliesslich durch Bereisung sich selbst die entscheidende eigene Anschauung verschaffen.

Einer der wesentlichen Umstände, welche die Wahl bestimmter Stationspunkte beeinflussen muss, ist die Verfügbarkeit geeigneter Beobachter. In dieser Beziehung muss auf das Eindringlichste vor einer Auffassung gewarnt werden, welche, weil sie sehr nahe liegt, sehr allgemein verbreitet ist: dass nämlich Beobachter am einfachsten durch die Beauftragung untergeordneter Dienstorgane, wie z. B. Förster, Wirthschafts-Verwalter, Bahnbeamte, Officiere und Unterofficiere bei militärischen Etablissements u. s. w. gewonnen werden können. Es ist zwar selbstverständlich, dass solche Personen oft weit und breit die einzigen sind, bei denen einige fachliche Bildung, Interesse und Verlässlichkeit vermuthet werden kann; aber diese Eigenschaften, welche, und zwar in hohem Grade, bei einem brauchbaren Beobachter vorhanden sein müssen, sind durchaus nicht selbstverständlich mit dergleichen Persönlichkeiten und Stellungen verbunden, und ein Auftrag von Oben ist keineswegs im Stande, jene Vereinigung von Eigenschaften zu erzielen, welche im Interesse exacter Resultate unentbehrlich ist.

Man hat hievon ein sehr drastisches Beispiel an den meteorologischen Beobachtungen auf unseren Seeschiffen. Seit mehr als zehn Jahren sind meteorologische Bordjournale auf den Kriegsschiffen eingeführt und bestimmte Terminbeobachtungen angeordnet; ebenso hat die Dampfschiffahrt-Gesellschaft des österr.-ungar. Lloyd eine Anzahl von Schiffen mit Instrumenten und Instructionen für meteorologische Beobachtungen versehen. Aber mit sehr wenig Ausnahmen, welche immer auf das persönliche Interesse einzelner Schiffsofficiere zurückzuführen sind, ist aus allen diesen befehlsweise getroffenen Verfügungen nichts Anderes hervorgegangen, als lückenhaftes, wenig verlässliches und jedenfalls nicht verwerthbares Materiale; und die hervorragendsten Vertreter des Seewesens haben bei diesbezüglichen Verhandlungen in Wien ihre Ueberzeugung ausgesprochen, dass bessere Resultate nur in jenen Fällen zu erzielen sein werden, wo Beobachter sich entweder freiwillig melden, oder auf gegebene Anregung ein selbstständig hervorragendes Interesse an der Sache bekunden und wo der mit den betreffenden Instructionen Ausgerüstete die Verantwortung für die Richtigkeit der Beobachtungsreihen übernimmt, welche unter seiner Namensfertigung eingesendet und unter seinem Namen veröffentlicht oder verwerthet werden.

Nur das persönliche wissenschaftliche Interesse und das Bewusstsein persönlicher Verantwortlichkeit vor der wissenschaftlichen Welt, nebenbei in manchen Fällen auch die Aussicht auf entsprechende Entlohnung, sind im Stande, jene Genauigkeit, Ausdauer, ja Opferfähigkeit hervorzurufen, ohne welche verwerthbare Daten nicht zu erlangen sind.

Auf unsere Angelegenheit angewendet folgt daraus, dass man durchaus nicht in jedem irgendwo postirten Wirtschaftsorgan, Forstbeamten, Postencommandanten u. s. w. einen sicheren und überdies unentgeltlichen Beobachter zu erblicken hat, wenn nicht der Werth des ganzen Beobachtungssystemes in Frage gestellt werden soll. Es ist viel besser, eine geringere Zahl von Stationen zu haben und dieselben auf jene Orte zu beschränken, an denen nicht nur mit den erforderlichen Kenntnissen, sondern auch mit wirklichem Berufe und Interesse ausgerüstete Männer sich vorfinden, als wenn man ein Netz von zahlreicheren Stationen ohne Garantien für den factischen (nicht officiellen) Werth der Beobachter im Ordonnanzwege schaffen wollte. Auch die Ertheilung von bestimmten Honoraren darf nicht gescheut werden, wenn die persönlichen Verhältnisse eines befähigten und willigen Mannes ihm nicht gestatten, ohne besondere

Vergütung einen wesentlichen Theil seiner Zeit und seiner Kräfte den Beobachtungen und Aufschreibungen zu widmen.

### 3. Anwendung der physikalisch-experimentellen Methode.

#### a) Rein meteorologische Untersuchungen.

Die Beobachtungen dieser Gruppe unterscheiden sich von denen der vorigen dadurch, dass sie nicht Tag für Tag zu bestimmten Stunden in derselben Weise anzustellen und zu registriren sind, sondern nur dann beginnen, wenn die Fälle, auf welche sie berechnet sind, eintreten und auch nur so lange dauern, als eben die betreffende Combination von Umständen besteht.

Die hauptsächlichsten Fragen, zu deren Lösung die Anwendung dieser Methode unerlässlich scheint, werden im Folgenden näher erörtert.

Da der Wald seine klimatischen Eigenthümlichkeiten, wie bereits oben gesagt, nur mittelst der von ihm ausgehenden oder mit ihm in Berührung gekommenen Luftströmungen theilweise auch auf die Nachbarschaft übertragen kann, ist es von fundamentaler Wichtigkeit, die vom Walde herkommenden Luftströmungen insbesondere bezüglich ihres Wassergehaltes und ihrer Temperatur zu untersuchen. Tritt nun beispielsweise der Fall ein, dass eine Luftströmung aus einem Wald herausweht in benachbartes Freiland, so ist es für unsere Specialfrage viel wichtiger, die Temperatur und den Wassergehalt dieses Luftstromes in verschiedenen Abständen vom Boden und in verschiedener Entfernung vom Walde und zwar kurz nacheinander zu messen, als wenn jahrelang die täglich dreimaligen Terminbeobachtungen fortgesetzt werden, von denen die meisten den hier vorausgesetzten Fall gar nicht repräsentiren und die keineswegs so zahlreich angestellt werden können, wie es zur genauen Erforschung der Natur einer solchen Luftströmung erforderlich wäre.

Selbst nur 10 bis 20 mal im Jahre einen solchen Fall durch einige Stunden zu verschiedenen Tageszeiten zu beobachten, ist im Sinne der physikalischen Methode erspriesslicher und einem tüchtigen Beobachter auch leichter zuzumuthen, als wenn derselbe Mann durch eine lange Reihe von Jahren so rasch aufeinander folgende Terminbeobachtungen machen müsste, dass daraus die genaue Verfolgung solcher Fälle möglich wäre.

Derartige Veranstaltungen lassen sich besonders bei Anwendung von *Ballons captifs*, von denen noch weiter unten die Rede sein wird, und unter Beiziehung einer oder mehrerer Hilfskräfte, die gewiss in einzelnen Fällen, nicht aber das ganze Jahr hindurch, verfügbar sein können, mit grossem Vortheile treffen, und zwar nicht nur von einem Stationsbeobachter, sondern auch von einem Reisenden, der sich an einem geeigneten Orte zu jener Zeit aufhält, wo eben der vorausgesetzte Fall eintritt.

Eine besondere Beachtung werden im Bereich der hier vorliegenden Fragen auch jene Fälle finden müssen, wo eine specielle Luftcirculation zwischen dem Walde und dem benachbarten Lande unbehindert von der allgemeinen Luftströmung stattfindet. Nach der Theorie sollte bekanntlich während der Zeit einer wirksameren Insolation, also im Sommerhalbjahr und in den wärmeren Stunden bei heiterem Himmel, eine kühle Luftströmung aus dem Walde gegen das freie Land herauskommen, sich dann in einer noch fraglichen Entfernung

vom Walde mit dem sonstigen aufsteigenden Luftstrome erheben und nach der in grösserer Höhe erfolgten Abkühlung sollte ein Theil der aufgestiegenen Luft von oben her in den Wald zurückkehren, um jene Luft zu ersetzen, welche unten abströmt u. s. w. In heiteren Nächten, insbesondere in den ersten Stunden derselben, sollte eine entgegengesetzte Circulation stattfinden, indem kältere Luft aus dem freien Lande unterwärts in den Wald einströmt, mit der vom Tage her noch erwärmten Waldluft aufsteigt u. s. w. Wenn diese Circulation überhaupt stattfindet, so müsste sie einen wesentlichen Einfluss auf die Umgebung, wenn auch vielleicht nur in geringer Ausdehnung, haben; sie kann aber jedenfalls nur dann eintreten, wenn ausser dieser localen Circulationsströmung im Allgemeinen Windstille herrscht, weil jeder allgemeiner verbreitete bedeutendere Luftstrom eine solche locale Circulation nicht aufkommen liesse. Es wird sich also darum handeln, auf den richtigen Moment zu achten, an dem überhaupt eine derartige locale Circulation bei Tag oder Nacht vermuthet werden kann und mit den Instrumenten, von welchen ein Theil am *Ballon captif* angebracht ist, die Circulation durch Beobachtungen in sehr kurzen Intervallen genau zu verfolgen.

Eine weitere Gruppe von Beobachtungen wäre bestimmt die Frage zu entscheiden, wie sich der Wassergehalt jener Luftschichten, welche unmittelbar über den Kronen der Waldbäume liegen, unter dem Einfluss des darunter liegenden Waldes abweichend gestaltet von demjenigen gleichhoher Luftschichten, unter denen sich kein Wald befindet. Beobachtungen hierüber können ebenfalls nicht das ganze Jahr hindurch, sondern nur an solchen Tagen, an denen Windstille oder eine nur ganz unbedeutende und unstetige Bewegung der Luft herrscht, mit Erfolg angestellt werden. Zu diesen Versuchen müsste man sich entweder solcher Gerüste, welche über die Gipfel der Waldbäume hinausragen, oder der schon erwähnten *Ballons captifs* bedienen. Die letzteren dürften vorzuziehen sein, weil sie sich je nach Erforderniss an verschiedene Punkte leicht transportiren und in verschiedene Höhengschichten senden lassen, während das Gerüst, bei verhältnissmässig grossen Kosten, sich im Falle des Bedarfes nicht wohl wieder anderswohin verlegen lässt und überdies durch die Beschwerlichkeit der Besteigung einer oft wiederholten Benützung nicht sehr förderlich ist.

Beobachtungen über den Baumkronen sind bisher nur von Fautrat und Sartiaux <sup>1)</sup> in Frankreich, und noch nicht in einer Art und Ausdehnung angestellt worden, dass man ihre Resultate als endgiltige Lösung der Frage betrachten könnte. In Deutschland hat man zwar die Temperaturs- und Feuchtigkeitsverhältnisse innerhalb der Krone gemessen, oberhalb derselben aber nicht in Betracht gezogen; und doch sind gerade diese letzteren Beobachtungen für unsere Frage mehr entscheidend als die ersteren, indem wir nicht die schon ziemlich gut bekannten klimatischen Verhältnisse im Walde, sondern die Beziehungen zur Umgebung nach jeder Richtung hin untersuchen wollen.

Die Beobachtungen der physikalisch-experimentellen Richtung wären theils von den tüchtigsten bereits erprobten Beobachtern an den passend gelegenen fixen Stationen anzustellen, theils aber auch dem Leiter des Beobachtungswesens oder einem seiner Hilfsorgane bei Gelegenheit von Bereisungen zu überlassen. Zu diesem Zwecke müssten jene Stationen, welche neben den fortlaufenden Tagesbeobachtungen sich auch mit den erwähnten physikalischen (nur in den angegebenen Fällen anzustellenden) Beobachtungen zu beschäftigen hätten, auch mit den betreffenden speciellen Apparaten ausgerüstet werden, von denen noch im Abschnitt über die „Ausrüstung“ weiter unten die Rede sein wird.

<sup>1)</sup> Comptes rendus 1876.

gleich sind, und die Verschiedenheiten sich eben nur auf die Bewaldungsverhältnisse beschränken. Der zweite Typus wäre jener der „Radial-Stationen“, bei denen es wesentlich darauf ankommt die verschiedenen, insbesondere aber die ursprünglich trockenen Luftströmungen vor, während und nach dem Passiren eines Waldcomplexes zu untersuchen. Zu diesem Zwecke wird jedesmal eine ganze Gruppe von Beobachtungspunkten combinirt werden müssen; nämlich eine oder zwei Stationen tief im Inneren des Waldcomplexes, dann mehrere ausserhalb dieses letzteren, mindestens eine in jedem der vier Quadranten (vom Walde aus gerechnet) und mit näherer Orientirung nach der Richtung der vorzüglich herrschenden oder charakteristischen Winde von entgegengesetztem Charakter.

Die Freilands-Stationen einer solchen Gruppe sollen mindestens 2 Km. vom Waldrande entfernt und in gleicher Höhe mit dem Walde sein; an der Leeseite des trockensten Windes aber wird es sich empfehlen, noch je eine oder zwei dem Waldrande näher gelegene Hilfsstationen einzuschalten, da möglicherweise eine Wirkung des Waldes sich zwar in grösserer Nähe (von etwa 0.5 Km. oder 1 Km.) nicht aber auf weitere Entfernungen constatiren lassen dürfte. Eine solche Beobachtungsgruppe würde daher bei vollständiger Besetzung fünf bis acht Stationspunkte umfassen, z. B. eine oder zwei im Innern des Waldes, je eine gegen Westen, Nordosten und Südosten und eine bis drei im Südwesten, vorausgesetzt, dass der Nordostwind in der betreffenden Gegend der trockenste und daher die Südwestseite diejenige sei, auf welcher sich ein grösserer Wasserdampfgehalt der Luft zeigen müsste, wenn der Wald einen solchen hervorzubringen im Stande ist. Auf die richtige Situation jeder Beobachtungsstation muss ein so grosser Werth gelegt werden, dass, falls an geeigneten Stellen, wo Beobachtungen nothwendig erscheinen, sich Wohnhäuser oder sonstige Unterkunft für Instrumente und Beobachter nicht vorfinden, man eher zur Erbauung einfacher Blockhäuser schreiten, als Stationen an physisch minder geeignete Punkte mit leichterer Unterkunft verlegen müsste, wie bereits Dr. Breitenlohner<sup>1)</sup> hervorgehoben hat.

Ueber die Anzahl und Vertheilung der Stationen werden aber nebst der Eignung der natürlichen Lage und dem Vorhandensein entsprechender Persönlichkeiten auch noch die verfügbaren Geldmittel entscheidend sein, weshalb weiter unten die Ausrüstungskosten der Stationen verschiedenen Ranges präliminirt werden.

### 5. Ausrüstung der Stationen.

Die Ausrüstung wird von den schon genugsam erörterten Zwecken bedingt, welche offenbar verlangen, dass die Verhältnisse der Temperatur, der absoluten und relativen Luftfeuchtigkeit, des Niederschlages und der Windrichtung möglichst genau und oft beobachtet werden. Es kann demnach eines der theuersten und schwierigst zu conservirenden Instrumente, nämlich das Barometer, für unsere Zwecke ganz entbehrt werden, indem der Luftdruck für unsere speciellen Fragen nicht direct von Belang ist und die indirecte Beziehung zur Berechnung der Luftfeuchtigkeit aus der psychrometrischen Differenz (bei August's Psychrometer) nichts Anderes verlangt, als die Kenntniss des mittleren Barometerstandes der betreffenden Gegend, welcher jedoch nach der Seehöhe und dem Barometerstand entsprechend gelegener

<sup>1)</sup> Vergl. dessen Abhandlung „Zur Reform und Erweiterung des agrar-meteorologischen Beobachtungssystemes“ (Centralblatt für das gesammte Forstwesen, 1877, 5. Heft).

Stationen des Beobachtungsnetzes der k. k. meteorologischen Centralanstalt mit hinreichender Genauigkeit entnommen werden kann.

Unerlässlich sind vor Allem an jeder Station zwei Thermometer zur Beobachtung der Lufttemperatur, und zwar eines etwa in Mannshöhe, also nahe am Boden des Waldes, das andere unmittelbar über dem Niveau der Baumkronen. Zur Beobachtung der Feuchtigkeitsverhältnisse ist die Beigabe je eines feuchten Thermometers zu jedem der beiden soeben erwähnten trockenen Thermometer, also die Verfügbarkeit zweier August'scher Psychrometer-Paare (eines unter, das andere über den Baumkronen) erforderlich, denen auch noch je ein Hygrometer nach Klinkerfues beizugeben wäre.

Da es an und für sich keinem Zweifel mehr unterliegt, dass die Luft im Walde schon vermöge der durchschnittlich niedrigen Temperatur und der geringeren Wiederverdampfung eine grössere relative Feuchtigkeit haben muss, während es fraglich ist, in welchem Grade verschieden hohe Luftschichten in und ober dem Walde, oder auch rings um den Wald herum, eben durch den Wald einen grösseren absoluten Gehalt an Wasserdampf erhalten, so erscheint die Anwendung von Psychrometern und Hygrometern, die zunächst für die Ermittlung der relativen Feuchtigkeit in Procenten dienen und bei Ermittlung des absoluten Wassergehaltes nur als ein nicht ganz genaues Surrogat für directe Messung gelten können, noch nicht vollständig genügend; ich befürworte vielmehr die Anwendung eines Apparates, welcher aus einer beliebigen Luftschichte ein bestimmtes und jedesmal gleiches Quantum Luft aufnimmt und demselben alles Wasser entzieht, so dass aus der Gewichtsvermehrung des wasserabsorbirenden Mittels oder aus der Verminderung des Luftvolumens nach erfolgter Absorption des Wassergases der Gehalt an letzterem genau berechnet werden kann.<sup>1)</sup> Einen solchen Apparat, welcher mit Umgehung jeder Wägung genaue Beobachtungen gestattet, hat auf meine Anregung Herr Prof. Schwackhöfer an der Hochschule für Bodencultur in Wien zu construiren unternommen, und dürfte es binnen Kurzem gelingen, die noch vorhandenen Schwierigkeiten, welche hauptsächlich in der Temperaturcorrection gelegen sind, zu überwinden. Würde ein solcher Apparat mit mässigen Kosten leicht herzustellen und einfach zu behandeln sein, so wären wenigstens Stationen ersten Ranges mit demselben zu versehen.

Als Ergänzung zu den hygrometrischen Beobachtungen wären ferner „*Evaporimeter*“ (Verdunstungsmesser), jedoch nur bei Stationen ersten Ranges in Anwendung zu bringen; es empfiehlt sich dazu insbesondere das durch seine Einfachheit ausgezeichnete *Evaporimètre de Piche* von Baudin in Paris. Apparate, an welchen die Verdunstung einer freien Wasserfläche, dann diejenigen aus verschiedenen nackten, bedeckten oder bewachsenen Bodenarten (nach Ebermayer's Construction) zu beobachten ist, erscheinen mir, nachdem solche Beobachtungen anderwärts theils schon zahlreich vorliegen, theils fortgesetzt werden, nicht durchaus erforderlich und könnten nur etwa an zwei der hervorragendsten Stationen, wovon jedenfalls eine im Süden der Monarchie, behufs vergleichender Beobachtungen in Anwendung genommen werden.

Die Regenmesser müssten, wie die Thermometer und Psychrometer, an Waldstationen sowohl nahe dem Boden als oberhalb der Baumkronen angebracht werden, und zwar erscheint

<sup>1)</sup> Forscher, welchen es auf genaue Bestimmung des Wassergases in beliebigen Luftschichten ankam, haben sich auch schon bisher nicht der Psychrometer, sondern aspirirender Apparate bedient; so Dr. Vogel bei seinen Versuchen über den Wassergehalt der Luft bei verschieden bekleideter Bodenoberfläche. (Zeitschr. d. k. bayr. Akad. 1868).

es mir nothwendig, unter den Bäumen nicht bloß Ein, sondern drei bis vier Ombrometer an Stellen von verschieden dichten Kronenschluss aufzustellen, damit die auf den Boden des Waldes gelangende Wassermenge nicht zu sehr nach blossen Zufälligkeiten der Belaubung, des Astschlusses etc. beurtheilt werde, was auch bereits Dr. Breitenlohner (l. c.) vorgeschlagen hat. Für Freilandstationen erscheint es ebenfalls zweckmässig, je mehrere Ombrometer anzuwenden, nämlich etwa drei an verschiedenen Punkten in derselben Höhe wie die unteren der Waldstation, und eines womöglich in der Höhe wie die über den Kronen befindlichen der Waldstationen, also etwa auf dem Hausdache oder auf einem isolirten Baume etc.

Bei der Wichtigkeit, welche für unsere Zwecke einer genauen Beobachtung der Windrichtungen zugeschrieben werden muss, erscheint eine, wenn auch möglichst einfache, doch sicher functionirende Windfahne als ein nothwendiges Inventarstück jeder Station.

Einige Stationen ersten Ranges müssten mit dem von Prof. Schwackhöfer noch zu vollendenden Luftsauger und mit je einem oder zwei *Ballons captifs* versehen werden. Diese letzteren bieten das Mittel, an beliebiger Stelle bis zu verschiedenen Höhen das Verhalten der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit zu verfolgen und jene Fragen zu beantworten, welche man an die Luftschichten in verschiedenen verticalen und horizontalen Abständen vom Walde stellen muss, um die Wechselbeziehungen zwischen Wald und Klima der Waldesumgebung in exacter Weise zu ergründen. Die Skizze eines solchen Ballon's und seiner Ausrüstung mit selbstregistrirendem Thermometer, Psychrometer oder Hygrometer <sup>1)</sup> und Regenfänger, ist von mir schon seit längerer Zeit entworfen; es fehlt jedoch noch an der praktischen Ausführung eines solchen Apparates, welche mit einigen Schwierigkeiten verbunden sein wird, wenn derselbe nicht zu theuer, leicht transportabel und füllbar, dabei ungefährlich und handlich sein soll. Da ein solcher Ballon nur wenige Apparate zu tragen haben wird, welche zusammen etwa 2—3 Kilogr. wiegen, so können seine Dimensionen ganz mässig sein. Die Details der Construction zu besorgen, hat ebenfalls Herr Prof. Schwackhöfer übernommen.

Es folgt nun ein Voranschlag der Ausrüstungskosten.

Dabei sind unterschieden: Stationen erster und zweiter Ordnung, dann Zwischen- und Regenstationen. „Erster“ und „zweiter Rang“ ist hier nur relativ für unser forstlich-meteorologisches Beobachtungssystem zu verstehen, nicht im selben Sinne wie bei rein meteorologischen Stationen nach der internationalen Vereinbarung. Unsere Stationen erster Ordnung sind daher weit weniger reich und kostspielig eingerichtet, als die Reichs- oder Central-Anstalten erster Ordnung. Zwischenstationen werden hauptsächlich dazu erforderlich sein, um, wenn ein bestimmter Einfluss des Waldes auf seine Umgebung constatirt werden kann, zu erforschen, wie weit dieser Einfluss reiche.

Die Preise sind theils nach gefälliger Mittheilung aus der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie, theils nach Ebermayer's Angaben (Seite 14 seines bekannten Werkes über die „physikalischen Einwirkungen des Waldes“ etc.) angesetzt.

<sup>1)</sup> Das Luftsaugen zur Bestimmung des Wassergehaltes höherer Luftschichten dürfte derart erfolgen, dass der Ballon nur ein Kautschukrohr mit in die Höhe nimmt, während der Mess-Apparat unten beim Beobachter bleibt.

Gegenstände	Anzahl der Exem- plare	Preise der Apparate		Andere Kosten
		Einzel	Zusammen für die beantragte Anzahl	
Je eine Waldstation I. Ordnung.				
Thermometerpaare (je 1 trockenes und 1 feuchtes Thermometer, daher zugleich Hygrometer nach August's Princip) u. z. ohne Seitenbeschirmung <sup>1)</sup> für unten und oben <sup>2)</sup> . . . . .	2	15	30	
Vorraths-Thermometer . . . . .	3	5	15	
Maximum-Thermometer <sup>3)</sup> u. o. . . . .	2	10	20	
Minimum-Thermometer <sup>3)</sup> u. o. . . . .	2	8	16	
Baumthermometer . . . . .	6	4	24	
Hygrometer von Klinkerfues u. o. . . . .	2	11·5	23	
Evaporimeter Piche von Baudin . . . . .	1	4	4	
Evaporimeter nach Ebermayer für Erde und Vegetation .	4	5	20	
Ombrometer (Regenmesser) unten 4, oben 2 . . . . .	6	10	60	
Windfahne vereinfacht . . . . .	1	8	8	
Ballon captif . . . . .	2	— <sup>4)</sup>	—	
Luftsauger nach Schwachhöfer . . . . .	2	— <sup>4)</sup>	—	
Gerüste über die Kronen sammt Aufstieg . . . . .	1	80	80	20
Verpackung und Transport der Apparate . . . . .	—	—	—	20
Arbeitslöhne bei der Aufstellung . . . . .	—	—	—	100
Reise des Dirigirenden . . . . .	—	—	—	100
			300	140
Summe ohne Ballon und Luftsauger . . . . .				fl. 440
Mit 2 Ballons und Luftsaugern (wobei das Gerüste wegfällt) um einen noch nicht bestimmten Betrag mehr.				
Je eine Waldstation II. Ordnung.				
Thermometerpaare unten und oben . . . . .	2	15	30	
Hygrometer von Klinkerfues u. o. . . . .	2	11·5	23	
Ombrometer (4 unten, 2 oben) . . . . .	6	10	60	
Windfahne . . . . .	1	8	8	
(Ballon und Luftsauger nur vom bereisenden Dirigenten oder anderen damit betrauten Personen mitzubringen)				
Gerüst . . . . .	1	80	80	
Verpackung und Transport . . . . .	—	—	—	12
Arbeitslöhne . . . . .	—	—	—	12
Reise . . . . .	—	—	—	100
			201	124
Summe . . . . .				fl. 325

<sup>1)</sup> Ohne Seitenbeschirmung, weil die Paare über den Kronen wegen der Insolation keine Beschirmung haben dürfen, daher auch die unteren Paare der Vergleichbarkeit wegen ohne Schirm bleiben müssen.

<sup>2)</sup> „Unten“ ist hier der Kürze wegen für die Aufstellung unter den Bäumen nahe am Boden und „oben“ für die Aufstellung über die Baumkronen gesetzt.

<sup>3)</sup> Ob nach Six (18 fl.) oder Baudin (10 + 8 fl.) ist noch fraglich.

<sup>4)</sup> Je ein zweites Exemplar von Ballon und Luftsauger ist erwünscht bei Hauptstationen, um gleichzeitige vergleichende Beobachtungen an einem zweiten Punkte in gleicher oder verschiedener Höhe machen zu können.

Gegenstände	Anzahl der Exem- plare	Preise der Apparate		Andere Kosten
		Einzel	Zusammen für die beantragte Anzahl	
<b>Je eine Freilandstation I. Ordnung.</b>				
Thermometerpaare ohne Seitenbeschirmung . . . . .	1	15	15	
Vorraths-Thermometer . . . . .	3	5	15	
Maximum-Thermometer . . . . .	1	10	10	
Minimum-Thermometer . . . . .	1	8	8	
Hygrometer von Klinkerfues . . . . .	1	13	13	
Evaporimeter Piche von Baudin . . . . .	1	4	4	
Evaporimeter nach Ebermayer . . . . .	4	5	20	
Ombrometer (wovon 3 unten und 1 wo möglich in Gipfelhöhe auf einem Dache oder isolirten Baume)	4	10	40	
Windfahne . . . . .	1	8	8	
Ballon captif . . . . .	2	?	?	
Luftsauger . . . . .	2	?	?	
Verpackung und Transport der Apparate . . . . .	—	—	—	15
Arbeitslöhne bei der Aufstellung . . . . .	—	—	—	15
Reise des Dirigirenden . . . . .	—	—	—	100
			133	130
			Summe (ohne Ballon und Luftsauger) . . . . . fl. 263	
Mit 2 Ballons und Luftsaugern um einen noch nicht bestimmten Betrag mehr.				
<b>Je eine Freilandstation II. Ordnung.</b>				
Thermometerpaar . . . . .	1	15	15	
Vorraths-Thermometer . . . . .	3	5	15	
Hygrometer von Klinkerfues . . . . .	1	13	13	
Ombrometer . . . . .	4	10	40	
Windfahne . . . . .	1	8	8	
Leiter . . . . .	1	12	12	
Verpackung und Transport der Apparate . . . . .	—	—	—	9
Arbeitslöhne bei der Aufstellung . . . . .	—	—	—	12
Reise des Dirigirenden . . . . .	—	—	—	100
			103	121
			Summe . . . . . fl. 224	
<b>Je eine Zwischen- und Regenstation.</b>				
Thermometer . . . . .	1	5	5	
Psychrometer von Klinkerfues . . . . .	1	13	13	
Regenmesser . . . . .	2	10	20	
Verpackung, Transport, Aufstellung . . . . .	—	—	—	10
			38	10
			Summe . . . . . fl. 48	

Eine Blockhütte sammt sparsamster Einrichtung wäre zu veranschlagen mit . . . fl. 800  
Die **Erhaltungskosten** lassen sich präliminiren wie folgt:

#### Waldstation I. Ordnung.

Reparaturen, Ergänzungen etc. . . . .	fl. 50
Drucksorten, Schreibmaterial etc. . . . .	„ 15
Remuneration des Beobachters . . . . .	„ 150
Entlohnungen für zeitweilig exponirtes Hilfspersonale . . . . .	„ 100
	<hr/>
	fl. 315

Mit Betrieb von Ballons um etwa fl. 50 mehr.

#### Waldstation II. Ordnung.

Reparaturen, Ergänzungen etc. . . . .	fl. 30
Drucksorten, Schreibmaterial etc. . . . .	„ 10
Remuneration des Beobachters . . . . .	„ 100
Entlohnungen für zeitweilig exponirtes Hilfspersonale, verwendete Hilfsarbeiter . . . . .	„ 60
	<hr/>
	fl. 200

#### Freilandstation I. Ordnung.

Reparaturen, Ergänzungen etc. . . . .	fl. 30
Drucksorten, Schreibmaterial etc. . . . .	„ 12
Remuneration des Beobachters . . . . .	„ 100
Entlohnungen für zeitweilig exponirtes Hilfspersonale . . . . .	„ 80
	<hr/>
	fl. 222

Mit Betrieb von Ballons um etwa 50 fl. mehr.

#### Freilandstation II. Ordnung.

Reparaturen, Ergänzungen etc. . . . .	fl. 20
Drucksorten, Schreibmaterial etc. . . . .	„ 10
Remuneration des Beobachters . . . . .	„ 60
Entlohnung von Hilfspersonale . . . . .	„ 30
	<hr/>
	fl. 120

#### Zwischen- und Regenstation.

Reparaturen, Ergänzungen etc. . . . .	fl. 10
Drucksorten und Schreibmaterialien . . . . .	„ 5
Remuneration . . . . .	„ 20
	<hr/>
	fl. 35

Zur Vergleichung diene, dass die erste Errichtung einer **combinirten Wald- und Freilandstation** in Bayern nach Ebermayer rund 500 fl. und die jährliche Unterhaltung einer solchen 250 fl. süddeutsche Währung kostet.

Die von mir präliminirten Auslagen für Special-Apparate zu den physikalischen und physiologischen Arbeiten, für die jährliche Fortführung dieser Letzteren und für die centrale Leitung bieten für die Oeffentlichkeit weniger Interesse, und werden die betreffenden Ziffern mehr Werth haben, wenn sie seinerzeit nach der wirklichen Gebarung bekannt gegeben werden.

## 6. Instructionen für die Beobachter.

Um Resultate zu erhalten, welche auf einen gemeinsamen Zweck abzielen, muss den Beobachtern eine bestimmte Instruction gegeben werden. Im gegenwärtigen Stadium der Angelegenheit kann eine solche Instruction in ihrer vollen Ausdehnung noch nicht verfasst, wohl aber können die hauptsächlichsten Richtpunkte angegeben werden, welche seinerzeit bei der Verfassung der Instruction zu berücksichtigen sein dürften.

Am detaillirtesten muss eine Instruction für die sogenannten Termin-Beobachtungen ausgearbeitet werden, d. h. für jene Gruppen von Beobachtungen, welche zur statistischen Untersuchungsmethode gehören. Da erscheint es vor allem rätlich, die täglichen Beobachtungstermine möglichst denjenigen anzuschliessen, welche von den Stationen der k. k. Centralanstalt für Meteorologie eingehalten werden, nämlich 6 oder 7 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 9 oder 10 Uhr Abends. Es empfiehlt sich dies nicht bloß darum, weil diese Beobachtungsstunden nach reiflicher fachlicher Erwägung festgestellt und auch international angenommen sind, sondern auch weil durch das Festhalten dieser Termine die Vergleichbarkeit der Daten unserer Stationen mit denjenigen der übrigen bedingt ist. Es erscheint jedoch als sehr wünschenswerth, ausser diesen für jede Jahreszeit unabänderlichen Terminen noch eine nebenher gehende zweite Beobachtungsreihe zu erhalten, deren Termine vom Stande der Sonne abhängen, indem eben dieser es ist, welcher insbesondere an heiteren und halbheiteren Tagen und während des Sommer-Halbjahres den Gang der Temperatur und das Verhalten der Hydrometeore unmittelbar bedingt. Nach diesem Gesichtspunkt müsste man Beobachtungen in gleichen Zeitabständen vom Auf- und Untergang der Sonne anstellen, also z. B. bei Sonnenaufgang, dann 2 oder 3 Stunden nach demselben und ebenso 2 oder 3 Stunden vor Sonnenuntergang, sowie beim Sonnenuntergange selbst. Zu manchen Zeiten muss einer oder der andere dieser Termine mit einem der ersten Reihe zusammenfallen, so dass hieraus nicht eine vollständige Verdopplung der Beobachtungen erwachsen würde.

Jedenfalls könnte diese zweite Beobachtungsperiode nur dort durchgeführt werden, wo entweder ein sonst wenig beschäftigter Beobachter zur Verfügung steht, oder wo eine zweite Persönlichkeit in Verwendung genommen werden kann.

Selbstregistrirende Apparate würden freilich die ganze Schwierigkeit beheben, weil sie uns in die Lage setzen würden, beliebige Stunden, folglich auch jene des Auf- und Unterganges und von diesen beiden Momenten gleich weit abstehende Tagesstunden herauszugreifen; die grösseren Kosten und die schwierigere Behandlung solcher Autographen halten mich jedoch davon ab, diesen Punkt als durchaus unvermeidlich ins Programm aufzunehmen; es soll hier nur der Wunsch ausgesprochen werden, dass es früher oder später ermöglicht werden sollte, wenigstens an einer Forststation ersten Ranges auch Autographen für Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Stärke und Richtung des Windes, dann Niederschlag aufzustellen, und die Aufzeichnung derselben mit den Ergebnissen der ebendort anzustellenden physiologischen Beobachtungen über Transpiration der Bäume zusammenzuhalten.

Was die Behandlung der Instrumente, die Correctionen und Berechnungen anbelangt, so empfiehlt es sich, auch hiebei die für die Stationen der k. k. meteorologischen Centralanstalt bestehende ausführliche, mit belehrenden Abbildungen und Beispielen versehene Instruction beizubehalten, und demnach unsere Beobachter mit Exemplaren dieser Instruction

zu versehen. Eine Ergänzung zu derselben wird für forstlich-meteorologische Stationen nur betreffs einiger Specialapparate, wie insbesondere der Evaporimeter nach Ebermayer, dann der erst noch fertig zu stellenden *Ballons captifs* und Luftsauger erforderlich sein. Die Formularien zur Eintragung der Beobachtungsdaten müssen selbstverständlich mit Rücksicht auf unsere speciellen Zwecke eingerichtet werden, ohne sich jedoch mehr, als durchaus nothwendig ist, von den bereits allgemein üblichen zu entfernen.

Für die Beobachtungen der physikalisch-experimentellen sowie der pflanzen-physiologischen Gruppe dürfte eine Special-Instruction nicht erforderlich sein. Diese Beobachtungen können nur von solchen Personen angestellt werden, welche vollständig in den Sinn der oben angedeuteten Aufgaben und Forschungsmethoden eingedrungen und mit der Behandlung der betreffenden Apparate aufs Genaueste vertraut sind; solche Personen aber bedürfen detaillirter Instructionen nicht, die auch jetzt nicht einmal gegeben werden könnten, da bei der Neuheit des Gegenstandes alle Details sich erst aus der fachgemässen consequenten Verfolgung der in allgemeinen Umrissen angedeuteten Ziele ergeben müssen.

### 7. Personale für die Leitung.

Das Detail der hierüber von mir gemachten Vorschläge entzieht sich vorläufig der Publicität; es möge nur so viel angedeutet werden, dass für eine wissenschaftliche Leitung, durch welche die Einheitlichkeit des ganzen Forschungssystemes herzustellen und die Verwerthung der Daten zu sichern wäre, dann für Einübung und Inspicirung der Beobachter, für fortlaufende Correspondenz mit diesen, dann parallel mit den neuen Beobachtungen auch für die Bearbeitung verwendbarer älterer Daten gesorgt werden soll und dass die physiologische Arbeits-Sparte eine eigene Arbeitskraft erfordert.

Der vorstehende Entwurf sieht nun der eingehenden Beurtheilung von Seite des wissenschaftlich gebildeten forstlichen Publicums entgegen; die Aufgabe des Verfassers wird es sein, schätzbare Winke aus berufenen Kreisen dem angestrebten fachlichen Zweck gewissenhaft und vorurtheilsfrei zu Gute zu bringen.



*Serropalpus barbatus*. Schall. und *Retinia margarotana*. HS.

Zwei Feinde der Tanne (*Abies pectinata* DC.).

Ein Beitrag zur Kenntniss ihrer Metamorphosen und Lebensgeschichte.

Von

**Fritz A. Wachtl**, k. k. Oberförster.

**I. *Serropalpus barbatus*. Schall.**

(Mit Tafel XV.)

**L i t e r a t u r.**

- Schaller (Johann Gottlob): Neue Insecten beschrieben. Schrift. naturf. Gesellsch. Halle 1783.
- Hellenius (Carl Nicolas): Försök till beskrifning på et nylt genus bland insecterna, som Kunde Kallas *Serropalpus*. Vetensk. Acad. nya Handl. 1786.
- Olivier (Antoine Guillaume): Entomologie, ou histoire naturelle des Insectes, avec leurs caractères génériques et spécifiques, leur description, leur synonymie et leur figure enluminée. Coléoptères. Paris, Baudouin 1789—1808.
- Illiger (Johann Carl Wilhelm): Verzeichniss der Käfer Preussens, entworfen von J. G. Kugelann, ausgearbeitet von Illiger, mit einer Vorrede von Hellwig und dem angehängten Versuche einer natürlichen Ordnung und Gattungsfolge der Insecten. Halle, Gebauer 1798.
- v. Paykull (Gustaf): Fauna Suecica Insecta. Upsaliae, Edman 1798.
- Fabricius (Johann Christian): Systema Eleutheratorum secundum ordines, genera, species, adjectis synonymis, locis, observationibus, descriptionibus. Kiliae, Bibliopol. acad. 1801.
- Gyllenhal (Leonhard): Insecta Suecica descripta. Classis I. Coleoptera sive Eleutherata. T. I. Pars II. Scaris, Leverentz 1810.
- Dufts Schmid (Caspar): Fauna Austriaca. Oder Beschreibung der österreichischen Insecten für angehende Freunde der Entomologie. Linz und Leipzig. Akad. Buchhandl. II. 1812.
- Guérin-Ménéville (Félix Edouard): Iconographie du règne animal de G. Cuvier, ou représentation d'après nature de l'une des espèces les plus remarquables et souvent non encore figurées de chaque genre d'animaux; pouvant servir d'atlas à tous les traités de Zoologie. Paris, J. B. Bailière 1829—1838.
- Haldeman (S. S.): Descriptions of North American Coleoptera, chiefly in the cabinet of J. L. Leconte, with references to described species. Journ. Acad. Nat. Sc. Philad. ser. 2. 1848.

- Mulsant (Étienne): Histoire naturelle des Coléoptères de France. Lyon, Maisson. 7. 1856.
- Redtenbacher (Ludwig): Fauna Austriaca. Die Käfer nach der analytischen Methode bearbeitet. Zweite gänzlich umgearbeitete, mit mehreren Hunderten von Arten und mit der Charakteristik sämtlicher europäischer Käfergattungen vermehrte Auflage. Wien, Gerold's Sohn 1858.
- Assmuss (Eduard Philibert): Muthmassliche Lebensweise der Larven von *Serropalpus barbatus* Schall. Wien. Entom. Monatsch. 1859.
- Jaquelin du Val (Camille): Manuel entomologique. Genera des Coléoptères d'Europe, comprenant leur classification en familles naturelles, la description de tous les genres, des tableaux dichotomiques destinés à faciliter l'étude, le catalogue de toutes les espèces, de nombreux dessins au trait de caractères par Jaquelin du Val; et près de treize cents insectes représentant un ou plusieurs types de chaque genre, dessinés et peints d'après nature avec le plus grand soin par M. Jules Migneaux. Paris, Migneaux III. 1860.
- Kaltenbach (J. H.): Die Pflanzenfeinde aus der Classe der Insecten. Ein nach Pflanzenfamilien geordnetes Handbuch sämtlicher auf den einheimischen Pflanzen bisher beobachteten Insecten. Stuttgart, J. Hoffmann 1874.
- Altum (Bernard): Forstzoologie. Berlin, J. Springer 1872—1875. (Bd. III. Insecten. I. Abth.)

### Nomenclatur.

*Mordella barbata* Schall. — *Serropalpus striatus* Hellen. — *Dircaea barbata* Fabr. — *Serropalpus obsoletus* Haldem. — *Serropalpus substriatus* Haldem.

### Geographische Verbreitung und Allgemeines.

In der einschlägigen Literatur, welche zumeist nur die Beschreibung oder Abbildung des vollkommenen Käfers enthält, sind über den biologischen Theil desselben spärlich und nur äusserst dürftige Nachrichten veröffentlicht, die von sehr problematischem Werthe oder ganz unrichtig sind.

Die ersten Stände und die Lebensweise, sowie die Thatsache, dass der Käfer unter die forstschädlichen Insecten registrirt, sind also bis nun noch unbekannt.

In der älteren Literatur citirt Guérin-Ménéville<sup>1)</sup> in seinem Werke bei *Serropalpus*:

„M. Children a décrit une larve de *Serropalpus* dans l'appendice du voyage du capit. Back, au pôle nord 1836.“

In diesem Appendix zum Bericht der unter dem Commando des Capitäns Back<sup>2)</sup> in den Jahren 1833—1835 stattgehabten Nordpol-Expedition wird aber von Children nicht die Larve des *Serropalpus barbatus* beschrieben, wie man nach der oben angeführten Stelle glauben sollte, sondern er reproducirt (p. 540) eine Macleay'sche Beschreibung der Larve von *Xylita buprestoides*<sup>3)</sup>, die von einem Herrn Samouelle sammt dem vollkommenen Thiere in Hampshire in dem festen Holze einer alten Eiche gefunden wurde, was aus den Worten:

„Macleay's larva was found, together with the perfect insect, in the solid wood of an old oak in Hampshire, by Mr. Samouelle“

hervorgeht, und glaubt ferner, dass die bei der Expedition in einer trockenen Fichte ge-

<sup>1)</sup> l. c. pag. 127.

<sup>2)</sup> Narrative of the Arctic Land-Expedition to the mouth of the great Fish River, and along the shores of the Arctic Ocean, in the years 1833, 1834 and 1835; by Captain Back, R. N. Commander of the Expedition. London 1836.

<sup>3)</sup> *laevigata* Hellen.

fundene Larve irgend einer *Dircaea* angehören dürfte, weil sie mit Macleay's Beschreibung vollkommen übereinstimmt, indem er sagt:

„Larva — incertae sedis; — au *Dircaeae* cujusdam? I am induced to think it probable that this may be the larva of a *Dircaea* (*Xylita*, Paykull), from its almost perfect accordance with Mr. W. S. Macleay's description of the thysanuriform larva of the *Xylita buprestoides*.“

Dr. Assmuss<sup>1)</sup> vermuthet, dass die Larve des *Serropalpus*

„ebenso wie die von *Trichodes apiarius*, *Metoecus paradoxus* und andere in Bienen-, Wespen- und Hummelbauten leben“.

Er stützt diese seine Vermuthung darauf, dass er in Russland das Thier öfter in Bienenstöcken gefunden, und gibt ferner auch an, den Käfer aus einem Hummelneste erzogen zu haben. Die Larve ist ihm unbekannt geblieben, und aus der mit nur wenigen Worten gegebenen unvollständigen Beschreibung der Puppe<sup>2)</sup> ist nichts zu entnehmen, da dieselbe auf die Puppen von Hunderten verschiedener Insecten passt, so dass ich zweifle, ob er überhaupt die Puppe von *Serropalpus barbatus* vor sich gehabt hat, da er sonst wohl der eigenthümlichen — diese Art besonders auszeichnenden — Bedornung der Dorsalseite und der auffallend grossen Maxillarpalpen Erwähnung gethan hätte.

In der speciell forstlich-entomologischen Literatur ist dieses Thier nirgends angeführt, nur Prof. Dr. Altum<sup>3)</sup> erwähnt desselben folgendermassen:

„Der zu den Melandryaden gehörende *striatus* F.“ (folgt eine kurze Diagnose des Käfers) „lebt im Fichten- und Tannenholze häufig mit *Sirex*-Larven zusammen und schadet in derselben Weise wie diese.“

Diesen Worten Prof. Altum's mag eine auf pag. 8 stehende Notiz aus dem Kataloge meiner — auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 in der Exposition Seiner kaiserlichen Hoheit des Herrn Erzherzogs Albrecht ausgestellt gewesen — entomologisch-biologischen Sammlung hier folgen. Es heisst dort:

„Dieser Käfer lebt gewöhnlich in Gesellschaft der *Sirex*-Larven im Tannenholze und schadet ganz so wie diese.“

Mich jedes Commentars hiezu enthaltend, überlasse ich es dem Leser, sich aus der frappanten Aehnlichkeit meiner Worte aus dem Jahre 1873 und dem Citate Prof. Dr. Altum's aus dem Jahre 1874 ein Urtheil zu bilden.

Abgesehen davon, dass Prof. Altum ausser dieser dürftigen Notiz, womit er eigentlich documentirt, dass diess Thier in seiner forstlichen Bedeutung für ihn eine terra incognita ist, darüber in seinem Lehrbuche nichts weiter zu sagen weiss, schlüpft er über den biologischen Theil mit dem Ausspruche: „Jedoch ist diese süddeutsche Art selten“, wie ein Aal hinweg. — Noli me tangere!

Diese beiden von Prof. Altum so apodictisch ausgesprochenen Ansichten will ich nun etwas näher beleuchten.

<sup>1)</sup> l. c. pag. 255.

<sup>2)</sup> Diese Beschreibung lautet: „Ihre Grösse betrug etwas über 6“; die Färbung des ganzen Körpers war hellgelb; Stigmen braun; auf dem Kopfe und dem After einzelne abstehende Härchen.“

<sup>3)</sup> l. c. pag. 148.

Der Käfer wurde zu wiederholten Malen in Schweden gefunden und zuerst von Schaller<sup>1)</sup> unter dem Namen *Mordella barbata*, dann wieder von Hellenius<sup>2)</sup> unter dem Namen *Serropalpus striatus* beschrieben und abgebildet. Ferner führen ihn Paykull<sup>3)</sup> in seiner Fauna Schwedens und Illiger<sup>4)</sup> in seiner Fauna Preussens auf; der Käfer muss also doch wohl dort vorkommen.

Ausser diesen citiren noch andere Autoren in ihren Werken Schweden,<sup>5)</sup> Frankreich,<sup>6)</sup> Deutschland,<sup>6)</sup> ja selbst den grössten Theil Europas<sup>7)</sup> als Vaterland.

Das Thier hat also eine sehr grosse geographische Verbreitung und dürfte überhaupt überall dort zu finden sein, wo Tannen vorkommen. Wurde es ja selbst in Nordamerika<sup>8)</sup> gefunden, was wohl auch mit dem Reichthum der Wälder dieses Ländergebietes an Abietineen im Zusammenhange steht; es ist daher keineswegs eine specifisch süddeutsche Art!

Dass ferner der Käfer auch nicht selten ist, beweist die Häufigkeit des Vorkommens seiner Larven, die man an geeigneten Orten in grosser Menge finden kann, wenn man die Mühe des Holzspaltens behufs ihrer Auffindung nicht scheut.

Der Grund, dass man den vollkommenen Käfer nicht häufig sieht und findet, liegt einfach darin, dass derselbe ein Nachtthier<sup>9)</sup> ist und bei Tage sich so vorzüglich zu verbergen versteht, dass er eben nur selten in einem seiner Verstecke ertappt werden kann. Ich habe ihn mehrmals des Nachts im Walde bei loderndem Feuer, durch dessen Lichtschein er angelockt wurde, gefangen.

## Beschreibung der Metamorphosen.

### Die Larve.

Körper spindelförmig, 15—25 Mm. lang, in der Mitte am breitesten, 4—6 Mm., gegen das Kopfende schwächer, gegen das Afterende stärker verengt, zugespitzt. Ausser dem Kopfe besteht derselbe aus zwölf Leibesringen. Seine Oberfläche ist äusserst fein nadelrissig, unbehaart, nur am Kopfe und den drei letzten Segmenten — namentlich auf der Dorsalseite — mit einzelnen Haaren besetzt.

Der Prothorax und die mittleren Abdominalsegmente breiter und dicker. Das Connexivum beiderseits wulstig vortretend. Die Färbung ist ein gelbliches Weiss, Mundtheile und Stigmen sind braun.

<sup>1)</sup> l. c. pag. 322, t. 1. f. 7. a.

<sup>2)</sup> l. c. pag. 310, t. 7.

<sup>3)</sup> l. c. 2. 163. 1.

<sup>4)</sup> l. c. pag. 130. 7.

<sup>5)</sup> Guérin-Méneville, l. c. pag. 127. „Hab. la France et la Suède.“

<sup>6)</sup> Fabricius, l. c. pag. 89. „Habitat in Germaniae lignis.“

<sup>7)</sup> Jacquelin du Val, l. c. pag. 390. „Il vit dans les pins et surtout les sapins, dans la plus grande partie de l'Europe.“

<sup>8)</sup> Haldeman, l. c. pag. 98.

<sup>9)</sup> In der deutschen Uebersetzung des Hellenius'schen Artikels in den neuen Abhandlungen der königl. schwedischen Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1786 von G. A. Kästner und Dr. J. D. Brandis; Leipzig, Heinsius 1787; heisst es auf pag. 274, dass das Insect auf der Insel Runsala bei Björneborg „gegen Abend an den Wänden alter hölzerner Häuser ist gefunden worden“. Ferner sagt Illiger in seinem Verzeichniss der Käfer Preussens p. 131: „Ein schönes Exemplar dieses sehr seltenen Käfers wurde in Königsberg auf dem Collegium Albertinum des Abends in einem Zimmer gefangen“.

Kopf leicht abwärts gebeugt, gegen den Mund zugespitzt, dreieckig, länger als breit, mit gerundeten Seiten und schwach gewölbter Oberseite. Seine Oberfläche ist fein quer nadelrissig und mit abstehenden, gelblichen Haaren besetzt; die Stirne mit einem undeutlich begrenzten, schwachen Eindrucke in ihrer Mitte und schwach vertiefter Mittellinie, die am Scheitel in eine kurze, tiefe Furche endigt.

Augen sind nicht vorhanden.

Fühler an der Oberseite des Kopfes, seitlich und nahe dem Grunde der Oberlippe eingelenkt, nach auswärts stehend, kurz, aus vier allmähig an Dicke abnehmenden, fernrohrartig in einander geschobenen Gliedern gebildet. Erstes Glied konisch, die folgenden drei cylindrisch mit gerade abgestutzter Spitze. Glied 1 und 3 gleichlang und jedes von der doppelten Länge der unter einander ebenfalls gleichlangen Glieder 2 und 4. Der obere Aussenrand des dritten Gliedes mit einem Kranze von äusserst feinen, kurzen, gerade aufstehenden Härchen besetzt.

Oberlippe dick, hornig, ihr Vorderrand abgerundet und mit einzelnen kurzen Borstenhaaren versehen.

Mandibeln aus einfachen hornigen Haken bestehend, dunkelbraun.

Unterlippe dick, fleischig, mit abgerundeter Spitze und unbehaart.

Die Maxillen bestehen aus einer fleischigen, am Grunde sehr breiten Angel, einem ebenso fleischigen, dicken, schwach behaarten Stiel, der in einen abgerundeten, an seiner Spitze dicht mit steifen Borstenhaaren bewimperten Lappen ausläuft.

Kiefertaster die Ladenlappen nicht überragend, kegelförmig, aus drei kurzen gleichlangen Gliedern zusammengesetzt.

Lippentaster sehr kurz, zweigliedrig. Das Grundglied ist konisch, das andere cylindrisch mit abgerundeter Spitze.

Das Kinn ist vorne bogenförmig ausgeschnitten und besteht aus einer soliden, fein punktirten hornigen Platte.

Vom Thorax ist der Prothorax am stärksten entwickelt; er ist so lang und etwas breiter als Meso- und Metathorax zusammengenommen. Sein Vorderrand ist seicht bogenförmig ausgeschnitten, der Hinterrand in der Mitte stark lappenförmig erweitert, beiderseits seicht gebuchtet. Diese beiden Ränder stossen seitlich und vorne unter einem spitzen abgerundeten Winkel zusammen. Die Oberfläche ist fein nadelrissig und auf der vorderen Hälfte befindet sich eine seichte Mittelfurche.

Der Meso- und Metathorax zeigen keine auffällige Bildung, sind beide von gleicher Grösse und gleichen den Abdominalsegmenten.

Das Abdomen ist aus neun Ringen zusammengesetzt. Das erste Segment ist kurz, die folgenden sind etwas länger, unter einander gleichlang. Vom ersten angefangen nehmen sie an Breite und Dicke bis zum vierten allmähig zu, vom fünften an aber wieder allmähig, jedoch stärker, ab.

Das Analsegment ist mit mehreren sehr charakteristischen Appendices versehen, welche höchst wahrscheinlich zur Erhöhung der Fortbewegungsfähigkeit der Larve dienen. An Stelle der diesem Segmente fehlenden Verbindungshaut verläuft in der Verlängerung der Richtung des Connexivum der vorhergehenden Leibesringe eine Naht, wodurch dasselbe in zwei deutliche, ungleich grosse Hälften abgeschnürt wird. Der grössere dorsale Theil des Segments läuft in zwei aufwärts stehende und nach vorwärts gekrümmte braune Hornhaken aus, während der kleinere ventrale Theil in eine kreisförmig begrenzte Wulst endigt, in

deren Mitte der — von den coniaales umgebene — Anus liegt. Oberhalb dem Anus befindet sich ein solider, fleischiger, horizontal abstehender Zapfen und unterhalb desselben stehen beiderseits kleine, mit zwei flachen, braunen, hornigen Plättchen von unregelmässiger Form gezierte, stumpfe Höcker.

Die Beine bestehen aus drei fast gleichlangen Gliedern, die auf abgestutzt-kegeligen Hüften sitzen und mit einzelnen abstehenden Borstenhaaren versehen sind. Die allmähig an Dicke abnehmenden Glieder sind konisch, das letzte mit einer kurzen, kaum merkbar gebogenen Klaue bewaffnet.

Stigmen. Die Larve hat neun Stigmenpaare, von denen das erste Paar grösser als die übrigen ist und in dem Connexivum zwischen Pro- und Metathorax, nahe dem Hinterrande des ersteren, liegt. Die folgenden kleineren acht Paare sind nicht mehr im Connexivum selbst, sondern in den Winkeln des ersten bis achten Abdominalsegments, in der Nähe des vorderen und unteren Randes eines jeden Segmentes gelegen, befinden sich also auf der Dorsalseite des Körpers. Die ersten sieben Paare haben die Ellipsen-, das letzte Paar hingegen die Kreisform. Alle sind grubig vertieft, von einem erhabenen Ringe begrenzt und braun.

### Die Puppe.

Körper langgestreckt, schmal, etwas flach gedrückt und von derselben Färbung wie bei der Larve.

Kopf stark geneigt, an die Vorderbrust dicht anliegend, äusserst fein und seicht gerunzelt, mit ab- und zerstreut stehenden kleinen Dornen besetzt, von denen zwei am Scheitel stärker entwickelt sind und wie Hörnchen in die Höhe ragen.

Fühler frei, unbedeckt, hinter die vor- und abstehenden Kniegelenke der Vorder- und Mittelbeine geschwungen, an den Körper angelegt.

Kiefertaster sehr gross, anliegend, das Prosternum und einen Theil des Mesosternums bedeckend, mit ihrer Spitze nahezu den Hinterrand des letzteren erreichend. Die Conturen der vier einzelnen Glieder schimmern durch die sie einhüllende Puppenhaut hindurch.

Lippentaster klein, nur ihre Spitze zwischen den Grundgliedern der Kiefertaster sichtbar.

Mandibeln gross, deutlich.

Halsschild wie der Kopf gerunzelt und bedornt.

Mesosternum durch einen konisch geformten, an seiner Spitze abgerundeten Fortsatz des Prosternum in zwei Theile vollkommen getrennt.

Metasternum lang gestreckt, so lang als Pro- und Mesosternum zusammengenommen, sein Hinterrand mit einem kurzen Einschnitte in der Mitte, der sich in eine allmähig seichter werdende, im vorderen Längendrittel verschwindende Furche fortsetzt.

Mesonotum viereckig, breiter als lang, mit einer seichten Mittelrinne, neben welcher in der Mitte beiderseits ein horizontal nach auswärts gerichteter Dorn steht.

Metanotum doppelt so lang als das Mesonotum, mit bogenförmig nach rückwärts erweitertem Hinterrande, einer seichten Mittelrinne und sechs Dornen, von denen vier, einen flachen Bogen bildend, auf der Rückenmitte und zwei nahe dem Hinterrande sich befinden.

Die Flügeldecken sind mit schwachen, aber deutlichen Längsstreifen versehen und reichen mit ihrer Spitze bis zum Hinterrande des zweiten (der sechs auf der Unterseite sichtbaren) Abdominal-Segmentes.

Von den Beinen sind die beiden ersten Paare aufsteigend. Das vordere reicht bis in das letzte Drittheil des Metasternum herab, und das mittlere, an welchem auch die Dornen der Tibienspitzen sichtbar sind, bis zur Mitte des zweiten Abdominal-Segments. Das hintere absteigende Paar, dessen Schenkel und Tibien unter den Flügeln versteckt liegen, erreicht den Hinterrand des vierten Ringes.

Das Abdomen ist fein nadelrissig. Auf der Bauchseite sind sechs, auf der Rückenseite acht Ringe sichtbar, seine Dorsalfäche und die Seitenränder mit ab- und auswärts gerichteten Dornen besetzt.

Das Analsegment trägt auf seiner Rückenseite vier in einer Querreihe stehende, besonders kräftige Dornen, von denen zwei und zwei einander genähert sind. Am meisten ausgezeichnet ist der Rücken des vorletzten Körperringes durch die an seiner Spitzenhälfte befindliche Erhöhung, welche ich *Ctenidium hypopygiale* nenne. Es besteht aus einem in seiner Mitte durch eine Einschnürung unterbrochenen Kamme, welcher zwar fleischig, aber sehr stark chitinisirt ist und quer über das Segment läuft. Die Erhöhung eines jeden dieser zwei durch die Einschnürung getrennten Theile endigt wieder in zwei sehr grosse, etwas nach aus- und auf-, respective vorwärts gekrümmte Stacheln. Nebst diesen besonderen Auszeichnungen sind diese beiden Segmente ausserdem noch mit mehreren symmetrisch vertheilten kleinen Dornen versehen, die in ihrer Form und Grösse von denen der vorhergehenden Leibesringe nicht abweichen. Auf der Ventralseite des Abdomen befinden sich auf jedem Ringe nur zwei Dornen, von denen je einer nahe dem Seiten- und Hinterrande eines jeden Segments steht.

Stigmen. Nur sechs Stigmenpaare sichtbar. Sie liegen in dem stark längsgerunzelten Connexivum des Abdomens, hart am Vorderrande der Ringe, sind oval und erhaben gerandet.

### Nährpflanzen, Lebensweise und Frass.

Ohne die Angaben über das Vorkommen auf der Fichte und anderweitigem Nadelholze, die sich auch alle nur auf das vollkommene Insect beziehen, in Abrede stellen zu wollen, bezweifle ich doch, dass der Käfer in anderem, als dem Holze der Tanne (*Abies pectinata* DC.) lebt, da ich ihn bisher stets nur aus diesem erzogen habe und meine diessfalls gemachten Erfahrungen seinem angeblichen Vorkommen auch in anderen Hölzern widersprechen. Ich habe z. B. grosse Mengen Fichtenholz eingezwingert, habe durch Zucht die verschiedensten Thiere daraus erhalten, nie jedoch einen *Serropalpus*. Ein gleiches Resultat lieferten eingezwingerte Holzstücke der Weisskiefer. Nebstbei bemerke ich noch ausdrücklich, dass diese Holzstücke denselben Walddistricten entnommen waren, aus denen das von *Serropalpus* befallene Tannenholz stammte.

In dem Holze der Tanne habe ich seine Larven zumeist gemeinschaftlich mit den Larven der *Sirex spectrum* L. gefunden, ohne dass diess jedoch Regel wäre, da er ebenso gut in Hölzern lebt, die von *Sirex* nicht befallen sind. Stets findet man seine Larven in den Stammtheilen, nie in den Aesten des Baumes, gleichviel ob erstere sich im runden oder geklobenen Zustande befinden. Er befällt daher Klafterholz ebenso wie ganze Stämme und Klötze. Diese Wahrnehmung machte ich im Winter 1873/74 gelegentlich einer Jagd, bei welcher Tannenscheite zum Anlegen eines Feuers gespalten wurden, wobei eine Menge von *Serropalpus*-Larven zum Vorschein kamen. Diese Scheite, welche von einem gesunden,

im vorhergehenden Sommer gefällt und aufgeklafferten Baume stammten, konnten nur in geklobenem Zustande von dem Käfer befallen worden sein, weil meiner Erfahrung nach gesunde lebende Bäume nie von ihm angegangen werden und weil auf den Spaltflächen dieser Scheite nicht die geringste Spur eines Larvenganges, respective eines Frasses wahrnehmbar war. Dieses im Sommer gefällte Holz, welches überdiess noch in dem tiefen Schatten eines dichten Tannen-Untewuchses stand, daher nicht rasch austrocknen konnte, bot dem Käfer eine willkommene Brutstätte.

Beim stehenden Holze ist ein gewisser Krankheitsgrad Bedingung, um den Käfer zum Ablegen seiner Eier anzulocken. Er wählt daher zu diesem Zwecke entweder durch Sturm geschobene und in ihrem Wurzelsystem gelockerte, oder aber entgipfelte; theils auch durch verschiedene Verwundungen an den Stammartien (Schälen, Anplätten etc.) oder durch andere Einflüsse in einen krankhaften Zustand versetzte Bäume.

Am liegenden Holze legt er seine Eier — wie es fast ausnahmslos alle in Hölzern lebende Insecten thun — nur an berindete, oder doch wenigstens noch theilweise mit Rinde versehene Holzstücke, wahrscheinlich desswegen, weil sie berindet weniger rasch und vollkommen austrocknen, daher die zur Entwicklung des Insects so nothwendige Feuchtigkeit länger bewahren.

Der Frass unterscheidet sich durch nichts von dem der *Sirex*-Larven. Die mit dem feinen Wurmehle dicht gefüllten, scharf geschnittenen Gänge sind cylindrisch, verlaufen in verschiedenen Krümmungen von der Peripherie des Stammes in das Innere des Holzkörpers, wenden sich dann wieder gegen die Oberfläche und endigen bald näher, bald entfernter unter derselben in das Puppenlager. Dieses ist ein dem Larvengang conformer hohler Raum ohne jede weitere Ausstattung. Nach vollzogener Metamorphose wird vom ausgebildeten Käfer die ihn von Aussen absperrende Holzwand durchgebissen und er verlässt durch ein kreisrundes Flugloch seine Wiege.

Die Entwicklungs- und Flugzeit des Käfers scheint eine sehr ungleiche zu sein. Man findet ihn im Frühjahr und den ganzen Sommer hindurch bis in den Herbst.

Die Generationsdauer dürfte eine zweijährige sein.

### Schaden, Palliativ- und Vertilgungsmittel.

Aus dem früher Gesagten resultirt, dass der Käfer mehr in technischer als in physiologischer Hinsicht dem Holze schädlich ist.

Radicale Vertilgungsmittel lassen sich wohl kaum gegen ihn in Anwendung bringen, um so erfolgreicher dürften jedoch Vorbeugungs-Massregeln ergriffen werden können. Hieher würden gehören:

#### Beim stehenden Holze.

Sorgfältiges Entfernen der durch mechanische Einflüsse beschädigten und in Folge dessen kränkelnden Stämme, dann fleissiges und mit entsprechender Aufmerksamkeit betriebenes Durchforsten der Stangenholz-Bestände.

### Beim gefällten Holze.

Sofortiges Entrinden der Stämme nach der Fällung, eventuell ihre rasche Ausfuhr aus dem Walde, ferner Aufzainung der Brennholzer an freien, luftigen Orten, damit sie rasch und vollständig austrocknen können, falls sie nicht nach dem Einschlag sofort zur Ausfuhr gelangen könnten und längere Zeit im Walde stehen bleiben sollten.

Ausserdem dürfte sich, wo es thunlich ist, Rodung der Stöcke oder mindestens tiefer Abhieb (Auskesseln) der Bäume empfehlen.

Selbstverständlich ist wohl, dass der Forst auch von Lagerhölzern rein gehalten werden muss.

---

### Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Larve des *Serropalpus barbatus* Schall.
- Fig. 1 A. Kopf und Mundtheile der Larve von unten gesehen mit dem das vorderste Beinpaar tragenden Prosternum.
- Fig. 1 B. Profilansicht des Analsegmentes der Larve nebst dem vorhergehenden Abdominalringe, auf welchem eine Stigme des letzten Paares sichtbar ist.
- Fig. 1 C. Dieselben Körpertheile. Ventralansicht.
- Fig. 2. Puppe. Ansicht der Ventralseite.
- Fig. 2 A. Puppe. Ansicht der Dorsalseite.
- Fig. 2 B. Profilansicht des Analsegmentes der Puppe nebst dem vorhergehenden, das Ctenidium hypopygiale tragenden Körperringe. Auf letzterem ist auch eine der im Connexivum gelegenen Stigmen sichtbar.
- Fig. 3. Tangential-Spaltfläche eines Stammstückes der Tanne (*Abies pectinata* DC.) mit den Frassgängen der Larve des *Serropalpus barbatus* Schall.
- Fig. 3. in natürlicher Grösse, alle übrigen Figuren mehr oder weniger vergrössert.
-

## II. *Retinia margarotana*. HS.

(Mit Tafel XVI.)

### L i t e r a t u r.

- Herrich-Schaeffer (Gottl. Aug. Wilh.): Systematische Bearbeitung der Schmetterlinge von Europa, als Text, Revision und Supplement zu J. Huebner's Sammlung europäischer Schmetterlinge. Regensburg, Manz 1843—1856.
- v. Heinemann (H.): Die Schmetterlinge Deutschlands und der Schweiz, systematisch bearbeitet, nebst analytischen Tabellen zum Bestimmen der Schmetterlinge. Zweite Abtheilung, Kleinschmetterlinge. Braunschweig, Schwetschke & Sohn.
- Ratzeburg (J. T. C.): Die Waldverderbniss oder dauernder Schade, welcher durch Insectenfrass, Schälen, Schlagen und Verbeissen an lebenden Waldbäumen entsteht. Zugleich ein Ergänzungswerk zu der Abbildung und Beschreibung der Forstinsecten. Berlin, Nicolai 1866—1868.
- Staudinger (O.) und Wocke (M.): Catalog der Lepidopteren des europäischen Faunengebiets. Dresden, Standg. & Burdach 1871.
- Wocke (M.): Verzeichniss der Falter Schlesiens. Zeitschrift für Entomologie. Herausgegeben vom Verein für schlesische Insectenkunde zu Breslau. Breslau, Maruschke & Brandt 1874.
- Altum (Bernard): Forstzoologie. Berlin, J. Springer 1872—1875.

### N o m e n c l a t u r.

Da das Thier keinen synonymen Namen hat, könnte eine Verwechslung höchstens mit der gleichnamigen *margarotana* Dup. — einer Varietät der *zephyrana* Tr. aus der Gattung *Cochylis* — stattfinden, was aber bei Beachtung der Autorennamen nicht leicht denkbar ist.

### Geographische Verbreitung und Allgemeines.

Dr. Wocke gibt in dem Staudinger'schen Katalog <sup>1)</sup> Deutschland und Griechenland als Vaterland des Thieres an. Es scheint jedoch eine weit grössere Verbreitung zu haben,

---

<sup>1)</sup> l. c. pag. 247.

dasselbe ist aber noch zu wenig gekannt und beobachtet. Herr v. Hornig hat den Schmetterling auch in Böhmen (Aussig) und ich selbst in Galizien (den Beskiden) gefunden.

Er tritt mithin sowohl in der Ebene wie im Gebirge auf.

Der Falter ist erst seit 1845, wo ihn zuerst Herrich-Schaeffer<sup>1)</sup> abbildete, bekannt; wurde (1863) von Heinemann<sup>2)</sup> beschrieben; 1868 von Ratzeburg<sup>3)</sup> durch Wort und Bild<sup>4)</sup> in der Fachliteratur als forstschädliches Insect eingeführt; seine Entwicklungsgeschichte ist aber noch unbekannt.

## Beschreibung der Metamorphosen.

### Die Raupe.

In der Gestalt weicht die Raupe von der der übrigen Retinien nicht wesentlich ab, ist jedoch etwas schlanker und walzenförmiger als z. B. *bouoliana*; gegen das Körperende mässig verdünnt.

Ihre Länge im erwachsenen Zustande beträgt 20—25 Mm.

Die Grundfarbe ist ein helles Rosaroth, welches mit einem gelblichen Schimmer übergossen ist. Am intensivsten tritt diese Färbung in den Körperseiten und dem Bauche auf. Ueber den dunklen Rücken laufen zwei helle Streifen von der Farbe des Grundtones, die eine dunkle Rückenlinie einschliessen.

Der rundliche, ziemlich flache Kopf und das durch eine Mittellinie getheilte Nackenschild sind glänzend hell-rothbraun mit einzelnen abstehenden, bräunlichen Haaren besetzt. Gabellinie deutlich und tief. Unterhalb des Nackenschildes liegen beiderseits vor den Luftlöchern nach oben und rückwärts scharf begrenzte, nach unten und vorwärts verwaschene, braune, hornige Flecke.

Auf dem Rücken des Mittelbrust-Ringes stehen an den äusseren Grenzen der hellen Rückenlinien beiderseits längliche braune Hornplättchen, von denen je zwei Haare abstehen. Neben jedem dieser Hornplättchen befindet sich nach ausserhalb ein horniger Ring, aus dessen (hellem) Mittelpunkt ein Haar entspringt, das sich durch bedeutende Länge vor den übrigen auszeichnet.

Der Hinterbrust-Ring trägt ebenfalls die länglichen Hornplättchen, es fehlen ihm jedoch die beiden Ringe, an deren Stelle sich je zwei braune Wärzchen mit abstehenden Haaren befinden.

Die folgenden Segmente sind auf der Rückenmitte blos mit vier einfachen haartragenden Wärzchen geziert, welche in zwei hintereinander liegenden Querreihen stehen.

Am vorletzten Segmente, und zwar oberhalb der Luftlöcher, stehen wieder solche hornige Ringe wie am Mittelbrust-Rücken.

Ausserdem treten noch auf den Körperseiten haartragende Wärzchen auf, von denen am Meso- und Metanotum je zwei hintereinander, auf den Abdominal-Segmenten je zwei

<sup>1)</sup> l. c. IV. Taf. 21. Fig. 148.

<sup>2)</sup> l. c. I. 1. pag. 95.

<sup>3)</sup> l. c. II. pag. 410. Taf. V. Fig. 14.

<sup>4)</sup> Die Abbildung ist schlecht.

untereinander stehen, und zwar so, dass die Luftlöcher dieser Segmente in der Mitte zwischen ihnen liegen.

Die Brustfüsse sind blass gelbbraun, die acht Bauchfüsse und die Nachschieber von der Färbung der Unterseite.

Die Afterklappe ist elliptisch, dick und hat beiderseits der hellen Mittellinie einen dunklen Fleck.

Stigmen kreisrund, glänzend braun, neun Paare an der Zahl, das erste und letzte Paar grösser als die übrigen.

### Die Puppe.

Die Puppe ist bis zehn Mm. lang, gedrungen gebaut, hell-rothbraun, glänzend.

Stirne gewölbt, mit zwei aufwärts stehenden Haaren.

Augen deutlich vortretend, zwischen denselben vier abstehende Härchen.

Flügelscheiden schwach gerippt, kurz und breit, über die Hälfte des Körpers reichend.

Fühler bis zur Spitze der Mittelbeine gehend.

Thorax-Rücken sanft gewölbt, glatt, mit einer undeutlich vertieften Mittellinie.

Abdominal-Segmente auf ihrer Dorsalseite mit zwischen den Luftlöchern liegenden Querreihen dicht gedrängter nach Aussen stehender Stacheln, von denen die sechs ersten Segmente zwei, die folgenden zwei Segmente bloß eine Reihe tragen.

Die Afterspalte ist mit zwölf aus kleinen Tuberkeln entspringenden, langen, an ihrer Spitze hakenförmig gebogenen Borsten umkränzt.

Die Luftlöcher sind kreisrund und in ihrer Nähe stehen bei jedem zwei nach abwärts gerichtete Haare.

### Der Cocon

hat eine eiförmige Gestalt, ist aus feinen weissen Fäden gewebt, in der Regel jedoch an seiner Oberfläche durch Harz mit Kothkrümeln überklebt.

### Der Schmetterling.

Mit Rücksicht darauf, dass mit Ausnahme der Ratzeburg'schen kurzen, ungenügenden Diagnose und der schlechten Abbildung die forstliche Literatur keine genaue Beschreibung des Schmetterlinges enthält, Heinemann's Werk aber nicht Jedermann zugänglich sein dürfte, gebe ich des Letzteren Beschreibung hier wörtlich wieder. Sie lautet:

„Vorderflügel braunroth, mit dicken, fein schwarz gesäumten, veilgrauen Bleiliniën, der Kopf und die langen Palpen rostbraun.  $3\frac{1}{4}$ —4 L.“

„Die Vorderflügel schmaler als bei *turionana*, mehr gleich breit, ihr Vorder- rand fast gerade. Die Bleiliniën sind röthlich veilgrau, zum Theil abgesetzt, sehr breit, so dass die Grundfarbe nur in schmalen, theilweise unterbrochenen, im Saumfelde mehrfach unter einander verzweigten Streifen übrig bleibt. Die Vorder-

randhäkchen wenig auffallend, klein und undeutlich doppelt, das erste ist scharf weiss und bis zu dem oberen der beiden ziemlich deutlichen weissen Augenpunkte fortgesetzt. Die Fransen hinter der scharf dunklen Theilungslinie glänzend grau. Die Hinterflügel in beiden Geschlechtern bräunlich grau mit hellgrauen Fransen. Unten sind die Vorderflügel braungrau, die Hinterflügel heller, am Vorderrande weisslich mit dunklen Quersprenkeln. Der Kopf, die denselben um Kopfeslänge überragenden Palpen und der Halskragen sind rostbraun, der Thorax veilgrau, der Hinterleib mäusegrau.“

### Nährpflanzen, Lebensweise und Frass.

Die Ergebnisse der bisherigen Beobachtungen stimmen darin überein, dass die Raupe nur auf Coniferen, und zwar der Kiefer, Fichte und Tanne lebt; das Thier würde daher unter die bedingten Monophagen der Forstinsecten gehören.

v. Heinemann<sup>1)</sup> gibt an, dass der Falter „zwischen Föhren“ vorkomme.

Ratzeburg<sup>2)</sup> citirt die betreffende Stelle aus einem Briefe Hochhäusler's, welcher schreibt, dass er den Schmetterling mit *turionana* und *bouoliana* zusammen aus den Quirlknospen einer zwölfjährigen Kiefern-Schonung erzogen hat.

Wocke<sup>3)</sup> führt gleichfalls Kiefernwälder als Fundort an und fügt noch bei, dass Herr Czegley in Troppau ein Exemplar aus einem Kieferzapfen erzogen habe.

Von mir wurden in Galizien durch mehrere Jahre hindurch die Raupen in grosser Menge in den Zapfen der Tanne gefunden und der Schmetterling daraus erzogen.

Nur einmal erhielt ich ein einzelnes Exemplar und zwar, wie ich aus den Aufzeichnungen in meinen Tagebüchern entnehme, am 18. Januar aus Fichtenzapfen, die ich im vorhergehenden Herbst eingezwingert hatte. In diesen Fichtenzapfen hatten *Ernobius abietis* Fabr. und *Grapholitha strobilella* L. gehaust, von denen sich ersterer in grosser Menge, letztere in mehreren Exemplaren daraus entwickelten.

Aus den Zapfen der Tanne habe ich nebst einer grossen Zahl der *margarotana* auch ein Stück der *Dioryctria abietella* Zk. erhalten.

Herr v. Hornig erzog den Wickler nebst einigen Stücken der *abietella* ebenfalls aus Tannenzapfen, welche aus Böhmen (Aussig an der Elbe) stammten.

Die Raupe scheint also hauptsächlich in Zapfen zu leben, namentlich aber die der Tanne mit besonderer Vorliebe anzugehen und sie allen anderen vorzuziehen. Die von ihr befallenen Tannenzapfen sind meist vollständig zerstört, da nicht selten sechs bis acht Raupen in einem Zapfen fressen.

Hauptsächlich werden die Nüsschen und die Schuppen an ihrer Basalhälfte ganz oder theilweise ausgefressen, hie und da wohl auch die Zapfenspindel etwas benagt.

1) l. c. pag. 96.

2) l. c. II. pag. 410.

3) l. c. pag. 26.

Die Gänge im Innern der Zapfen sind mit den braunen Kothkrümeln angefüllt, die zum Theil auch durch Auswurfslöcher ausgestossen werden, vor welchen sie dann gewöhnlich, theils durch Gespinnstfäden, theils durch Harzausfluss festgehalten, in grossen Klumpen hängen.

Die Verpuppung erfolgt in dem vorhin beschriebenen Cocon, welcher in der Regel zwischen den Schuppen an der Zapfenspindel angesponnen wird oder aber auch in einem ausgefressenen Nüsschen steckt.

Solche von den Raupen bewohnte Zapfen sind theils an dem ausgestossenen Koth, dann aber auch an dem durch den Frass verursachten Harzausfluss und ihrer in vielen Fällen gekrümmten Form leicht kenntlich.

Von diesen Zapfen fallen im Herbste zur Zeit der Samenreife die Schuppen und Samen je nach dem Grade der Zerstörung entweder nur unvollständig oder gar nicht ab, weil sie durch den starken Austritt des Harzes während der Frassperiode, welches später selbstverständlich erhärtet, untereinander und mit der Zapfenspindel verklebt werden.

Die Puppen überwintern somit in den Zapfen am Baume und daher mag es wohl auch kommen, dass der Wickler noch so wenig bekannt ist und allgemein als selten gilt, weil der hoch in den Baumkronen sich entwickelnde und schwärmende Schmetterling nur zufällig tiefer herab oder zum Boden gelangt.

Die Flugzeit des Wicklers fällt in den April und Mai, die Eier werden somit höchst wahrscheinlich auf den noch ganz jungen Zapfen abgelegt.

### Schaden, Palliativ- und Vertilgungsmittel.

Der durch die Raupen verursachte Schaden kann unter Umständen ein sehr bedeutender sein, da wie bereits früher erwähnt, die von ihnen bewohnten Zapfen meist vollständig zerstört werden.

Am empfindlichsten dürfte er aber in solchen Localitäten fühlbar werden, wo eine natürliche Verjüngung der Tannenbestände durch Besamungsschläge angestrebt wird, weil die Wickler in diesem Falle, nach dem Einlegen des Vorbereitungs-, noch mehr aber nach dem des Dunkelschlages wegen Entziehung einer grossen Menge Brutmaterials, sich nothgedrungen auf den Samenbäumen concentriren und darauf in unverhältnissmässiger Zahl vermehren werden, wodurch eine gleichmässige und zeitgemässe natürliche Besamung der Fläche sehr problematisch wird.

Lässt man Zapfen zum Zwecke des künstlichen Anbaues sammeln und sind dieselben von Raupen bewohnt, so kann der Schade nach Massgabe des eingesammelten Quantums mitunter auch ein nicht unbedeutender sein, zumal wenn man — abstrahirt von dem Verlust des Samens — den bei dieser Holzart so kostspieligen Sammlerlohn in Betracht zieht; man hat aber dadurch gleichzeitig das einzige wirksame Mittel zu ihrer Vertilgung in der Hand.

Zu diesem Behufe müssen die Zapfen sofort nach dem Einsammeln sortirt und die befallenen verbrannt werden.

An solchen Orten, wo die Abstockung der Schläge grösstentheils oder ausschliesslich im Sommer erfolgt, kann an den gefälltten Bäumen das Einsammeln und Verbrennen der

bewohnten Zapfen mit verhältnissmässig geringen Kosten bewerkstelligt und dadurch einer weiteren Verbreitung und schädlichen Vermehrung des Insects wirksam vorgebeugt werden, da sich anderweitige Vertilgungs- oder Palliativmittel entweder nur sehr schwer oder gar nicht anwenden lassen werden.

---

### Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1. Raupe der *Retinia margarotana* HS.
- Fig. 1 A. Kopf und Mundtheile der Raupe von unten gesehen, nebst dem Prosternum und dem vordersten Beinpaar.
- Fig. 1 B. Kopf, Prothorax, Mesonotum, Metanotum und dem ersten Abdominalringe der Raupe.
- Fig. 1 C. Das vorletzte und das letzte Körpersegment der Raupe mit der Afterklappe und den Nachschiebern.
- Fig. 2 { A. Puppe. Ventralansicht.  
B. Puppe. Profilansicht.
- Fig. 2 C. Analsegment der Puppe mit dem die Afterspalte umgebenden Kranz von Hakenborsten.
- Fig. 2 D. Dorsalfäche eines Körperringes der Puppe mit den darauf befindlichen Stachelreihen.
- Fig. 2 E. Eine einzelne der an ihrer Spitze hakenförmig gekrümmten Analborsten der Puppe sammt dem Tuberkel, aus dem sie entspringt.
- Fig. 3. Ein von Raupen der *margarotana* bewohnter Zapfen der Tanne (*Abies pectinata* DC.), auf welchem die Auswurfslöcher, Kothklumpen und der durch den Frass hervorgerufene Harzausfluss sichtbar ist.
- Fig. 3 A. Eine Zapfenschuppe mit den beiden noch daran haftenden, von der Raupe ausgefressenen Nüsschen.
- Fig. 3 B. Bruchstück eines Zapfens mit zwei Cocons und den daraus hervorstehenden Puppenhülsen nach dem Auskriechen der Schmetterlinge.

Mit Ausnahme der in natürlicher Grösse dargestellten Figuren 3, 3 A und 3 B sind alle übrigen Figuren mehr oder weniger vergrössert.

---

# Ueber den Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die erste Entwicklung der Schwarzföhre (*Pinus Laricio*).

Von

**Dr. Joseph Moeller.**

Am 4. Juli 1875 wurden von Dr. W. Velten je 200 Samen von *Pinus Laricio* Poir. in folgende Bodenarten <sup>1)</sup> gesäet:

- I. Kalkboden, d. i. Gemenge von gelöschtem Kalk mit schlechtem Gartengrund.
- II. Moorerde.
- III. Lehm.
- IV. Lauberde.
- V. Sand.
- VI. Düngererde.
- VII. Haideerde.
- VIII.  $\frac{1}{2}$  Lehm,  $\frac{1}{4}$  Sand,  $\frac{1}{4}$  Düngererde.
- IX.  $\frac{1}{3}$  Lehm,  $\frac{2}{3}$  Lauberde.
- X. Sandiger Kalk von einer alten Mauer abgeschabt.
- XI. Gypsboden, d. i. Gemenge aus Gyps mit Gartengrund.
- XII. Nadelabfälle.
- XIII. Kleine Steine, etwa haselnussgrosse Geschiebe aus Kies.
- XIV. Grosse Steine, nussgrosse Geschiebe aus Kies.
- XV. Kalkerde aus dem botanischen Garten.

Am 12. April 1877 entnahm ich die Pflänzchen ihrem Mutterboden und theilte sie in vier Portionen.

Einen Theil versetzte ich auf ein Beet in einem reservirten Theile des fürstl. Metternich'schen Gartens in Wien.

Den zweiten Theil versetzte ich auf ein Beet im botanischen Garten zu Mariabrunn. Die Zusammensetzung dieser beiden Bodenarten wird später untersucht werden.

Den dritten Theil setzte ich wieder in dem ursprünglichen Boden ein.

Endlich benützte ich einige Pflänzchen zur Untersuchung ihrer Wachstumsverhältnisse.

---

<sup>1)</sup> Leider befanden sich in den hinterlassenen Papieren keine näheren Angaben über die Bodenarten noch über das Ziel des vorbereiteten Versuches.

### I. Kalk.

Die Pflänzchen sind schwach, höchst wahrscheinlich verkümmert.

Die Hauptwurzel ist 18 Cm. lang, 1·8 Mm. dick und verdünnt sich plötzlich in einer Entfernung von 2·5 Cm. unter dem Wurzelholze. Der Durchmesser des Holzes beträgt 1·0 Mm., jener der Rinde 0·4 Mm. Die letztere ist auffallend arm an Harzgängen.

Der Stamm ist sehr verkürzt, nur 12 Mm. hoch bei einem Durchmesser von 2·0 Mm., von welchem 0·8 Mm. auf das Holz, 0·6 Mm. auf die Rinde entfallen. Holz und Rinde sind harzreich. Das Cambium ist etwas thätiger als in der Wurzel.

Der Stamm trägt 6—8 Blattpaare. Die Nadeln sind 3 Cm. lang, 1·1 Mm. breit und 0·65 Mm. dick. Die Berührungsfläche ist in der Mitte etwas ausgebuchtet (convex).

### II. Moorerde.

Stamm und Wurzel kräftig entwickelt.

Die Hauptwurzel ist 27 Cm. lang, 2·2 Mm. dick, spärlich mit kurzen, zarten Nebenwurzeln besetzt. Ihr Holzkörper hat einen Durchmesser von 1·5 Mm. und umschliesst ein sehr enges, aus wenigen Zellen bestehendes Mark. Die Rinde ist 0·35 Mm. breit.

Der Stamm ist 5 Cm. hoch, 2·8 Mm. dick, mässig belaubt. Die Holzmasse ist bedeutend geringer als in der Wurzel, da sie nur einen Durchmesser von 1·2 Mm. besitzt und überdies ein weiträumiges Mark umschliesst. Dagegen ist der Rindenmantel 0·8 Mm. breit.

Die Nadeln sind 6 Cm. lang, 1·15 Mm. breit und 0·7 Mm. dick. An der Berührungsfläche fast vollkommen eben, die Aussenfläche sehr stark gekrümmt.

### III. Lehmboden.

Zarte Pflänzchen mit kurzem Stamme, schwächiger Wurzel und wenig entwickeltem Wurzelsystem.

Die Hauptwurzel ist 18 Cm. lang, 1·6 Mm. dick, gerade gestreckt und sich allmähig verjüngend. Die Nebenwurzeln, gering an Zahl und wenig verzweigt, sind schon am Ursprunge sehr zart und nur 8 Cm. lang. Der 1·0 Mm. starke Holzkörper wird von einer 0·3 Mm. dicken Rinde umgeben.

Das Holz des Stammes hat dieselbe Mächtigkeit, die Rinde ist aber mehr als doppelt so breit (0·7 Mm.). Der Stamm ist 2 Cm. hoch und trägt zahlreiche 6 Cm. lange Nadeln, die 1·5 Mm. breit und 0·65 Mm. dick sind, in ihrer Entwicklung demnach auffallend mit der sonst schwachen Pflanze contrastiren.

### IV. Lauberde.

Reichbelaubte und stark bewurzelte Pflanzen.

Die Hauptwurzel ist 32 Cm. lang, 2·2 Mm. dick und trägt wenige aber starke Nebenwurzeln.

Ihr Holz misst im Durchmesser 1·3 Mm., wovon nur 0·2 Mm. auf das Mark entfallen. Die Rinde ist 0·45 Mm. breit sammt den etwa 20 Reihen neugebildeter Frühjahrszellen.

Der Stamm ist 2·5 Cm. hoch, 3·15 Mm. dick. Zwischen dem 1·0 Mm. breiten Rindenmantel und dem weiten Marke bleibt nur ein dünner Holzcyylinder übrig von 1·15 Mm. Durchmesser.

Die Belaubung ist sehr dicht. Die Nadeln lang (7 Cm.), schmal (0.95 Mm.) und dick (0.7 Mm.), walzlich, da die Kanten verwischt und die Berührungsflächen stark gewölbt sind.

#### V. Sand.

Die Hauptwurzel ist 23 Cm. lang, nur 1.5 Mm. dick, die schwächste unter allen Versuchspflanzen. Die wenigen Nebenwurzeln entspringen in Abständen von 2—3 Cm., sind mit zahlreichen Würzelchen dritter Ordnung kammartig besetzt. Der Durchmesser des Holzes beträgt 1.0 Mm., jener der Rinde 0.25 Mm.

Der Stamm ist 2.5 Cm. hoch, 2.5 Mm. dick. Der Holzcyliner ist sehr dünn (0.9 Mm.) und enthält viel Mark. Die Rinde ist 0.8 Mm. breit.

Die Nadeln bleiben sehr kurz (2—3 Cm.) und sind auch weniger kräftig: 1.0 Mm. breit, 0.6 Mm. dick.

#### VI. Düngererde.

Die Hauptwurzel ist 10 Cm. lang, schwach wellig gebogen, im oberen Abschnitte 2.0 Mm. im Durchmesser haltend. Die obere Hälfte ist frei von Nebenwurzeln. Im unteren Abschnitte gehen in fast wagrechter Richtung spärlich verzweigte, zarte Nebenwurzeln in etwa Centimeter weiten Abständen ab. Sie sind an der Austrittsstelle zarter als die entsprechende Stelle der Hauptwurzel.

Das Wurzelholz hat 1.34 Mm. im Durchmesser und ist von einem 0.33 Mm. breiten Rindengürtel umgeben.

Der Stamm ist 3.5 Cm. hoch, 3.1 Mm. dick und dicht belaubt. Das Holz hat 1.5 Mm. Mächtigkeit, die Rinde 0.8 Mm.

Die Nadeln sind sehr lang (6—8 Cm.) und dünn, wie bei keiner anderen der Versuchspflanzen.

#### VII. Haideerde.

Die kräftigsten Pflanzen der ganzen Reihe mit Rücksicht auf den Gesamthabitus, wengleich sie in einzelnen Dimensionen von anderen übertroffen werden.

Die Hauptwurzel, 15 Cm. lang, 3.0 Mm. dick, verzüngt sich gleichmässig. Die Nebenwurzeln sind nicht reichlich verzweigt.

Nur die in Gyps erwachsenen Pflanzen übertreffen das mächtige Wurzelholz von 2.0 Mm. Durchmesser. Die Wurzelrinde ist 0.5 Mm. breit.

Die Entwicklung des Stammes ist unerreicht. Er ist 7 Cm. hoch, 4.0 Mm. dick. Davon entfallen 2.0 Mm. auf das Holz, 1.0 Mm. auf die Rinde. Die weit vorgeschrittene Thätigkeit des Cambium lässt auf das Wohlbefinden der Pflanzen schliessen. Sie sind auch gut belaubt. Die Nadeln 8 Cm. lang, 1.2 Mm. breit, 0.65 Mm. dick.

#### VIII. $\frac{1}{2}$ Lehm, $\frac{1}{4}$ Sand, $\frac{1}{4}$ Düngererde.

Kräftige Pflanzen.

Die Hauptwurzel ist 17 Cm. lang, 2.8 Mm. dick in ihrem grösseren Antheile. Auch die Nebenwurzeln sind ungewöhnlich stark. Der Holzcyliner hat bei geringer Markentwicklung einen Durchmesser von 1.6 Mm., die Rinde misst 0.6 Mm.

Der Stamm ist 4.5 Cm. hoch, 3.6 Mm. dick. Der Holzkörper hat dieselben Dimensionen wie jener der Wurzel, nur ist das Mark massiger. Die Rinde ist bedeutend breiter: 1.0 Mm.

Der Stamm ist gut mit sehr langen Nadeln (9 Cm.) besetzt, die auch in der Breite (1.2 Mm.) und Dicke (0.8 Mm.) zu den best entwickelten zählen.

### IX. $\frac{1}{3}$ Lehm, $\frac{2}{3}$ Lauberde.

Kräftige, kurzstämmige, reichbewurzelte Pflanzen.

Die Hauptwurzel ist 28 Cm. lang. Der obere Antheil ist fast cylindrisch 2.7 Mm. dick; dann verjüngt sich die Wurzel rach in den dreimal längeren, zarten Endtheil.

Der Durchmesser des Holzes misst 1.6 Mm., jener der Rinde 0.55 Mm.

Der Stamm ist 3 Cm. hoch, 3.3 Mm. dick. Das Holz ist gleich stark wie in der Wurzel, die Rinde ist 0.85 Mm. breit.

Die Belaubung ist dicht. Die Nadeln, 7 Cm. lang, 1.2 Mm. breit, 0.7 Mm. dick, sind fast so kräftig, wie bei der vorigen, mit der diese Pflänzchen überhaupt grosse Uebereinstimmung zeigen.

### X. Sandiger (Mauer-)Kalk.

Kurzstämmige, starke Pflanzen mit vorzüglich entwickeltem Wurzelsystem.

Die Hauptwurzel ist 15 Cm. lang, im oberen Abschnitte 2.5 Mm. dick, und sich sehr langsam verjüngend, so dass sie durch die ganze Länge deutlich erkennbar bleibt. Die Nebenwurzeln sind zahlreich, reich verzweigt und an ihrem Ursprunge ungewöhnlich stark.

Das 1.6 Mm. mächtige Holz ist schmal berindet (0.45 Mm.).

Der Stamm ist 2.5 Cm. hoch, 2.9 Mm. dick. Das Holz hat 1.4 Mm. Durchmesser, der Rindenmantel ist 0.75 Mm. breit.

Die Nadeln gleichen den vorigen.

### XI. Gyps.

Die Hauptwurzel ist 32 Cm. lang; aber nur in einer Länge von etwa 12 Cm. durch beträchtliche Dicke (3.5 Mm.) ausgezeichnet. Von da ab verdünnt sie sich sehr rasch. Der obere Abschnitt entsendet nur spärliche Nebenwurzeln, der untere dagegen ist reichlich mit ausserordentlich langen (bis 40 Cm.) Nebenwurzeln besetzt, die schon an der Austrittsstelle sehr dünn sind. Sie hat unter allen Versuchspflanzen den mächtigsten Holzkörper (2.1 Mm.), der auch von einer entsprechend breiten (0.7 Mm.) Rinde umgeben ist.

Der Stamm ist 2.5 Cm. lang und ziemlich dicht mit 8 Cm. langen, kräftigen Nadeln besetzt.

Der Durchmesser des Holzkörpers erreicht den der Wurzel nicht, ist aber immerhin ansehnlich (1.9 Mm.). Auffallend ist die verhältnissmässig schmale (0.8 Mm.) Rinde.

Auch die Nadeln gehören zu den kräftigsten: 1.35 Mm. breit, 0.85 Mm. dick.

### XII. Nadelstreu.

Alle Sämlinge waren bis auf ein verkümmertes Pflänzchen, welches keine Knospen mehr gebildet hatte, aus unbekannter Ursache zu Grunde gegangen.

### XIII. Haselnussgrosse Steine.

Die Hauptwurzel ist 35 Cm. lang, hin und her gebogen, sehr zart (1·8 Mm. an der dicksten Stelle) und ziemlich reich verästigt. Der Holzkörper misst 1·1 Mm., die Rinde 0·35 Mm.

Der Stamm ist äusserst verkürzt, nur 1·2 Cm. hoch, aber verhältnissmässig dick (2·5 Mm.). Freilich entfallen fast zwei Drittel des Durchmessers auf die Rinde, welche einen 0·8 Mm. breiten Mantel um den 0·9 Mm. dicken Holzkern bildet.

Die Nadeln sind 4 Cm. lang, 1·0 Mm. breit, 0·6 Mm. dick.

### XIV. Nussgrosse Steine.

Die Hauptwurzel ist 27 Cm. lang, noch dünner (1·6 Mm.) wie die vorige, reich verzweigt. Der Holzkörper ist 1·0 Mm. stark, die Rinde 0·3 Mm. breit.

Der Stamm ist 1·5 Cm. hoch, stimmt in den Massen des Holzes und der Rinde vollkommen mit den in kleinen Steinen erwachsenen Pflänzchen (Nr. XIII) überein.

Auch die Nadeln sind wenig verschieden.

### XV. Kalkerde.

Kräftige Pflanzen. Namentlich ist das Wurzelsystem ausgezeichnet durch zahlreiche und ungewöhnlich starke Nebenwurzeln, die selbst wieder reichlich verzweigt sind.

Die Hauptwurzel ist 20 Cm. lang, in der oberen Hälfte 2·5 Mm. dick, und zwar im Holze 1·4 Mm.; in der Rinde 0·55 Mm.

Der Stamm ist 4 Cm. hoch, 3·5 Mm. dick, gehört also zu den kräftigsten. Von dem Durchmesser entfallen 1·5 Mm. auf das Holz, 1·0 Mm. auf die Rinde.

Die Stämmchen sind vorzüglich mit 6 Cm. langen, 1·15 Mm. breiten und 1·7 Mm. dicken Nadeln belaubt.

### Uebersichts-Tabelle.

Bodenart	Wurzel				Stamm				Nadeln			Holzmasse : Rindenmasse	
	Länge Cm.	Dicke Mm.	Holz Mm.	Rinde Mm.	Hohe Cm.	Dicke Mm.	Holz Mm.	Rinde Mm.	Länge Cm.	Dicke Mm.	Breite Mm.	in der Wurzel	im Stamme
I. Kalk . . . . .	18·0	1·8	1·0	0·4	1·2	2·0	0·8	0·6	3·0	0·65	1·1	1 : 2·24	1 : 5·25
II. Moorerde . . . . .	27·0	2·2	1·5	0·35	5·0	2·8	1·2	0·8	6·0	0·7	1·15	1 : 1·15	1 : 4·44
III. Lehm . . . . .	18·0	1·6	1·0	0·3	2·0	2·4	1·0	0·7	6·0	0·65	1·5	1 : 1·56	1 : 4·76
IV. Lauberde . . . . .	32·0	2·2	1·3	0·45	2·5	3·15	1·2	1·0	7·0	0·7	0·95	1 : 1·86	1 : 6·11
V. Sand . . . . .	23·0	1·5	1·0	0·25	2·5	2·5	0·9	0·8	2·5	0·6	1·0	1 : 1·25	1 : 6·71
VI. Düngererde . . . . .	10·0	2·0	1·34	0·33	3·5	3·1	1·5	0·8	7·0	0·55	0·85	1 : 1·23	1 : 3·27
VII. Haideerde . . . . .	15·0	3·0	2·0	0·5	7·0	4·0	2·0	1·0	8·0	0·65	1·2	1 : 1·25	1 : 3
VIII. 1/2 Lehm, 1/4 Sand, 1/4 Düngererde . . . . .	17·0	2·8	1·6	0·6	4·5	3·6	1·6	1·0	9·0	0·8	1·2	1 : 2·06	1 : 4·06
IX. 1/3 Lehm, 2/3 Laub- erde . . . . .	28·0	2·7	1·6	0·55	3·0	3·3	1·6	0·85	7·0	0·7	1·2	1 : 1·85	1 : 3·25
X. Sandiger Kalk . . . . .	15·0	2·5	1·6	0·45	2·5	2·9	1·4	0·75	7·0	0·75	1·2	1 : 1·44	1 : 3·28
XI. Gypserde . . . . .	32·0	3·5	2·1	0·7	2·5	3·5	1·9	0·8	8·0	0·85	1·35	1 : 1·78	1 : 2·39
XIII. kleine Steine . . . . .	35·0	1·8	1·1	0·35	1·2	2·5	0·9	0·8	4·0	0·6	1·0	1 : 1·67	1 : 6·71
XIV. grosse Steine . . . . .	27·0	1·6	1·0	0·3	1·5	2·5	0·9	0·8	3·5	0·6	1·1	1 : 1·56	1 : 6·71
XV. Kalkerde . . . . .	20·0	2·5	1·4	0·55	4·0	3·5	1·5	1·0	6·0	0·7	1·15	1 : 2·19	1 : 4·44

Aus der vorstehenden Tabelle ergeben sich folgende Betrachtungen:

Die Länge der Wurzeln steht in keinem Zusammenhange zur Gesamt-Entwicklung der Pflanzen; denn gerade die kräftigsten, in Haideerde erwachsenen Pflanzen besitzen sehr kurze und die schwächlichen, in kleinen Steinen erwachsenen Pflanzen geradezu die längsten Wurzeln. Andererseits kommen aber auch kräftige, langwurzelige Pflanzen vor, und es erhellt daraus, dass eine gesetzmässige Beziehung zwischen der Längenentwicklung der Wurzel und der Entwicklung der Pflänzchen nicht abgeleitet werden darf. Nur das Eine scheint mir aus den Zahlen hervorzugehen, dass die Längenentwicklung der Wurzel bedingt ist von der leichten Durchdringlichkeit des Bodens, und von dem Befestigungsbedürfniss der Pflanzen — zwei Momenten, die mitunter zusammenfallen. Besonders auffallend wird dieses Verhältniss durch die Nummern VIII und IX beleuchtet. Die Lehmplanzen (III) haben Wurzeln von mittlerer Länge, im Sand werden die Wurzeln länger, in Düngererde bedeutend kürzer. In der Mischung dieser drei Bodenarten erreichen die Wurzeln wieder eine mittlere Länge. In IX ist  $\frac{1}{3}$  Lehm mit  $\frac{2}{3}$  Lauberde gemischt, welche letztere besonders lange Wurzelbildung begünstigt. In der Mischung erreichen die Wurzeln eine Länge, die beträchtlicher ist als bei Lehmplanzen und geringer als bei den in reiner Lauberde erwachsenen Pflanzen. Ja noch mehr. Entsprechend der in der Mischung vorherrschenden Lauberde ist die Zahl auch höher als das arithmetische Mittel zwischen den Wurzellängen von III und IV.

Die absolute Länge der Wurzel ist kein Mass für gute Wurzelbildung, sie ist nicht proportional einer kräftigen Wurzelbildung überhaupt. Für diese ist der Durchmesser massgebend, die Menge und Mächtigkeit der Nebenwurzeln. Gar oft sind schwächliche Wurzeln in sehr lange, zarte Endigungen ausgezogen, während kurze Wurzeln von ansehnlicher Stärke ihren Umfang nur allmählig verringern und gedrängt stehende, starke Nebenwurzeln entsenden. Wenn sich diese Verhältnisse bei den weiter geführten Versuchen als beständig erweisen sollten, so wird ihre Kenntniss für die Praxis von hoher Wichtigkeit sein, weil man leicht im Stande sein wird, ein der gegebenen Bodenbeschaffenheit am besten entsprechendes Pflanzmaterial zu erzielen. Die dicksten und zugleich sehr lange Wurzeln gedeihen in einem stark mit Gyps versetzten Boden. Ihnen zunächst stehen die in Haideerde erwachsenen, die noch den grossen Vorzug der gleichmässigen Verjüngung besitzen. Im Allgemeinen erzeugen humusreiche Böden kräftige Wurzeln, während die rein mineralischen Bodenarten schwach bewurzelte Pflanzen hervorbringen, ein Resultat, wie es a priori zu erwarten steht. X, XI und XV zeigen, dass Ca-Gehalt sehr förderlich ist, während Kalk allein (I) nur wenig stärkere Wurzeln bildet als reiner Sand.

In welchem Masse sich das Holz und die Rinde an dem Zustandekommen des Wurzeldurchmessers betheiligen, ist unmittelbar aus der Tabelle ersichtlich. Im Allgemeinen entspricht der stärkeren Wurzel auch ein mächtigerer Holzcyylinder; aber die Zunahme ist durchaus nicht proportional. Vielmehr scheinen manche Bodenarten mehr die Holzbildung zu fördern, andere der Rindenbildung zuträglicher zu sein.

Man findet daher auch das Verhältniss der Rindenmasse zur Holzmasse in der Tabelle angegeben, berechnet nach der Formel:

$$\pi [(r + h)^2 - h^2] : \pi h^2,$$

in welcher r die Rindenstärke, h den Radius des Holzes bedeutet.

Weniger wissenschaftlich aber der Beurtheilung zugänglicher, daher übersichtlicher scheint mir folgende Zusammenstellung, in welcher angegeben ist, wie vielmal der Durchmesser des Holzes die Rindenbreite übertrifft.

I. — 1 : 2·5	VIII. — 1 : 2·7
II. — 1 : 4·3	IX. — 1 : 2·9
III. — 1 : 3·3	X. — 1 : 3·5
IV. — 1 : 2·9	XI. — 1 : 3
V. — 1 : 4·0	XIII. — 1 : 3·1
VI. — 1 : 4·0	XIV. — 1 : 3·3
VII. — 1 : 4·0	XV. — 1 : 2·5

Die relativ grösste Holzmasse entsteht demnach in Moorerde und es schliessen sich in absteigender Folge an: Sand, Haideerde, Düngererde; Sandiger Kalk; Lehm, grosse Steine, kleine Steine; Gyps; Lauberde, die Mischung aus  $\frac{1}{3}$  Lehm,  $\frac{2}{3}$  Lauberde; die Mischung aus  $\frac{1}{2}$  Lehm,  $\frac{1}{4}$  Sand,  $\frac{1}{4}$  Düngererde; Kalkerde, Kalk.

Die oben angeführte Regel, dass humusreiche Bodenarten die kräftigsten Wurzeln hervorbringen, kann also auf die Holzbildung nicht ausgedehnt werden, wie am auffallendsten die starkwurzigen Gypspflanzen lehren, die mit Rücksicht auf ihre Holzmasse eine sehr untergeordnete Stelle einnehmen. Es würde mir aber sehr kühn erscheinen, angesichts des spärlichen Materiales weitere Schlüsse zu ziehen. Es genüge die Befunde einfach zur Kenntniss zu bringen.

Ohne Frage ist die Entwicklung der Wurzel in diesem frühen Stadium für die Praxis belangreicher als die Entwicklung des Stammes. Dagegen ist diese einer klaren Beurtheilung viel näher, weil die Dimensionen des Stammes, die Belaubung sicherer erkannt und durch Zahlen ausgedrückt werden können.

Ein Blick auf die Tabelle lehrt, in welchen Bodenarten die hochstämmigsten Pflänzchen erwachsen und dass diesen auch im Allgemeinen die höchsten Zahlen für den Umfang des Stammes zukommen<sup>1)</sup>. Die beiden Factoren, nebeneinander betrachtet, geben eine Vorstellung von der Entwicklung des Stammes, was ich von ihrem Producte nicht behaupten kann. Deshalb unterlasse ich es, die Masse des Stammes zu berechnen (wobei übrigens wegen der Unregelmässigkeit der Stammform nur näherungsweise richtige Resultate zu gewinnen wären) oder das Volumen desselben zu bestimmen.

Von hohem Interesse ist die Erörterung der Frage, ob die Entwicklung des Stammes gleichen Schritt hält, mit der Entwicklung der Wurzel. Wir haben bereits gesehen, dass in kräftigen Bodenarten auch kräftige Wurzeln gedeihen und die tägliche Erfahrung spricht dafür, dass wir in jenen auch die kräftigsten Stämme erzielen werden. Auf der anderen Seite darf aber nicht übersehen werden, dass Pflanzen in einem an Nährstoffen armen Boden genöthigt sein werden, ein starkes, weitverzweigtes Wurzelsystem zu bilden, um ihren nothwendigsten Bedarf zu decken und dass dessenungeachtet eine kräftige Entwicklung der oberirdischen Theile nicht erreicht wird. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass diese Wechselbeziehung besteht; aber es ist schwer, diese Beziehungen auseinander zu halten, zu sagen, in welchem Masse ein kräftiger Boden das Wachsthum fördert, ein magerer Boden es beeinträchtigt.

<sup>1)</sup> Auffallende Ausnahmen sind die hochstämmigen Pflanzen aus Moorerde mit geringem Durchmesser und die niedrigen Pflanzen aus Gypserde mit verhältnissmässig bedeutender Dicke.

Die nach jeder Richtung vollkommensten Pflänzchen gedeihen in Haideerde, ihnen zunächst stehen die in der Mischung von Lehm, Sand und Düngererde erwachsenen. Sehr gute Stämme producirt auch Kalkerde, Moorerde, eine Mischung von Lehm und Lauberde, Düngererde. Nach ihnen kommt erst Gypserde, welche die kräftigsten Wurzeln hervorbringt — oder braucht um einen mässig starken Stamm zu ernähren. In Kalk erwachsen die schwächsten Stämme mit sehr schwachen Wurzeln.

Lehrreich sind die Versuchspflanzen XIII und XIV. Sie gehören zu den kümmerlichsten; aber während zwischen den kleinen Steinen stärkere Wurzeln und schwächere Stämme erwachsen, waren zwischen den grösseren Steinen die Stämme stärker bei schwächeren Wurzeln. Das umgekehrte Verhältniss schiene einleuchtender; denn die kleineren Steine bieten eine grössere Summe von Oberflächen für die durch die Atmosphärien zugeführten oder durch Abwitterung zu erzeugenden Nährstoffe. Wenn daher schon, begünstigt vielleicht durch die geringere Cohärenz, stärkere Wurzelbildung eingeleitet wird, so sollte ihr doch auch eine mächtigere Entwicklung des Stammes entsprechen. Thatsächlich geschieht es nicht — eine Erklärung zu geben, bin ich nicht im Stande.

Während in der Wurzel der Durchmesser des Holzkörpers regelmässig, wenngleich nicht proportional, mit dem Durchmesser der Wurzel steigt, ist diess beim Stamm nicht der Fall, wo überhaupt die Rindenbildung dominirt. Ordnet man die Bodenarten nach dem absolut grössten Querschnitt des Holzkörpers, den sie produciren, so ist auch von diesem Gesichtspunkte aus die Haideerde unübertroffen. Es folgen Gyps, die Bodenmischungen, Kalkerde u. s. w., wie aus der Tabelle unmittelbar ersichtlich ist.

Eine andere Reihenfolge ergibt sich aber, wenn man das Verhältniss der Holzmasse zur Rindenmasse in Erwägung zieht, und es möge auch hier zur vergleichenden Uebersicht das Verhältniss der Rindenbreite zum Durchmesser des Holzkörpers angeführt werden.

I. — 1 : 1.33	VIII. — 1 : 1.6
II. — 1 : 1.5	IX. — 1 : 1.88
III. — 1 : 1.43	X. — 1 : 1.86
IV. — 1 : 1.2	XI. — 1 : 2.37
V. — 1 : 1.12	XIII. — 1 : 1.12
VI. — 1 : 1.87	XIV. — 1 : 1.12
VII. — 1 : 1.2	XV. — 1 : 1.5

Hier steht Gyps obenan und es folgen: Haideerde; die Bodenmischungen, Düngererde, und sandiger Kalk; Moorerde und Kalkerde; Lehm, Kalk, Lauberde; Sand und Steine.

Dass diese Reihe mit der nach analogen Gesichtspunkten aufgestellten bei den Wurzeln nicht zusammenfällt, ist eine bedeutsame Erfahrung, welche dahin ausgelegt werden könnte, dass die Bodenbeschaffenheit überhaupt von untergeordnetem Einflusse auf die relative Entwicklung von Holz und Rinde sei. So wenig ich dieser Anschauung entgegen treten kann eben so wenig kann ich sie vertheidigen.

Es erübrigt noch einen Blick auf die Belaubung zu werfen. Es ist eine unabweisliche Nothwendigkeit, dass sie mit der Gesamt-Entwicklung der Pflanzen gleichen Schritt hält, so lange sich diese im physiologischen Zustande befinden. Es kann aber die Summe der assimilirenden Flächen durch verschiedene Summanden erreicht werden, desshalb wurden die Dimensionen der Nadeln gemessen. Die Kenntniss der Anzahl derselben würde das Bild der Belaubung vervollständigen und bei der Jugend der Pflänzchen wäre ihre Bestimmung

mit leichter Mühe durchführbar; aber zur Zeit, in der diese Unternehmung durchgeführt wurde, befinden sich noch Nadeln am Stamme, die augenscheinlich bereits ausser Thätigkeit stehen, die aber mit voller Sicherheit von den functionirenden nicht getrennt werden können. Ich habe es daher vorgezogen, diesen Factor zu eliminiren, der bei seiner Unsicherheit den exact zu ermittelnden Werthen nur schaden könnte. Als solche kann ich die in der Tabelle angeführten Dimensionen der Nadeln bezeichnen, weil sie bei allen Individuen einer Gruppe und bei den Individuen selbst nur sehr geringfügigen Schwankungen unterliegen. Kräftige Pflanzen besitzen zwar starke, namentlich lange Nadeln, aber nicht immer im Verhältnisse zu ihrer Gesamt-Entwicklung, noch zur Entwicklung eines ihrer Theile.

Ordnet man die Bodenarten mit Rücksicht auf die massige Entwicklung der Nadeln, so ergibt sich folgende Reihe: Gyps, das Gemenge aus Lehm, Sand und Düngererde, sandiger Kalk, Haideerde, Gemenge aus Lehm und Lauberde, Lehm, Moorerde, Kalkerde, Lauberde, Düngererde, Steine, Kalk, Sand.

Diese Untersuchung ist das erste Glied einer Reihe von Versuchen, die den Einfluss der Bodenbeschaffenheit auf die Entwicklung der Schwarzföhre klar stellen sollen. Es ist nicht abzusehen, wie lange Zeit diese in Anspruch nehmen werden und diess ist ein Grund für die selbstständige Veröffentlichung der vorliegenden Versuchsreihe, die, wenngleich nicht abgeschlossen, doch eine Periode im Leben des Stammes umfasst, welche von grosser Bedeutung ist, weil in ihr der Grund für das weitere Gedeihen der Culturen liegt.



# Versuche mit Schwarzföhrensamen.

Von

**Dr. Joseph Moeller.**

Zu den Versuchen wurden Samen aus dem Erntejahre 1874/75 verwendet, welche aus der Kleng-Anstalt von Stainer und Hofmann in Wr.-Neustadt bezogen worden waren.

Ein Kilogramm enthält 46.500 Samen.

Ein Liter enthält 26.000 bis 27.000 Samen im Gewichte von 560 bis 580 Gramm.

Hundert Cubikcentimeter enthalten 2680 Samen im Gewichte von 57·35 Gramm.

Je 100 Samen wiegen 2·21 Gr.      Je 500 Samen wiegen 10·66 Gr.

2·15	"	10·72	"
2·12	"	10·82	"
2·16	"	10·77	"
1·95	"	10·57	"

Daraus bewerthet sich das mittlere Gewicht von 1000 Samen mit 21·3 Gr. und ein Same wiegt im Mittel 21 Milligramme.

Entsprechend dem abs. Gewicht der Samen steigt auch die Aschenmenge. Sie kann mit 3·8% angegeben werden, da die Schwankungen erst die zweite Decimalstelle beeinflussen.

Am 20. Mai 1877 wurden je 100 Samen gewogen und abgesondert in flache Glasschalen auf groben Kiessand gesät, mit demselben leicht bedeckt und bis zur Sättigung befeuchtet.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Mit demselben Samen wurde auch ein Versuch in dem von Julius Stainer construirten Keim-Apparat angestellt. Der Apparat wurde am 23. Juni beschickt und nicht geheizt, weil die Temperatur im Laboratorium nur wenig um 18° C. schwankte.

Das Resultat gibt folgende Tabelle:

Tag der Keimung	Auf der Keimplatte										Keimlinge pro Mille
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
30. Juni	5	3	6	9	4	9	3	0	6	7	52
1. Juli	7	5	4	8	6	8	9	8	6	6	67
2. "	14	13	20	16	22	13	18	13	16	15	160
3. "	6	9	14	7	8	14	13	7	11	10	99
4. "	3	10	4	4	10	5	1	3	4	2	46
5. "	6	6	11	6	8	12	3	18	4	3	77
6. "	1	5	5	4	5	1	0	4	3	7	35
7. "	0	6	3	2	0	0	2	2	2	2	19
8. "	0	5	0	1	1	1	2	2	2	1	15
9. "	1	2	1	3	3	1	3	1	4	3	22
10. "	2	1	2	0	0	2	1	0	0	1	9
11. "	1	2	0	1	0	1	1	0	2	0	8
12. "	0	1	1	1	0	0	0	2	0	0	5
13. "	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
14. "	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	4
Total	46	68	73	63	68	68	66	61	60	57	620

Der Raum, in welchem der Versuch gemacht wurde, hatte ziemlich constant die Temperatur 15° C. Die ersten Keimlinge durchbrachen nach vierzehn Tagen (5. Juni) die Boden-decke. Die Tabelle gibt an wie die Keimlinge der Zeit und Zahl nach folgten.

100 Samen Gramm	N a c h T a g e n									
	14	15	16	17	18	20	22	24	30	
I. 1·95	13	29	5	7	3	9	3	1	0	70
II. 2·12	14	19	7	10	5	10	6	4	3	78
III. 2·15	20	25	12	8	4	2	2	0	0	73
IV. 2·16	11	32	4	8	9	5	2	5	0	76
V. 2·21	0	1	7	5	34	15	9	4	4	79
	58	106	35	38	55	41	22	14	7	376
% Mittel	11·6	21·2	7	7·6	11	8·2	4·4	2·8	1·4	75·2

Die Summe der horizontalen Reihen gibt direct das Keimprocent, die Summen der verticalen Reihen geben die Zahl der Keimlinge aus 500 Samen mit Rücksicht auf die Zeit ihrer Keimung.

Die Keimlinge wurden ausgezogen, rasch abgospült und mit Löschpapier sorgfältig abgetrocknet sobald sie 1 Cm. über den Boden erwachsen waren. Die Keimblätter waren noch vollkommen von der Samenschale umschlossen.

Je 25 der ersten Keimlinge wogen

1·30 Gr.

1·40 "

1·30 "

1·50 "

Das mittlere Gewicht eines Keimlings daher 0·055 Gr. gegenüber dem mittleren Gewichte des Samens mit 0·021 Gr. Die 100 Keimlinge im Gewichte von 5·50 Gr. wurden verascht und gaben 0·11 Gr. = 2% Asche.

Ebenso wurden die Keimlinge der zweiten und dritten Periode auf die Wage gebracht und es ergab sich als mittleres Gewicht für

einen Keimling der zweiten Keimungsperiode mit 0·0576 Gr.

" " " dritten " " 0·065 "

Aschenmenge = 2·25%.

Die Samen, welche erst nach drei Wochen keimten brachten sehr schwächliche Keimlinge hervor, die nicht mehr gewogen wurden, weil ihre Zahl zu gering war, um aus ihnen verlässliche Mittelwerthe zu berechnen.

Aus diesen Beobachtungen und aus den Folgerungen, welche sich aus der Tabelle ergeben, lassen sich folgende Schlüsse ableiten:

Die ersten Keimlinge, etwa 15 Procent der Gesamtmenge, stehen in ihrer Entwicklung hinter den folgenden Keimlingen zurück.

Die Keimlinge, welche sich aus einer gegebenen Saatmenge zu gleicher Zeit in grösster Zahl entwickeln sind auch die kräftigsten.

Nach dieser Periode nimmt die Zahl der Keimlinge ab und diese Spätlinge sind schwach entwickelt.

Je vollwichtiger die Samen sind, desto grösser ist ihr Keimprocent.

Endlich wurden auch Versuche gemacht über den Einfluss der Quellung der Samen vor der Aussaat und gefunden, dass Samen, welche 3, 8, 16, 20 oder 24 Stunden in Wasser gelegen hatten bevor sie gesät wurden, sich gleich verhielten sowohl in Beziehung auf die Zeit ihrer Keimung als auch in Beziehung auf das Keimprocent.

Währte die Quellung aber 36 oder sogar 40 Stunden, dann keimten die Samen wohl gleichzeitig mit den übrigen, aber ihre Keimfähigkeit war alterirt. Während von jenen mehr als 70 Procent durchschnittlich keimten, waren von 100 Samen nach sechsunddreissigstündiger Quellung nur 50 Procent und nach vierzigstündiger Quellung nur 40 Procent keimfähig.

Bei all' diesen Versuchen wurden die nicht vollkommen entflügelten Samen ausgeschlossen, im Uebrigen aber die Samen ohne Wahl verwendet. Einige Parallelversuche mit Samen, an denen Flügelreste hafteten, zeigten, dass diese in Betreff ihres Keimvermögens oder der Keimungsdauer durchaus nicht im Nachtheile sind.

Um den Einfluss kennen zu lernen, den die nach Dichte und Dauer abgestufte Beschattung auf die Keimung der Schwarzföhrensaaten äussert, wurden folgende Versuche in Scene gesetzt.

Am 8. Juni 1877 wurden im Garten zu Mariabrunn 10 Beete von je 125 Cm. im Quadrat abgesteckt. Die Beete sind hinreichend von einander entfernt, damit die Beschattungsvorrichtungen des einen ohne Einfluss auf die benachbarten sind.

Die Beschattungsvorrichtungen wurden 60 Cm. hoch über der Bodenfläche angebracht und bestanden aus einer horizontalen Decke und im Anschlusse an diese aus drei verticalen, bis an den Boden reichenden, gleichartigen Seitenwänden. Die vierte (Nord-) Seite wurde frei gelassen, weil von ihr aus die Beete niemals besonnt wurden.

In der Richtung von Süd nach Nord wurden in Abständen von 15 C. 5 Meter lange, breite Saatrinnen angelegt, mit je 10 Gramm Samen versorgt und 1 Cm. hoch mit Erde bedeckt.

Sämmtliche Beete wurden zum Schutze gegen Vogelfrass allseitig mit einem weitmäschigen Netze umschlossen.

- I. blieb Tag und Nacht ohne weitere Bedeckung;
- II. blieb bei Tage mit Schilfmatten bedeckt;
- III. wurde nur des Nachts mit Schilfmatten bedeckt;
- IV. wurde Tags über mit einem Holzgitter bedeckt, das aus 4 Cm. breiten Latten bestand, die sich in 4 Cm. breiten Abständen kreuzten. Dieses Gitter wird weiterhin als „enges“ bezeichnet und entspricht einer halben Beschattung;
- V. wurde mit demselben Gitter bei Nacht gedeckt;
- VI. wurde Tags über mit dem sogenannten „weiten“ Holzgitter bedeckt. Es besteht aus 4 Cm. breiten Latten, welche sich in 8 Cm. weiten Abständen kreuzen und beschattet demnach den vierten Theil der Bodenfläche;
- VII. wurde mit dem weiten Gitter bei Nacht bedeckt;
- VIII. wurde mit dem engen Gitter Tag und Nacht bedeckt;
- IX. wurde mit dem weiten Gitter Tag und Nacht bedeckt;
- X. wurde Tag und Nacht mit Matten bedeckt.

Während der ganzen Beobachtungszeit hatte es nicht geregnet. Die Saaten wurden täglich bewässert.

Den Luftdruck und die Temperatur gibt die Tabelle:

T a g	Barometerstand auf 0° red.	Thermometer ° C.	
		Maximum	Minimum
8. Juni	747·37	27·8	16·3
9. "	746·49	26·8	14·9
10. "	747·77	28·9	16·7
11. "	746·81	29·7	15·2
12. "	739·66	30·0	15·0
13. "	738·96	29·3	16·6
14. "	743·36	20·7	12·8
15. "	745·20	18·3	8·6
16. "	747·80	21·0	10·1
17. "	747·70	22·2	9·0
18. "	747·47	22·9	10·2
19. "	744·42	25·4	9·8
20. "	743·79	29·8	9·7
21. "	743·99	25·4	18·2

Nach zehn Tagen hatten die Samen gekeimt, welche Tag und Nacht mit dem Lattengitter bedeckt blieben (VIII und IX) und jene, welche blos Nachts mit Matten (III) oder mit einem Gitter bedeckt wurden (V und VII).

Zwei Tage später wurden die Keimlinge sichtbar, welche Tags über mit dem weiten Lattengitter bedeckt waren (VI) und jene, welche gänzlich unbedeckt blieben (I).

Es folgten die Samen unter dem engen Gitter bei Tage (IV). Nach weiteren drei Tagen hatten erst jene Keimlinge die Erde durchbrochen, welche Tags über (II) und welche unausgesetzt mit Matten beschattet worden waren.

Von den Bedingungen der Keimung können durch die Beschattung nur die Beleuchtung und Erwärmung alterirt worden sein, da alle Beete durch künstliche Wasserzufuhr in gleichem Ausmasse vor Austrocknung geschützt wurden.

Der Einfluss der Beleuchtung auf die Keimung ist überhaupt gering und darf in vorliegenden Versuchen wohl mit Recht unberücksichtigt bleiben, weil alle Samen gleichmässig mit Erde bedeckt waren. Der letztere Umstand verdient aber deshalb hervorgehoben zu werden, weil bekanntlich die Samen einen ziemlich hohen Grad von Empfindlichkeit gegen die über ihnen befindliche Bodendecke besitzen. Ich habe nebenher einige Versuche in dieser Richtung angestellt und gefunden, dass eine Bodendecke bis zu 2 Cm. Mächtigkeit auf die Dauer der Keimung von sehr geringem Einflusse ist. Eine Bodendecke von 3 Cm. verzögerte schon die Keimung um vier Tage und wurden die Samen 4 Cm. tief gelegt, so erschienen die ersten Keimlinge um acht Tage später als die vorigen. Die Samen waren gezählt und es zeigte sich, dass in einer Tiefe von 3 Cm. eine grosse Zahl derselben zu Grunde gegangen war und von 100 Samen, die 4 Cm. tief lagen, kamen nur 6 an's Tageslicht. Die Versuche sind zu wenig umfangreich ausgeführt, als dass ich mehr als diese allgemeinen Thatsachen aus ihnen ableiten könnte.

Bei der Bedeckung der Saaten hat man das Ziel vor Augen, die günstigen Wirkungen der Sonnenstrahlen zu protrahiren und Schutzmittel gegen die schädlichen Einflüsse der Nacht

zu schaffen. Sowohl bei Tage wie bei Nacht concurriren günstige und störende Einflüsse auf die Keimung. Wenn die Sonne den Boden erwärmt und lockert, so entzieht sie ihm auch Wasser und wenn die Temperatur des Nachts sinkt, vielleicht bis zu dem Grade, dass die zellenbildende Thätigkeit im Samen stille steht, so wird auch der Boden durchfeuchtet.

Da aber, hinreichende Feuchtigkeit vorausgesetzt, die Sonne den Boden niemals bis zu dem Grade erwärmt, dass die Samen Schaden nehmen könnten, weil sogar durch die Erfahrung festgestellt ist, dass eine möglichst intensive Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die frühe Keimung günstig wirkt, so steht es mit der theoretischen Anschauung in voller Uebereinstimmung, dass jene Samen zuerst keimten, welche Nachts geschützt wurden, sei es vollkommen oder durch ein Gitter. Die letztere Versuchsreihe und der Umstand, dass zugleich mit ihnen jene Samen keimten, welche Tags über durch ein Gitter beschattet wurden, beweist, dass die mittlere Tagestemperatur während der Dauer der Versuche höher als nöthig war und dass das Temperaturoptimum für die Keimung eine beträchtliche Breite besitzt, so dass einerseits unvollständiger Schutz bei Nacht, andererseits die bis zur Hälfte verringerte Wirkung der Sonnenstrahlen die Keimung nicht zu verzögern vermochten.

Die Keimung wurde schon um etwas verzögert und fand gleichzeitig mit jenen Samen statt, welche gänzlich unbedeckt geblieben waren, wenn keine Schutzmittel gegen die nächtliche Abkühlung ergriffen worden waren, dabei aber die Beschattung bei Tage sich über den vierten Theil, mehr noch, wenn sie sich über die Hälfte der bebauten Fläche erstreckte.

Am meisten wurde die Keimung verzögert, wenn die Samen andauernd unter Schatten gehalten wurden und der verringerte Einfluss der Sonnenstrahlen wurde dadurch nicht gut gemacht, dass man den Samen auch des Nachts den gleich vollkommenen Schutz ange-deihen liess.

Die Erfahrungen aus diesen Versuchen für Saatkämpe zur Pflanzenerziehung können in folgender Weise zusammengefasst werden:

Die rasche Entwicklung der Samen wird durch Schutzvorrichtungen gegen nächtliche Abkühlung wesentlich gefördert. Die Saaten bedürfen jener in verschiedenem Grade. Sie werden entbehrlich sein, wenn die der Keimung günstigen Einflüsse der Sonnenstrahlen in dem Maasse herrschen, dass sie dem Abfall der Temperatur während der Nacht das Gleichgewicht halten können.

Je niedriger die Tagestemperatur desto nothwendiger ist die Bedeckung während der Nacht. Soll die Bedeckung anhaltend stattfinden, dann darf sie auch unter den günstigsten Verhältnissen keine vollkommene sein, sondern nur die Hälfte oder ein Drittel der bebauten Fläche umfassen. Kann die Bedeckung Tags über entfernt werden, dann möge sie vollkommen sein. Bei unseren Versuchen, die unter äusserst günstigen Verhältnissen standen, genügte eine nächtliche Bedeckung, die sich über den vierten Theil der bebauten Fläche erstreckte. -

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Bedeckung ihren Einfluss auf die jungen Pflanzen in ganz anderer Weise geltend macht als auf die Keimung. Es wäre überhaupt zu untersuchen, ob rasche Keimung für die Entwicklung der Pflanzen förderlich ist, ob nicht etwa durch verzögerte Keimung eine kräftigere Wurzelbildung zu erzielen wäre. Die Versuche werden fortgesetzt und die Beobachtungen seinerzeit mitgetheilt werden.



# Ueber die freie Kohlensäure im Boden

Von

**Dr. Joseph Moeller.**

---

Seitdem man angefangen hat der chemischen Zusammensetzung des Bodens und ihren physikalischen Eigenschaften Aufmerksamkeit zu schenken, findet man in der einschlägigen Litteratur die Angabe, dass der Boden reich sei an Kohlensäure. Es schien diess so selbstverständlich, dass lange Zeit hindurch Niemand an die Beweisführung dachte und als Boussingault und Lewy ihre Versuche veröffentlichten, fanden sie so wenig Beachtung, als würde durch dieselben ein Axiom bestätigt worden sein. Ihre Resultate finden sich aller Orten abgedruckt; aber weder Agriculturchemiker noch Physiologen wurden durch die Thatsache, dass die Bodenluft unter Umständen mehr als 200mal so viel Kohlensäure enthält als die atmosphärische Luft, dass jene immer beträchtlich reicher an Kohlensäure gefunden wurde als diese, zu eingehenderen Forschungen angeregt. Erst Pettenkofer griff die Thatsache auf und erkannte ihre hohe Bedeutung für die Hygiene. Er und nach ihm Fleck und Fodor machten nun ausgedehnte Beobachtungen über den Kohlensäuregehalt der Bodenluft und über die Schwankungen, denen derselbe unterworfen ist, an Oertlichkeiten, welche in Fragen der Gesundheitslehre von hervorragender Wichtigkeit sind.

Zur Lösung dieser Fragen dürfte auch die Kenntniss des Kohlensäuregehaltes der Luft in den Culturböden beitragen, und dieser Factor sollte nicht übersehen werden, wo man die Bedeutung der meteorischen Erscheinungen erkannt hat und ihren Einfluss studirt.

Auch über den Werth der Kohlensäure für die Vegetation, über die Frage, ob die Kohlensäure durch die Wurzel aufgenommen werde, sind meines Erachtens die Acten noch nicht geschlossen, wengleich die einschlägigen Untersuchungen mit seltener Einhelligkeit die Frage verneinen und beweisen, dass die in der atmosphärischen Luft enthaltene Kohlensäure den Bedarf der Pflanzenwelt an Kohlenstoff vollkommen zu decken vermag.

Ich kann mich nicht verwinden zu glauben, dass die in ungeheurer Menge in der Bodenluft angehäuften Kohlensäure nicht auch als directes Nahrungsmittel den Pflanzen diene, sondern nur auf Umwegen ihnen zu Gute komme.

Ehe man an die Bearbeitung dieser und ähnlicher Fragen gehen kann, ist es wünschenswerth über den Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure, über die Abgabe derselben an die Atmosphäre unter verschiedenen tellurischen und meteorischen Einflüssen, über die Bedingungen ihrer Entstehung, über die Ursachen ihrer Schwankungen nach Tages- und Jahres-

zeiten unterrichtet zu sein. In den vorliegenden Blättern ist nur der Einfluss einiger Factoren behandelt worden und, wie es in der Natur des Gegenstandes liegt, auch diese nicht erschöpfend. Gewiss sind neben diesen und manchen Factoren, die wir gar nicht ahnen, auch die Strömungen der Luft, der Luftdruck, die Bewegungen des Grundwassers der Berücksichtigung in hohem Grade würdig. Es scheinen mir die Schwierigkeiten, diese in den Rahmen des Experimentes zu bannen, fast unübersteiglich. Vielleicht gelingt es durch lange fortgesetzte Beobachtungen an verschiedenen Orten die wirkenden Kräfte und das Mass ihrer Wirkung zu ergründen.

Sie angeregt zu haben, möge nicht das geringste Verdienst dieser bescheidenen Beiträge sein.

### Zur Methode der Untersuchung.

Die Titirmethode zur quantitativen Bestimmung der Kohlensäure wird so allgemein geübt, dass es vielleicht der Entschuldigung bedarf, wenn ich in Folgendem einige Verfahrensweisen beschreibe, die ich bei meinen Untersuchungen befolgt habe.

Keine Methode der Untersuchung ist absolut vollkommen. An einem neuen Objecte, unter neuen Verhältnissen geübt, erfährt sie Modificationen, die häufig auf die Gestaltung der Resultate von wesentlichem Einflusse sind. Berühren sie auch nicht das Wesen der Methode, so sind doch auch scheinbare Nebensächlichkeiten geeignet, die Präcision der Resultate zu fördern oder sie tragen zum mindesten zur klaren Beurtheilung derselben bei oder sie dienen zur mechanischen, selbst geistigen Entbürdung des Experimentators.

Für die Wahrheit dieser Sätze spricht einfach die jedem Experimentator bekannte Thatsache, dass die ersten Versuche meist unzuverlässige Resultate ergeben und dass man erst dann die Vertrauen erweckende Sicherheit des Vorgehens erwirbt, bis man die zahlreichen Nebenumstände nach ihrem wahren Werthe würdigen gelernt hat. Die genauesten Angaben sind nicht im Stande anfängliche Misserfolge gänzlich hintanzuhalten. Sie auf ein geringes Mass zu reduciren, ist der Zweck dieses Capitels.

Zum Ansaugen der Luftproben benützte ich Aspiratoren einer Construction, deren Mittheilung ich Dr. Max Möller verdanke. Einhalsige Flaschen wurden mit doppelt durchbohrten Pfropfen verschlossen, durch deren Bohrungen je ein kurzes und ein langes rechtwinkelig gebogenes Glasrohr gezogen war. Das lange, bis nahe an den Boden der Flasche reichende Glasrohr, ist an seinem unteren Ende kurz U-förmig gebogen aus folgendem Grunde. Wenn das Rohr gerade abgeschnitten endigt, so wird durch die Saugwirkung mehr Flüssigkeit in das Glasrohr gehoben als beabsichtigt wird. Das Niveau der Flüssigkeit in der Flasche sinkt unter das Niveau des Glasrohres und beide sind durch eine Wassersäule verbunden bis diese in Folge ihrer Schwere abgetrennt wird. Das Glasrohr entleert sich vollständig und sein unteres Ende steht ausser Contact mit der Flüssigkeit. Die Menge der nachgesaugten Flüssigkeit hängt ab von der Stärke der Saugwirkung und von mehreren physikalischen Eigenschaften der Flüssigkeit, Factoren, die nur ausserordentlich schwer in Rechnung gezogen werden können. Da aber die Menge der ausströmenden Flüssigkeit das Maass für die nachgesaugte Luft ist, so ist es nicht nur eine unerlässliche Forderung jene genau zu kennen, sondern auch sie constant zu erhalten. Beide Bedingungen werden erfüllt, wenn man die Mündung des Glasrohres nach oben kehrt. Sowie die Flüssigkeit in das Niveau der Mündung gesunken ist, tritt

diese aus der Flüssigkeit heraus und sie kann nicht mehr nachgesaugt werden. Ueberdiess steht bei dieser Einrichtung das Abflussrohr immer unter Wasser, es wird daher ein Aufsteigen von atmosphärischer Luft schon im Anfange des Versuches verhindert.

Pfropfen und Glasröhren müssen luftdicht schliessen und überdiess unbeweglich fest gestellt sein (am einfachsten durch Zuschmelzen mit einer Harzmasse, an der Sprünge leicht zu erkennen sind und zur Correctur auffordern) weil durch etwaiges Heben oder Senken des langen Glasrohres die zum Abfliessen bestimmte Flüssigkeit vermehrt oder verringert wird. Die freien Enden der langen Glasröhren an je einem Flaschenpaare werden mittelst Kautschukschlauches verbunden, der eine Schraubenklemme trägt, um das Lumen des Schlauches verringern und so den Abfluss reguliren zu können.

Ich benützte Aspiratoren mit 250 CC., 500 CC., 1 Liter und 8 Liter Fassungsraum, letztere ausschliesslich bei Bestimmungen des Kohlensäuregehaltes der atmosphärischen Luft, erstere bei Bodenarten, welche ausserordentlich reich an Kohlensäure waren. Wenngleich man auch kleine Aspiratoren dazu benützen kann, um beliebig grosse Luftmengen einzusaugen, indem man abwechselnd die eine oder die andere Flasche als Sauger, beziehungsweise als Reservoir benützt, so ist es doch zweckmässig grössere Aspiratoren zu wählen, wo man grössere Gasmengen untersuchen will, weil sie neben grösserer Genauigkeit auch den nicht zu unterschätzenden Vortheil gewähren, dass sie längere Zeit sich selbst überlassen bleiben, beispielsweise die ganze Nacht über in Gang erhalten werden können.

Eine fundamentale Forderung für die Richtigkeit der Resultate ist, dass die durch die absorbirende Flüssigkeit streichende Luft hinreichend lange mit ihr in Berührung bleibt, um alle Kohlensäure abgeben zu können. So selbstverständlich diese Forderung ist, scheinen mir doch die Autoren, welche vor mir sich mit dieser Art von Untersuchungen beschäftigt haben, ihr nicht hinreichende Aufmerksamkeit geschenkt zu haben. Wenn, wie angeführt wird, 8 Liter und mehr Luft in 2 Stunden aspirirt werden, so ist es nach meinen Erfahrungen höchst unwahrscheinlich, dass die Luft ihrer Kohlensäure gänzlich beraubt worden war, man erhielt zu kleine Werthe. Ich habe durch eine Reihe von Versuchen die Zeit festzustellen gesucht, welche nöthig ist, damit ein in Blasen durch eine alkalische Flüssigkeit streichendes Luftquantum seine Kohlensäure abgibt, bin aber zu keinem exacten Resultate gekommen, weil viel von der Grösse der Luftblasen abhängt, und wenn diese auch nahezu gleich herzustellen sind, doch durch häufiges Confluiren jede Berechnung zu Schanden machen und weil ein vollkommen gleichmässiger Gang der Aspiratoren nicht zu erzielen ist. Davon habe ich mich aber mit aller Bestimmtheit überzeugt, dass keine Kohlensäure die absorbirende Flüssigkeit ungebunden verlässt, wenn die Luft in etwa erbsengrossen Blasen und in dem Tempo durch das Absorptionsrohr zieht, dass 1000 CC. drei Stunden Zeit erfordern. Als Absorptionsröhren verwendete ich die von Pettenkofer angegebenen mit einem Fassungsraum für 50 und 100 CC. Flüssigkeit. Erstere haben die beiläufige Länge von 30, letztere von 40 Cm.

Wenn man die Bodenluft von bestimmter Tiefe untersuchen will, ist man genöthigt Röhren in den Boden zu versenken, und Pettenkofer und Andere haben diese Röhren bis in das Laboratorium fortgeleitet, wo sich die Absorptionsröhren und Aspiratoren aufgestellt befanden. Wenngleich ich für die Bequemlichkeit dieses Verfahrens nicht stumpf bin, habe ich doch Anstand genommen von demselben Gebrauch zu machen.

Mit der Anwendung der Röhren ist ein Fehler unvermeidlich, weil die in ihnen enthaltene Luft mit in Rechnung gezogen wird, obwohl sie verschieden sein kann von der durch

dieselbe angesaugten Bodenluft. Der Fehler wird um so kleiner ausfallen, je kürzer das Rohr, je enger das Lumen und je grösser das aspirirte Luftquantum. Da aber, wie ich noch später ausführen werde, der letzte Factor nicht nach Belieben gesteigert werden darf, habe ich das Verhältniss zwischen der im Rohr eingeschlossenen und der aspirirten Luftmenge dadurch günstiger gestaltet, dass ich möglichst enge Glas- oder Bleiröhren wählte und sie in geringer Höhe vom Boden an Ort und Stelle mit dem Absorptionsrohre verband.

Es ist ein sehr misslicher Umstand, dass man nicht im Stande ist, den Ort genau zu umschreiben, woher die aus der Tiefe aspirirte Luft stammt. Gewiss entstammt nur ein geringer Theil der aspirirten Luft dem Orte, wo das Rohr mündet, der grössere Theil wird aus entfernteren Gebieten herbeigezogen, und ebenso gewiss vergrössert sich das Gebiet in geradem Verhältniss zur Menge der angesaugten Luftmenge. Wo es sich also um die Bestimmung des Kohlensäuregehaltes der Luft einer bestimmten Region handelt, müssen möglichst geringe Luftproben zum Zwecke der Analyse aspirirt werden. Es wird weiterhin noch ein Grund für die Zweckmässigkeit dieses Vorganges angeführt werden.

Als Absorptionsflüssigkeit verwendete ich eine Lösung von Chlorbaryum und Aetzbaryt in destillirtem Wasser in dem Verhältnisse 1 : 10 : 1000. Da der Consum dieser Lösung ein beträchtlicher ist, bereitete ich mir in der Regel 10 Liter derselben und hatte dabei den Vortheil, immer eine klare Lösung in Vorrath zu haben, indem ich den zu einem Versuche nothwendigen Bedarf mittels Hebers in eine kleinere Flasche abhob. Die Lösung ist stark alkalisch, und man kann sie aus Ersparungsrücksichten beträchtlich verdünnen, wenn man im Vorhinein weiss, dass die zu untersuchende Luft nicht allzureich an Kohlensäure ist. Es ist hier der Ort, die Frage nach der Empfindlichkeit schwach alkalischer Lösungen zu ventiliren, mit andern Worten, ob das Absorptionsvermögen der Barytlösung nicht leidet, nachdem sich ein grosser Theil ihres Alkali mit der Kohlensäure verbunden hat. Ich habe in Fällen, wo ich es mit ausserordentlich kohlensäurereichen Gasgemengen zu thun hatte, was sich sofort aus der Menge des niedergeschlagenen kohlensauren Baryts verräth, die Vorsicht gebraucht, grosse Absorptionsröhren, concentrirte Lösungen zu nehmen, und überdiess ein zweites Absorptionsrohr einzuschalten. In diesem blieb die Barytlösung vollkommen klar, während die Lösung im ersten Rohre durch den abundanten Niederschlag der Kalkmilch glich. Sowie in jenem die ersten Spuren von Trübung bemerkbar wurden, begann sich diese zu klären, indem der Niederschlag sich zu Boden senkte und die Untersuchung lehrte, dass sie nahezu vollständig gesättigt war. Diese Thatsache gilt selbstverständlich nur dann, wenn die Aspiration nach den oben angeführten Rücksichten regulirt worden war, und unter dieser Voraussetzung ist sie sehr bedeutungsvoll. Sie leistet Gewähr für die exacte Bestimmung der Kohlensäure, so lange die Barytlösung alkalisch ist.

Der Verdacht, dass ein Theil der Kohlensäure ohne gebunden worden zu sein, die Barytlösung verlassen hätte, entsteht erst dann, wenn diese beim Titriren sich sehr nahe an der Neutralitätsgrenze stehend erweist.

Ich darf nicht unerwähnt lassen, dass die Barytlösung an der Luft ihren Titre leicht verändert, daher jedesmal bevor sie in Verwendung genommen wird, auf ihre Alkalicität zu prüfen ist.

Zur Bestimmung des Alkaligehaltes benützt man Oxalsäure. Auch von der Titirflüssigkeit bereite ich einen grösseren Vorrath, indem ich 28.7 Gr. reiner, wasserfreier Oxalsäure in 1 Liter destillirten Wassers löse. Ein Raumcentimeter dieser Lösung zeigt 10 Mgr. Kohlensäure an. Zum Gebrauche wird die Lösung auf das zehnfache Volumen gebracht.

Es hält ungemein schwer, gute, übereinstimmend calibrirte Büretten zu bekommen, und bei aller Sorgfalt sind Veränderungen der Titrirflüssigkeit nicht vollkommen zu vermeiden und können zu beträchtlichen Fehlerquellen werden, wenn man, wie bei den gewöhnlichen Mohr'schen Büretten, oft nachfüllen und dazwischen aufmerksam verkorken muss.

Ich empfehle daher dringend, nur Büretten nach Rammelsberg zu verwenden, und darauf zu achten, dass im Verlauf einer Versuchsreihe die Massflasche nicht frisch gefüllt zu werden brauche.

Als äusserst empfindlicher Indicator hat sich mir die alkoholische Lösung der Rosolsäure bewährt. Eine Spur derselben verleiht ansehnlichen Mengen der alkalischen Flüssigkeit lebhaft rothe Färbung, welche bei eintretender Neutralität in eine helle Mostfarbe umschlägt.

Endlich habe ich noch einige Bemerkungen zu machen über die Umrechnung der durch die massanalytische Methode direct bestimmten Gewichtsmengen der Kohlensäure in Volumspercente. Zu diesem Ende müssen die erhaltenen Gewichtsmengen der Kohlensäure auf das Volumen bei 0° und 760 Mm. Luftdruck berechnet und ebenso das Luftvolum, in dem jene enthalten waren, auf das Volumen bei 0° und normalem Barometerstand reducirt werden.

Die Reduction einer gegebenen Luftmenge auf ihr Volumen bei 0° und 760 Mm. Druck ist eine etwas umständliche Rechnung. Ich füge daher die zu meinem Gebrauche angefertigte Tabelle bei, welche die auf 0° und 760 Mm. Druck reducirtten Volumina von 1000 CC. Luft bei 1°—30° C. und bei 730—760 Mm. Druck enthält.

### Versuche über die Quellen der Kohlensäure und ihre Vertheilung in der Bodenluft.

Woher stammt der nachgewiesene Reichthum der Bodenluft an Kohlensäure? Entweder die Kohlensäure entsteht im Boden selbst aus der Zersetzung organischer Substanzen, oder der Boden bezieht sie von aussen her, indem er die Eigenschaft besitzt, aus dem Gasgemische der Atmosphäre Kohlensäure zu verdichten, oder es concurriren beide Ursachen.

Es ist nicht zweifelhaft, dass der Boden, wie andere poröse Körper, Gase zu condensiren vermag. Eingehend wurde diese Eigenschaft für Sauerstoff, Ammoniak und Wassergas studirt. Es wurde auch wiederholt nachgewiesen, dass das Absorptionsvermögen verschiedener Körper für verschiedene Gase verschieden ist, wie aber der Boden sich zur atmosphärischen Kohlensäure verhält, war bisher nicht Gegenstand directer Untersuchungen.

Wenn ein nennenswerther Theil der Kohlensäure der Bodenluft auf Anhäufung der in minimalen Mengen aus der Atmosphäre aufgenommenen Kohlensäure beruht, so muss auch in Bodenarten, welche jeder organischen Beimengung entbehren, die Luft an Kohlensäure reicher sein, als die über ihnen befindliche Luftschichte, und es muss möglich sein, in einem abgeschlossenen Bodenquantum die Kohlensäure zu verringern, sogar sie ganz zu entfernen, wenn demselben blos kohlensäurefreie Luft zugeführt wird.

Pettenkofer fand bei seinen Untersuchungen der atmosphärischen und Bodenluft aus der libyschen Wüste, dass in der letzteren die Kohlensäure nie 1 pro mille erreichte, in zwei Fällen sogar in geringerer Menge vorhanden war als in der atmosphärischen Luft, welche denselben Kohlensäuregehalt besass, wie die Luft in unseren Thälern und auf hohen Bergen.

Wenngleich beim Sammeln, Aufbewahren und Transportiren der Wüstenluft im Hinblick auf die geplante Untersuchung die grösste Sorgfalt beobachtet wurde, so können

Bedenken gegen die volle Beweiskraft der Versuche nicht wohl zurückgewiesen werden.

Ich suchte daher die Frage auf folgende Weise zu lösen:

Sorgfältig gewaschener und ausgeglühter Quarzsand wurde in einem 0.4 M. hohen, 0.1 M. weiten Glaszylinder gefüllt, welcher mit einer Kautschukplatte luftdicht verschliessbar war. Durch die Kautschukplatte wurden zwei im rechten Winkel gebogene Glasröhren geschoben. Die eine reichte bis nahe an den Boden des Cylinders und wurde mit dem Absorptionsrohre verbunden. Die zweite reichte etwas unter das Niveau des Sandes und trug einen Kaliapparat. Die Fugen zwischen dem Cylinderrande und den Glasröhren mit der Kautschukplatte wurden mit Baumwachs verklebt und überdiess mit geschmolzener Harzmasse ausgegossen.

Die ersten drei Liter Luft, welche aufgesaugt wurden, enthielten 1.2 Mgr. = 0.65 Kohlensäure auf 1000 Volumina Luft.

Die folgenden drei Liter Luft waren bereits frei von Kohlensäure.

Während der Zusammenstellung des Versuches war der Sand hinreichend mit der atmosphärischen Luft in Berührung gestanden, im Cylinder selbst befand sich atmosphärische Luft. Die ersten aufgesaugten Mengen mussten daher Kohlensäure enthalten. Dass sie so wenig enthielten und dass in den unmittelbar darauf aspirirten drei Litern Luft keine Kohlensäure mehr nachweisbar war, zeigt, dass die Luft in rein mineralischem Boden zum mindesten nicht viel reicher an Kohlensäure ist als die Atmosphäre. Zugleich erfuhr ich, dass mein Versuchsmaterial keine Quellen zur Bildung von Kohlensäure besass, und dass mein Apparat verlässlich sei, weil der Luftzutritt ausser durch Kali streichend, wirksam hintangehalten wurde.

Um zu erfahren ob auch aus humösen Bodenarten die Kohlensäure durch Aspiration entfernt werden kann, wenn der Zutritt der atmosphärischen Kohlensäure verhindert wird, wiederholte ich den Versuch mit der Modification, dass ich statt des ausgeglühten Quarzsandes gewöhnliche Gartenerde verwendete. Ich fand

in	3	Liter	Luft	22.8	Mgr.
	3	"	"	18.0	"
	3	"	"	24.8	"
	2	"	"	22.0	"
	3	"	"	25.6	"
	2	"	"	21.6	"
	2	"	"	19.2	"
	2	"	"	22.8	"

Die vorstehenden acht Bestimmungen vertheilen sich auf 14 Tage. Sie lehren:

1. Bodenarten, welche organische Beimengungen enthalten, besitzen eine stetige Quelle zur Bildung von Kohlensäure.

2. Die Bildung der Kohlensäure erfolgt nicht gleichmässig, doch sind die Schwankungen nicht bedeutend, wenn die äusseren Bedingungen gleich bleiben.

3. Werden aus einer abgeschlossenen Bodenmenge hintereinander grössere Mengen Luft aspirirt, so verarmt der Boden an Kohlensäure, weil die Bildung derselben nicht gleichen Schritt hält mit der durchstreichenden Luft.

Diese Erfahrung ist von höchster methodischer Wichtigkeit. Sie ist eine Handhabe zur Kritik vieler Daten und beleuchtet manche Widersprüche der Autoren. Sie weist an, dass

man nur kleine Quantitäten Luft auf einmal aspiriren soll, ein Rath, den schon Fodor aus dem Grunde gegeben hat, weil man bei grossen Mengen die Orientirung über das angesaugte Gebiet verliert.

Die ausgiebige Durchlüftung (mit dem zwanzigfachen Volumen etwa) der gegebenen Erdmenge konnte eine Verminderung des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft nicht herbeiführen. Die aspirirte Kohlensäure wurde rasch wieder ersetzt, es mussten daher die Bedingungen für ihre Neubildung reichlich vorhanden sein. Die Aspiration wurde unterbrochen, der Zutritt von atmosphärischer Luft jedoch nur durch den Kaliapparat frei gehalten.

Nach 20 Tagen wurden wieder einige Portionen Luft zu je 250 CC. aspirirt, die geringe Menge desshalb, weil vorauszusehen war, dass die Kohlensäure in der Zwischenzeit sich angehäuft haben würde. Die Voraussetzung fand in der That ihre Bestätigung. Durch die erste Portion wurde die Barytlösung, trotzdem sie einen sehr hohen Titre hatte, gesättigt, es kann daher nicht gesagt werden, wie viel überschüssige Kohlensäure entwichen war. In der zweiten Portion waren noch 78·4 Mgr. = 177 Vol., in der dritten Portion 21·2 Mgr. = 46 Vol. CO<sub>2</sub> nachweisbar. Die Kohlensäurebildung hatte also durchaus keine Abnahme erfahren und es war auch nicht zu hoffen, dass dieses Ziel auf diesem Wege erreicht werde. Ich führe diesen Versuch nur an, weil er zeigt, dass in gewöhnlichem Ackergrund fast unerschöpfliche Quellen für die Bildung von Kohlensäure vorhanden sind, und dass die Diffusion der Kohlensäure in die Atmosphäre ausserordentlich langsam vor sich geht; denn trotzdem im vorliegenden Falle die Luft über der Erde ursprünglich frei von Kohlensäure war, hatte sich dieses Gas doch in so bedeutender Menge in der Bodenluft angehäuft. Es verminderte sich aber rasch, sobald die Luft in Bewegung gesetzt wurde: ein bedeutsamer Fingerzeig für den Einfluss der Luftströmungen auf die Durchlüftung des Bodens.

Es haben aber eine ganze Reihe von Versuchen, die zu anderen Zwecken angestellt wurden und die im Verlaufe Erwähnung finden werden, auf das Sicherste nachgewiesen, dass man jeden beliebigen Boden von der freien Kohlensäure befreien kann, wenn demselben kohlenstofffreie Luft zugeführt wird, nur muss in ihm die Neubildung von Kohlensäure auf irgend eine Weise hintangehalten werden.

In welcher Abhängigkeit steht aber der Kohlensäuregehalt der Bodenluft zu jenem der atmosphärischen Luft? Diffundirt die atmosphärische Luft durch den Boden ohne in ihrem Mischungsverhältnisse alterirt zu werden oder besitzt der Boden eine Absorptionsfähigkeit für Kohlensäure und verhalten sich in dieser Beziehung rein mineralische Böden ebenso wie fruchtbare Erde?

Um diese Fragen zu beantworten, benützte ich den Apparat aus dem ersten Versuche, entfernte das Kalirohr und brachte ihn ins Freie, in einen von Fichten beschatteten Theil des Gartens. Von dem Sande wusste ich, dass er keine Kohlensäure enthielt, was ich aus ihm aspirirte musste aus der atmosphärischen Luft stammen. Daneben stellte ich einen Apparat zur Bestimmung der Kohlensäure unmittelbar aus der Atmosphäre auf. Beide Apparate wurden gleichzeitig in Thätigkeit gesetzt.

In der Zeit vom 8. Juni bis 11. Juli wurden täglich Bestimmungen gemacht, die sehr wechselnde Resultate ergaben. Mitunter war der Gehalt an Kohlensäure gleich, ob die Luft durch Sand gestrichen oder unmittelbar aspirirt war. In anderen Fällen zeigten sich Schwankungen in der einen wie in der anderen Richtung, aus denen mir nur die Regelmässigkeit auffiel, dass die Luft ärmer an CO<sub>2</sub> war, wenn der Sand feucht geworden war.

Datum	Luftdruck	Temperatur	Mgr. CO <sub>2</sub> in 1 Liter	
			atm. Luft	Bodenluft
31. Juli	750·1	19·4		
1. August	746·0	19·4	0·62	0·38
2. "	740·6	19·9		
3. "	744·4	17·4		
4. "	743·0	18·2	0·82	0·67
5. "	748·5	18·0		
6. "	749·5	18·8	1·00	0·80
7. "	746·4	19·7		
9. "	742·3	20·0	0·90	0·80
10. "	745·1	19·8		

Es zeigt sich demnach, dass die atmosphärische Luft, nachdem sie durch humöse Erde gestrichen war, einen Theil ihrer Kohlensäure eingebüsst hatte. Zu Beginn, da die Erde gar keine freie Kohlensäure enthielt, war der Verlust am bedeutendsten, ermässigte sich allmählig und am Schlusse, da die Erdpartikelchen ihre Kohlensäurehüllen besaßen, betrug er nur ein Minimum. Immerhin besitzt die humöse Erde für Kohlensäure ein sehr geringes Absorptionsvermögen, dem groben Quarzsande fehlt dasselbe, wie wir gesehen haben, ganz und es wäre wünschenswerth das Verhalten der verschiedenen Bodenarten in dieser Beziehung kennen zu lernen. Hier, wo es sich nur um Feststellung allgemeiner Grundsätze handelt, genügt es zu wissen, dass es überhaupt Bodenarten gibt, welche das Bestreben haben Kohlensäure zu verdichten.

Unsere Resultate zeigen manche Analogieen mit den von Schübler für Wasserdampf gefundenen Thatsachen. Die untersuchten Erden zeigten ein sehr verschiedenes Absorptionsvermögen für Wassergas, nur Quarzsand absorbirte keines. Die Verdichtung erfolgt anfangs mit grosser Intensität und nimmt stetig aber gleichfalls nicht regelmässig ab.

Ob das den Erdpartikelchen adhärende Wasser, d. h. ob feuchte Erde auf rein physikalischem Wege Kohlensäure aus der Luft absorbirt, kann nur an einem Materiale in Erfahrung gebracht werden, welches nicht nur frei von Kohlensäure ist, sondern dieses Gas auch nicht zu bilden vermag, weil in letzterem Falle, wie schon erwähnt, das durch den Chemismus entstandene von dem absorbirten Gase nicht zu trennen wäre.

Ich besass ein passendes Material in dem aus den vorigen Versuchen bekannten Quarzsand, überzeugte mich durch eine Vorprobe, dass er wirklich keine Kohlensäure enthielt und brachte mittelst einer Pipette 50 CC. destillirtes, eben ausgekochtes Wasser in die Flasche. Der Versuch brachte ein ganz unerwartetes Resultat. Durch 14 Tage wurden 30 Liter aspirirt, je aus der Atmosphäre und aus dem befeuchteten Sande. Siebenmal wurde die jeweilig abgeflossene Luft auf ihren Kohlensäuregehalt geprüft und wie die Tabelle lehrt, zeigte die Luft, nachdem sie durch den Sand gestrichen war, sich wenig verschieden von der Atmosphäre mit Beziehung auf ihren Gehalt an Kohlensäure.

Mgr. CO <sub>2</sub> in 1 Liter		Differenz	Luftquantum
atm. Luft	Bodenluft		
1·0	0·9	— 0·1	2 Liter
1·2	1·1	— 0·1	2 "
0·8	1·0	+ 0·2	6 "
0·6	1·1	+ 0·5	8 "
1·0	1·1	+ 0·1	4 "
0·9	1·0	+ 0·1	4 "
0·9	1·0	+ 0·1	4 "

Es ist bemerkenswerth, dass die ersten Luftmengen einen Theil ihrer Kohlensäure an den Sand abgegeben hatten und, dass in der Folge die aus dem Sande aspirirte Luft immer reicher an Kohlensäure erschien als ehe sie mit dem Sande in Berührung gekommen war. Allerdings bewegen sich die Differenzen nur in Myriagrammen; aber weil die Versuche mit der peinlichsten Sorgfalt vorgenommen wurden, möchte ich die Resultate doch nicht über Bord werfen, sondern mich nach einer Erklärung umsehen. Unerklärlich scheinen auf den ersten Blick beide zu sein. Man hätte erwartet, dass der befeuchtete, kohlensäurefreie Sand zum mindesten den grösseren Theil der Kohlensäure aus der durchstreichenden Luft absorbiren würde und nachdem er mit dem Gase gesättigt, hätten Schwankungen in Abhängigkeit von der Temperatur und dem Luftdruck eintreten sollen. Nun scheint allerdings Kohlensäure absorbirt worden zu sein, aber in einer Menge, die zur Sättigung der vorhandenen Wassermenge weitaus nicht ausreichte<sup>1)</sup>, und woher kommt späterhin der andauernd höhere Gehalt an Kohlensäure in der Bodenluft? Beide Erscheinungen weiss ich nur unter der Annahme zu deuten, dass die in der Luft suspendirten Organismen und organischen Reste im feuchten Sande Kohlensäure entwickelten. Ihre Menge war im Anfange zu gering, als dass sie vereint mit der eintretenden Luft zur Sättigung des Wassers ausgereicht hätte, deshalb war die austretende Luft noch ärmer an Kohlensäure als die zugeführte. Als aber mit der Menge der zugeführten Luft auch die Quellen der Kohlensäure vermehrt wurden, zeigte sich ein Ueberschuss an Kohlensäure in der austretenden Luft.

Als Pettenkofer die Luft im Geröllboden Münchens untersuchte, wo, wie er selbst bemerkt, jede Verunreinigung ausgeschlossen war, die zu Kohlensäure-Entwicklung Veranlassung geben könnte und in ihr namhaft mehr Kohlensäure fand als in der atmosphärischen Luft, schien es ihm wahrscheinlich, dass es organische Processe im Boden sind, welche die Kohlensäure bilden und die letztere ist nicht der Ausdruck für die Intensität des Kohlensäure bildenden Processes, sondern nur für die Differenz der Kohlensäure bildenden und verzehrenden Thätigkeit niedriger Organismen. Später, gelegentlich der Mittheilung seiner Untersuchung der Luft aus der libyschen Wüste, sagt derselbe Autor: Wahrscheinlich stammt die Kohlensäure von organischen Stoffen, die mit dem Regen in die Tiefe geführt

<sup>1)</sup> Ich erinnere, dass das Bodenwasser mit Kohlensäure nicht gesättigt ist, auch wenn der Boden einen Ueberschuss von Kohlensäure enthält. Die festen Theile des Bodens verhindern die vollständige Sättigung, ja sie treiben sogar aus gesättigtem Wasser die Kohlensäure aus (Mulder).

werden und dort verwesen. Wo also nicht vulcanische oder mineralische Quellen der Kohlensäure sind, gehören zum Kohlensäuregehalt der Bodenluft organische Substanz und Wasser.

Dass humöse Böden durch langsame Verbrennung Kohlensäure liefern, ist bestimmt nachgewiesen. Fodor hat direct gezeigt, dass die Bodenluft in dem Masse an Sauerstoff ärmer wird als zur Bildung von Kohlensäure verbraucht worden ist.

Die folgenden Versuche werden zeigen, wie durch die Zufuhr organischer Substanz der Kohlensäuregehalt der Bodenluft gesteigert wird.

Ich nahm 30 Gramm frische, geschnittene Blätter von *Carpinus Betulus* und mischte sie mit 1700 Gr. von jenem Quarzsand, von dem bekannt ist, dass in ihm keine Kohlensäure-Entwicklung stattfindet. Die Mischung füllte ich in eine Flasche, durch deren Propfen zwei Glasröhren luftdicht gezogen waren. Die eine trägt den Kaliapparat, die andere dient zur Verbindung mit dem Absorptionsrohr.

Auf dieselbe Weise stellte ich einen Versuch mit 30 Gr. frisch gesammelten, grob zerschnittenen Schwarzföhren-Nadeln zusammen.

Den Gang der Kohlensäure-Entwicklung zeigt folgende Zusammenstellung:

Luftquantum	Gehalt an CO <sub>2</sub> in Mgr.	
	aus Laub	aus Nadeln
1000 CC.	27·8	22·8
—	51·2	31·8
—	66·4	63·8
2000 CC.	190·0	127·6
—	214·4	135·2
—	234·4	188·0

Es hatte demnach im Mittel ein Liter Luft:

aus frischem Laub . . . . . 87·1 Mgr. CO<sub>2</sub>  
 aus frischen Nadeln . . . . . 63·2 " "

aufgenommen.

Da bei diesen Versuchen jede andere Quelle der Kohlensäurebildung als die grünen Pflanzentheile ausgeschlossen ist (die während der Zusammenstellung der Versuche in den Apparat gelangte atmosphärische Luft kommt wohl nicht in Betracht), so zeigen sie dass grüne Pflanzentheile, unter die Erde gebracht, sofort beträchtliche Mengen Kohlensäure entwickeln. In dem Masse als die Verwesung (Gährung) fortschreitet, steigert sich die Bildung von Kohlensäure. Sie ist lebhafter bei Laub, weniger intensiv bei den der Verwesung länger widerstehenden Nadeln.

Ist einmal bewiesen, dass die Bodenluft durch Verwesung organischer Substanzen mit Kohlensäure geschwängert wird<sup>1)</sup>, so schwindet dieser Entstehungsursache der Kohlensäure

<sup>1)</sup> Corenwinder fand in einem mit Stalldünger und 3300 Kg. Oelkuchen pro Hectare gedüngten Lehm-boden innerhalb 24 Stunden 15·7 Liter Kohlensäure per Quadratmeter.

gegenüber jede andere an Bedeutung. Es kann nur theoretisches Interesse beanspruchen ob mikroskopische Organismen bei ihrem Lebensprocesse einen Ueberschuss an Kohlensäure produciren, ob organische Stoffe oder unmittelbar Kohlensäure aus der Atmosphäre durch den Regen in die Erde geschwemmt werden, ob endlich der Boden auch freie Kohlensäure aus der Luft zu binden vermag.

Alle diese Momente können nur in absolut unfruchtbarem Grunde auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft von nennenswerthem Einflusse sein.

Nachdem wir die Ursachen des reichen Kohlensäuregehaltes der Bodenluft kennen gelernt haben, müssen wir nach den Gründen fragen, welche die Schwankungen im Kohlensäuregehalt der Bodenluft herbeiführen. Sowie wir vorhin die vulcanischen oder mineralischen Quellen der Kohlensäure aus der Betrachtung ausschlossen, weil ihre Bedeutung nur an bestimmten Oertlichkeiten zu Tage tritt, so können wir auch hier aus demselben Grunde die in chemische Verbindungen eintretende (wie z. B. die Bildung von Bicarbonaten, wo Carbonate im Boden vorhanden sind) oder die aus ihnen austretende (wie z. B. die Zerlegung der Carbonate im Erdinnern) Kohlensäure sowie die aus dem Chemismus lebender Organismen resultirende Veränderung des Gasgemisches unberücksichtigt lassen und nur die allgemein wirksamen Momente in Erwägung ziehen.

Theoretisch ist es zulässig zu denken, dass der Boden bis auf eine gewisse, jedenfalls mässige Tiefe unter dem directen Einflusse der Sonnenstrahlen seines Wassergehaltes beraubt wird, dadurch die Fähigkeit verliert Kohlensäure zu bilden, die durch Verdunstung frei gewordene Kohlensäure diffundirt mit der atmosphärischen Luft in dem Verhältniss, dass auf je 1 Volum der austretenden Kohlensäure 1.235 Volumina Luft eintreten und es kann dahin kommen, dass die Bodenluft eines umschriebenen Bezirkes ebensoviel Kohlensäure enthält als die atmosphärische Luft.

Man hat in praxi bisher einen solchen Bezirk, wo die reichlich fliessenden Quellen der Kohlensäure im Boden erschöpft worden wären, nicht entdeckt. Die Schwankungen im Kohlensäuregehalt der Bodenluft bewegen sich innerhalb weiter Grenzen, aber alle Analysen haben den Reichthum der Bodenluft an Kohlensäure dargethan, und dass dieser in erster Linie bedingt wird von der im Boden angehäuften organischen Substanz, zeigen direct die oben angeführten Versuche mit Laub und Nadeln.

Aber auch in einem Boden, welcher reichlich mit organischer Substanz versehen ist, wird die Menge der Kohlensäure schwanken je nach der Intensität mit der die Verwesung fortschreitet, und es ist ganz wol möglich, dass ein reich gedüngter Boden unter Umständen relativ arm an Kohlensäure ist.

Wenn der Wechsel der atmosphärischen Luft behindert, der verbrauchte Sauerstoff nicht ersetzt wird, muss ein Stillstand in der Kohlensäurebildung eintreten.

Mangel an Feuchtigkeit hebt die Humificirung auf.

Endlich wird der Oxydationsprocess nur innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen stattfinden.

Ueber das Verhalten reichgedüngter Böden bei absolutem Ausschluss der atmosphärischen Luft belehrte mich ein Versuch, zu dem ich die oben verwendete Mischung des Quarzsandes mit frischem Laub und Nadeln benützte. Ich wusste von ihr, dass sie ungeheure Mengen von Kohlensäure lieferte. Wenn die Bildung derselben fort dauerte, ihr Austritt aber behindert wurde, so musste sich bald ein Ueberdruck geltend machen, der sich an einem eingeschalteten Manometer messen liesse, oder wenn ihr der Austritt nur durch eine

absorbirende Lösung gestattet würde, dann müsste sich ihre Menge direct bestimmen lassen. Ich schlug zuerst den letzteren Weg ein, weil ich durch ihn auch über einen etwaigen Ueberdruck Aufschluss erhalten konnte.

Das eine Glasrohr wurde abgeschmolzen, das andere im rechten Winkel gebogene mit einem zweiten rechtwinkelig gebogenen Röhrchen verbunden, und das freie nach abwärts gerichtete Ende durch den Pfropfen einer aufrecht stehenden Eprouvette bis nahe an den Boden gezogen. Alle Verbindungsstellen wurden mit Harzmasse ausgegossen. In der Eprouvette befand sich eine titrirte Barytlösung.

Unmittelbar nach Fertigstellung des Apparates zeigte sich in dem in die Barytlösung tauchenden Glasrohr eine Niveauerhöhung um 5 Millimeter, die offenbar vom Einsetzen des Pfropfes herrührte. Dadurch wurde nämlich die Luft in der Eprouvette unter höheren Druck gebracht als die Luft in der Flasche. Am zweiten Tage hatte sich eine kleine Menge kohlensauren Baryts niedergeschlagen.

Allmähig glich sich der Niveauunterschied der Flüssigkeit in der Eprouvette und im Glasrohre aus und nachdem drei Wochen der Apparat sich selbst überlassen worden war, stand die Flüssigkeit in dem Glasrohre unter dem Spiegel in der Eprouvette und zwar um 25 Millimeter in der Flasche, welche die Nadeln enthielt, und um 9 Millimeter an der Flasche, welche das Laub barg.

Die Analyse ergab, dass aus dieser 4.75 CC., aus jener 2.25 CC. Kohlensäure absorbiert worden waren, ein Quantum, das fast zu gering erscheint, wenn man berücksichtigt, dass die Kohlensäurebildung lebhaft im Gange war, und nur erklärlich wird durch den Umstand, dass die Luft im Apparate von allem Anfange an arm an Sauerstoff, sehr reich an Kohlensäure war und dass die letztere unbewegt blieb, und nur durch eine kaum 0.5 □ Cm. grosse Fläche mit der absorbirenden Flüssigkeit in Berührung stand.

In jedem Falle war aber die Entwicklung der Kohlensäure von dem Augenblicke an sistirt, wo der im Apparat noch vorhandene Sauerstoff verbraucht war.

Zu allem Ueberfluss brachte ich noch die Flaschen mit Quecksilbermanometern in Verbindung, unter der Vorsicht, dass nicht mehr Luft eintreten konnte als in dem einen Schenkel des Manometers enthalten war. Auf diese Art gelangte allerdings, da das Manometer 10—12 CC. fasste, etwa 1 CC. Sauerstoff in den Apparat, eine Menge, durch welche das Resultat wohl nicht alterirt werden kann.

Nach 30 Tagen war auch nicht die geringste Niveaudifferenz zu bemerken.

Die Zusammenstellung der Apparate gestattete sie mit Absorptionsröhren zu verbinden ohne dass Luft eintrat. Die Entwicklung von Kohlensäure hätte sich so durch die in die Barytlösung eintretenden Gasblasen verrathen müssen. Es geschah aber nichts dergleichen. Erst als die Aspiratoren in Thätigkeit gesetzt wurden, wurde ein kohlensäurereiches Gasgemenge aus den Flaschen gehoben, wie nicht anders zu erwarten stand. Nachdem etwa 60 CC. abgeflossen waren, standen die Aspiratoren stille und ich öffnete nun eine Minute lang die Verbindung der Flaschen mit Luft. Diess genügte um eine enorme Kohlensäureentwicklung einzuleiten.

Dass die Entwicklung von Kohlensäure im Boden ohne Zutritt von Sauerstoff unmöglich sei, dazu bedurfte es keines Beweises.

Bekanntlich aber finden bei der Humificirung der Vegetabilien auch Desoxydationsprocesse statt und es ist strittig ob der hierbei gelieferte Sauerstoff zur Bildung von Wasser oder zur Oxydation des Kohlenstoffes verwendet wird. Mein Versuch spricht für die erstere,

von Saussure vertretene Anschauung, da für die Production der Kohlensäure atmosphärischer Sauerstoff unerlässlich erscheint.

Unter natürlichen Verhältnissen kommt eine vollkommen behinderte Communication der Bodenluft mit der Atmosphäre nicht leicht vor, wohl aber sind verschiedene Bodenarten für Gase in verschiedenem Grade durchdringlich. Um wenigstens ein allgemeines Urtheil darüber zu gewinnen, wie durch diese physikalische Eigenschaft des Bodens die Vertheilung der Kohlensäure in der Bodenluft beeinflusst wird, stellte ich einige Versuche mit typischen Erden im Freien an. Ich liess im Mariabrunner Versuchsgarten vier Beete von 1 Meter im Quadrat und 0·5 Meter Tiefe ausheben und füllte diese mit wechselnden Lagen von Nadelstreu, Wellsand und Thon, u. z.

I.	II.	III.	IV.
Thon	Wellsand	Thon	Wellsand
Wellsand	Thon	Nadelstreu-	Nadelstreu
Nadelstreu	Nadelstreu	Wellsand	Thon

Als vierte, unterste Schichte wurde der natürliche Boden, sandiger Lehm, belassen. Die Nadelstreu wurde in einer Schichte von 10 Cm., der Wellsand und Thon in 20 Cm. Mächtigkeit genommen. Vier Glasröhren wurden in jedes Beet so versenkt, dass das im Boden befindliche Ende in halber Höhe je einer Schichte zu liegen kam und von seinen Nachbarn mindestens 30 Cm. allseitig entfernt war. So stand zu erwarten, dass die angesaugten Gebiete einander nicht berührten, und zur weiteren Vorsicht wurde für jeden Versuch nur je ein halber Liter Luft aspirirt.

In der Zeit des Versuches (23.—31. August) herrschte unausgesetzt schönes Wetter. Das Versuchsfeld war der Sonne exponirt und die Aspiration der Luft erfolgte um die Mittagszeit. So weit bei Versuchen im Freien die äusseren Bedingungen als gleiche gelten können, war es hier der Fall.

	Bodenart	Tiefe in Metern	Kohlensäure in 1000 Vol. <sup>1)</sup>			
I	Thon . . . . .	0·10	8·0		9·0	
	Sand . . . . .	0·30	10·8	9·6	13·6	14·0
	Nadelstreu . . . . .	0·45	15·8	18·4	17·6	17·8
II	Sand . . . . .	0·10	4·0		4·9	
	Thon . . . . .	0·30	37·0	26·2	30·0	
	Streu . . . . .	0·45	38·2	31·6	33·7	
III	Thon . . . . .	0·10	20·0	19·8		
	Streu . . . . .	0·25	19·3	15·3	15·1	
	Sand . . . . .	0·40	20·2	16·8		
	Grund . . . . .	0·60	15·9	11·7	12·4	
IV	Sand . . . . .	0·10	8·5		7·7	
	Streu . . . . .	0·25	7·2	10·4	9·0	
	Thon . . . . .	0·40	18·9	20·4	18·9	

<sup>1)</sup> Die Zahlen der verticalen Reihen beziehen sich auf gleichzeitige Bestimmungen.

Auf den ersten Blick fällt die grosse Verschiedenheit im Kohlensäuregehalte der verschiedenen Bodenarten auf. Diese hat indessen nichts Ueberraschendes. Daneben sehen wir aber auch, dass der Kohlensäuregehalt in derselben Bodenart sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen ist, und wir wollen versuchen, die Abhängigkeit derselben von der Natur der Bodenschichten aus den tabellarischen Daten abzuleiten. In dem Beete I und II befindet sich die Quelle der Kohlensäure — als solche kann die Nadelstreu gegenüber den beiden an organischen Substanzen überaus armen Schichten gelten — bedeckt von Sand und Thon, so dass einmal der Thon, das andere Mal der Sand die unmittelbare Decke bildet. Im ersten Falle (II) ist sowohl die Streu- als die Thonschichte reich an Kohlensäure, der sie bedeckende Sand ebenso arm an ihr. Man darf daher vermuthen, dass die in der Streu sich entwickelnde Kohlensäure leicht in den Thon eindringt, diesen aber nur schwer und in geringer Menge verlässt. Der Sand erhält wenig Kohlensäure und diffundirt unmittelbar mit der atmosphärischen Luft. Im zweiten Falle (I) bildet Thon die Oberfläche. Er erhält die Kohlensäure durch Vermittlung des Sandes und behält sie zum grössten Theile. Sein Einfluss erstreckt sich aber auch in der Richtung, dass er dem leicht diffundirbaren Sande einen grösseren Gehalt an Kohlensäure sichert. Der Sand befindet sich zwischen zwei Schichten, von denen die untere das Gas zuführt, die obere es nur in geringer Menge abgibt, daher erklärt sich, dass bei dieser Lagerung der Bodenarten der Kohlensäuregehalt nach oben stetig abnimmt.

Die Zahlen der Tabelle III zeigen die conservirende Eigenschaft des Thons in überzeugender Weise. Bis in die Tiefe von 40 Cm. ist der Kohlensäuregehalt der Bodenluft wenig verschieden, gleichgiltig aus welchem Materiale der Boden geschichtet ist, indem durch die Thondecke die Abgabe der Kohlensäure an die Luft gehemmt wird und, dass im Gegensatze zu I der Thon reicher an Kohlensäure ist, beruht darauf, dass die Streu sich unmittelbar unter ihm befindet. Der Grund enthält weniger Kohlensäure.

Die Tabelle IV gibt Aufschluss über den Vorgang der Diffusion selbst. Derselbe erfolgt offenbar nach allen Richtungen des Raumes. Der Sand, den wir aus den Versuchen II bereits als eine das Gas sehr leicht durchlassende Bodenart kennen, behält hier nahezu denselben Kohlensäuregehalt wie die unter ihm befindliche Streulage, weil, so leicht die Kohlensäure an die Luft abgegeben wird, ebenso leicht der Verlust wieder von unten her ersetzt wird. Dort war der Sand von der Kohlensäurequelle durch Thon geschieden, einer Bodenart, welche begierig Gase aufnimmt, aber dieselben ebenso energisch festhält. Diese Eigenschaft macht es erklärlich, dass in der Anordnung IV der Thon sogar reicher an Kohlensäure ist, als die Streuschichte.

Auf den Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure ist die Durchlässigkeit der Bodenschichten für Gase und die Art ihrer Schichtung demnach von hervorragendem Einflusse, so dass unter Umständen sogar humificirende Schichten geringeren Kohlensäuregehalt aufweisen können als andere, in denen erwiesenermassen Kohlenstoffverbindungen sehr spärlich vorhanden sind. Wenn man diesen Thatsachen begegnet, ohne die Ursache derselben zu kennen, so liegt es sehr nahe, die Bedeutung der im Boden enthaltenen organischen Substanzen als Quelle der Kohlensäurebildung zu unterschätzen.

Die Durchlässigkeit der Bodenschichten für Gase übt ihren Einfluss auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft ohne Frage auch in der Weise, dass durch sie der Zutritt von Sauerstoff, die fundamentale Bedingung der Oxydationsprocesse, regulirt wird. Wie sich

dieser Einfluss geltend macht, ob bis dahin, dass die Bildung der Kohlensäure merklich alterirt werden kann, darüber geben diese Versuche keinen Aufschluss, bei denen dem Gasaustausche von den Seiten her kein Hinderniss gesetzt war.

Zur Entscheidung dieser Frage schien mir ein in kleinerem Massstabe ausgeführter Versuch zu genügen.

Ich füllte einen 0.4 Meter hohen Recipienten zur Hälfte mit Düngererde und zur Hälfte mit Thon. Aus jeder der beiden Schichten wurden gleiche Luftmengen, gleichzeitig und abgesondert aufgefangen und ihr Gehalt an Kohlensäure bestimmt. — Es enthielten:

3	Liter Luft aus	Erde	19.6	Mgr., aus	Thon	11.2	Mgr. CO <sub>2</sub> ,
2	"	"	37.6	"	"	18.4	" "
2	"	"	72.8	"	"	28.0	" "
1	"	"	51.2	"	"	15.2	" "

Es war somit in beiden Schichten die Kohlensäure in Zunahme begriffen. Nachdem wir wissen, dass der bei der Zersetzung der Kohlehydrate sich ausscheidende Sauerstoff zur Bildung der Kohlensäure nicht verwendet wird, so ist diess ein sicherer Beweis, dass durch die 20 Cm. mächtige Thonschichte die atmosphärische Luft in genügender Menge diffundiren konnte. Die Steigerung erhärtet weiter die oben ausgesprochene Ansicht, dass der Thon den Austritt der Kohlensäure erschwert.

Welch wichtige Rolle das Wasser bei der Bildung der Kohlensäure im Boden spielt, hat schon der Versuch gezeigt, in welchem durch Trocknen der Düngererde bei 100° die Entwicklung der Kohlensäure gänzlich zum Stillstande gebracht worden war. Dass aber auch durch blosse Einwirkung der Sonnenstrahlen der Erde so viel Feuchtigkeit entzogen werden kann, dass in ihr keine Kohlensäure mehr entsteht, zeigen folgende drei Versuche.

Ich dörnte Weissbuchenlaub und Schwarzföhrennadeln an der Sonne und mischte je 5 Gr. davon mit 300 Gr. gleichfalls getrockneten Quarzsandes. Zugleich wurden 300 Gr. an der Sonne getrocknete Composterde genommen. Diese drei Erdproben wurden in gleicher Weise verschlossen, nachdem das Luft zuführende Rohr mit dem Kaliapparat verbunden war.

Wie rasch und vollständig die eingeschlossene Luft an Kohlensäure erschöpft wurde, ist unmittelbar aus der Tabelle ersichtlich.

Datum	Luftquantum	CO <sub>2</sub> in 1000 Theilen		
		Laub	Nadeln	Compost
13. Juli	1 Liter	0.87	2.60	
14. "	"	0.55	0.99	4.38
16. "	"			2.32
20. "	"	0.43	0.00	0.87
21. "	"	0.00		0.00
27. "	"	0.00	0.00	0.00

Nun brachte ich mittels einer Pipette je 50 CC. destillirtes, eben ausgekochtes Wasser in die Gefässe und begann sofort Luft zu aspiriren.

Datum	Luftquantum	CO <sub>2</sub> in 1000 Vol.		
		Laub	Nadeln	Compost
27. Juli	1 Liter	5.45	1.30	4.58
28. "	1 "	1.30	0.87	9.98
29. "	2 " <sup>1)</sup>	48.97 <sup>1)</sup>	13.54 <sup>1)</sup>	45.94 <sup>1)</sup>
30. "	1 "	36.84	10.83	20.04
31. "	1 "	49.29	13.00	21.66

Es erhellt sonach, dass der Boden durch Austrocknen an Kohlensäure verarmt bis dahin, dass er derselben vollkommen entbehrt, wenn die Zufuhr des Gases abgeschnitten ist. Das Letztere kommt wohl in der Natur nicht vor, aber es ist immerhin beachtenswerth, dass unter Umständen auch reich gedüngte Böden ihren Bedarf an Kohlensäure nicht selbst produciren, sondern auf den Bezug von aussen angewiesen sind. Die Aermlichkeit dieser Bezugsquellen wurde aber bereits nachgewiesen, und so ergibt sich daraus eine bisher nicht gewürdigte Folge des Austrocknens der Erde: Verarmung an Kohlensäure. Man möge über die Bedeutung der freien Kohlensäure im Boden für die Vegetation welcher Meinung immer sein, sie möge von den Wurzeln direct aufgenommen werden oder andere Nährstoffe aufschliessen — über ihre Nothwendigkeit besteht kein Zweifel. Wenn sie nun periodisch in unzureichender Menge vorhanden ist, so muss die Ernährung der Pflanzen wesentlich alterirt werden. Die schädliche Wirkung kräftiger und anhaltender Insolation auf Keimlinge und flachwurzelige Pflanzen ist nicht allein die Folge übermässiger Erwärmung und Wasserentziehung, die Pflanzen verschmachten nicht nur, sie verhungern auch.

Auch absolute Trockenheit des Bodens kommt unter natürlichen Verhältnissen nicht vor; denn erstlich erwärmt sich der Boden niemals bis zur Siedhitze, und zweitens besitzt er in seinen tieferen Lagen eine nie versiegende Wasserquelle. Dennoch reicht die unter natürlichen Verhältnissen eintretende Verarmung des Bodens an Wasser hin, um die consecutive Verarmung an Kohlensäure zur Anschauung bringen zu können.

An einem sehr warmen Augusttage versenkte ich zur Mittagszeit ein kurzes Gabelrohr 3 Cm. tief an einer unbewachsenen Stelle einer Wiese, die allseitig den Sonnenstrahlen preisgegeben ist.

Die Temperatur der Luft im Schatten betrug	32.7 °
" " " Erdoberfläche "	34.0 °
" " " Erde in 10 Cm. Tiefe	21.5 °

Ich aspirirte 0.5 Liter Luft und bestimmte ihren Kohlensäuregehalt mit 1.6 Vol. pr. m.

<sup>1)</sup> Die Werthe bestehen aus folgenden Summanden:

29. Juli	{	1 Liter	28.17	7.58	26.44
		1 "	20.80	5.96	19.50
		2 Liter	48.97	13.54	45.94

Ein neuer Beweis für den oben ausgesprochenen Satz, dass das Resultat getrübt wird, wenn hintereinander grössere Quantitäten Luft aspirirt werden. Die Reihe zeigt eine fortwährende Steigerung der Kohlensäure-Entwickelung, eine scheinbare Abnahme dann, wenn die Luft aufgesaugt wird bevor die Kohlensäure wieder ersetzt werden konnte. Um vergleichbare Werthe zu erhalten, ist es demnach erforderlich immer die gleichen Luftmengen und in gleichen Zeitintervallen zu untersuchen.

Am folgenden Tage hatte die Luft 31·1<sup>o</sup>, die Erdoberfläche 32·4<sup>o</sup> und die Erde in 10 Cm. Tiefe 23·0<sup>o</sup>.

Die Bodenluft enthielt 2·08 Vol. pr. m. Kohlensäure. Unmittelbar nach dieser Bestimmung bewässerte ich den Boden und aspirirte eine neue Luftprobe. Sie enthielt 3·7 Vol. pr. m. Kohlensäure, also nahe die doppelte Menge.

Kehren wir zur Erörterung der Tabelle zurück.

Der Bewässerung folgt die Entwicklung der Kohlensäure unmittelbar auf dem Fusse; aber erst am dritten Tage waren, ich möchte sagen, alle chemischen Schleussen eröffnet. Von da an zeigt sich eine mässige, aber continuirliche Steigerung in der Entwicklung der Kohlensäure. Uebereinstimmend mit einigen oben angeführten Versuchen findet man auch hier, dass aus Laub sich die grösste Menge Kohlensäure bildet. Nadeln produciren etwa ein Drittel, vegetabilische Düngererde etwa die Hälfte der Menge unter gleichen äusseren Einflüssen.

Diese beiden Versuchsreihen zeigen zwar, dass die Gegenwart von Wasser ein unbedingt Erforderniss für die Bildung von Kohlensäure im Boden ist; aber sie geben keinen Aufschluss darüber, in welcher Beziehung die Quantität des Wassers zur Intensität der Kohlensäure-Entwicklung steht und doch bestehen zweifelsohne solche Relationen. Bei der ungeheuren Mannigfaltigkeit in der Zusammensetzung der Bodenarten und bei der Unmöglichkeit alle übrigen bei der Bildung der Kohlensäure concurrirenden Einfüsse auszuschliessen oder wenigstens gleich zu setzen, scheint mir die Schwierigkeit unüberwindlich, jene Beziehungen durch ein allgemein giltiges Gesetz auszudrücken. Die Wassermenge, welche einem Boden geboten sein muss, wenn in diesem die Kohlensäure-Entwicklung ihr Maximum erreichen soll, wird ebenso variabel sein, wie die Zusammensetzung der Bodenarten es ist, und man wird sich begnügen müssen, sagen zu können, ob sich die Entwicklung der Kohlensäure mit der Menge des zugeführten Wassers steigert, und wie sich der Boden in dieser Beziehung gegen einen Ueberschuss von Wasser verhält.

Gäbe es einen Boden, in welchem die chemischen Prozesse sich so gleichmässig abspielten, dass in der Zeiteinheit bestimmte Mengen von Kohlensäure entwickelt würden, so könnten jene Fragen mit Leichtigkeit beantwortet werden. Selbst unfruchtbare Böden entsprechen dieser Anforderung nicht, haben dagegen den Nachtheil, dass die in ihnen enthaltenen Kohlensäuremengen sehr gering, Fehlerquellen daher umso grösser sind. Frisch gedüngte Böden sind zwar ungeheuer reich an Kohlensäure, aber ihre Entwicklung steigert sich unter nicht controllirbaren Einflüssen. Am meisten für den Versuch geeignet erwies sich mir eine Düngererde, in welcher der Process der Verwesung schon durch mehrere Jahre andauerte. Ich überzeugte mich durch eine Reihe von Vorversuchen, dass in ihr die Entwicklung der Kohlensäure verhältnissmässig stetig stattfand. Wurde (im lufttrockenen Zustande) die in ihr enthaltene Luft in regelmässigen Zeiträumen von 24 zu 24 Stunden aspirirt, so enthielt sie 19—22 Vol. pro mille Kohlensäure, also ebensoviel etwa als die im vorigen Versuche verwendete Düngererde nachdem sie befeuchtet worden war.

Nach Beendigung des letzten Vorversuches, welcher 19·1 pr. m. Kohlensäure ergab, tränkte ich die Erde mit Wasser und wie vorhin wurde von 24 zu 24 Stunden je ein Liter Luft aspirirt.

Der Kohlensäuregehalt steigerte sich sofort auf 26·2, 40·7, 49·1 Vol. pr. m. Am vierten Tage war er wieder auf das Normale gesunken und betrug an sieben aufeinander folgenden Tagen 21·8, 20·1, 20·1, 19·6, 20·1, 20·4, 20·1 Vol. pr. m.

Zunächst ist die oben angedeutete Möglichkeit, dass durch überschüssiges Wasser die Bildung der Kohlensäure gestört werden könnte, ausgeschlossen. Trotzdem der Boden über sein Fassungsvermögen getränkt war, zeigte sich kein verminderter Kohlensäuregehalt der Bodenluft.

Stetig und rasch ansteigend erreichte der Kohlensäuregehalt das Maximum (nahe fünf Percent) und sank dann plötzlich und unvermittelt auf das Mass, welches der Bodenmischung eigenthümlich zu sein scheint, wie aus dem Umstande geschlossen werden darf, dass dasselbe im lufttrockenen Zustande und reichlich getränkt unverändert blieb. Um dieses Mass zu produciren, genügt offenbar eine geringe Feuchtigkeit des Bodens, und eine Erhöhung desselben wird durch reichliche Bewässerung für die Dauer nicht erzielt.

Die rapide Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft und der plötzliche Abfall desselben, wenn dem Boden grössere Wassermengen zuströmen, lässt eine zweifache Erklärungsweise zu.

Man kann sich vorstellen, dass die Kohlensäurehüllen den Erdpartikelchen so fest adhären, dass sie an die durchstreichende Luft nicht abgegeben, wohl aber verdrängt werden, wenn grössere Wassermassen zwischen die Moleküle eindringen und ihren Zusammenhang lösen. Nach dieser Erklärungsweise würde reichliche Wasserzufuhr auf die Bildung der Kohlensäure ohne Einfluss sein. Durch jene würde nur auf mechanischem Wege die bereits gebildete, aber durch Molekularkräfte festgehaltene Kohlensäure frei gemacht und der durchstreichenden Luft beigemischt werden.

Es wäre aber auch die Annahme möglich, dass gewisse Bodenbestandtheile nur bei reichlich verfügbarem Wasser aufgeschlossen werden. Jene Bestandtheile sind wohl je nach der Bodenart in wechselnder aber doch begrenzter Menge vorhanden und so wird nach dieser wie nach der vorigen Erklärungsweise der unvermittelte Rückgang des Kohlensäuregehaltes ad normam verständlich.

Halten wir die aus all diesen Versuchen über den Einfluss des Wassergehaltes des Bodens auf den Kohlensäuregehalt gewonnenen Erfahrungen zusammen, so ergeben sich folgende Thatsachen.

1. Im absolut trockenen Boden ist die Luft nicht reicher an Kohlensäure als in der Atmosphäre.

2. Schon durch die blosse Insolation kann dem Boden so viel Wasser entzogen werden, dass die Entwicklung der Kohlensäure in ihm gehemmt wird.

3. Andererseits genügt ein sehr geringer Wassergehalt des Bodens, bei dem dieser noch nicht feucht genannt wird, um in ihm dieselbe Kohlensäuremenge zu produciren, als wenn er mit Wasser gesättigt wäre.

4. Wenn ein vorher lufttrockener Boden reichlich bewässert wird, so stellt sich eine vorübergehende, aber beträchtliche Steigerung im Kohlensäuregehalte der Bodenluft ein.

Die Schwankungen im Kohlensäuregehalte der Bodenluft, soweit sie vom Wassergehalte des Bodens abhängen, sind demnach eine Folge der Wasserentziehung durch lebhaftes Insolation, oder eine Folge atmosphärischer Niederschläge.

Die evaporirenden Wirkungen der Insolation sind mit den thermischen untrennbar verknüpft, werden daher später, wenn von dem Einflusse der Temperaturschwankungen auf den Kohlensäuregehalt der Bodenluft die Sprache sein wird, Erwähnung finden.

Hier mögen nur einige Bemerkungen über die Wirkung der atmosphärischen Niederschläge auf die Menge und die Vertheilung der Kohlensäure Platz finden.

Sehr nahe unter der Oberfläche bleibt der Boden unter allen Umständen feucht, und es wird die Kohlensäurebildung gleichmässig im Gange bleiben, da, wie wir gesehen haben, ein mässiges plus oder minus von Wasser sie unberührt lässt. Die atmosphärischen Niederschläge werden daher eine unmittelbare Wirkung nur auf die oberflächlichen Schichten ausüben und in dem Masse als das Wasser versickert, werden immer tiefere Schichten zur lebhafteren Entwicklung von Kohlensäure angeregt, bis endlich der Wasserzuzfluss zu gering ist, um eine Wirkung hervorzubringen.<sup>1)</sup> Wann dieser Punkt erreicht sein wird, hängt ebensowohl von der Menge der Niederschläge als von der Durchlässigkeit des Bodens ab. Der Einfluss der Niederschläge auf die Bildung der Kohlensäure ist gewiss bedeutend; aber er scheint mir übertroffen zu werden von dem Einflusse, den sie auf die Bewegung des Gases ausüben. Sie möchte ich für die vorzüglichste Ursache des bedeutenden Kohlensäuregehaltes der tieferen Schichten auch unfruchtbarer Bodenarten halten. Da wo sie auch unfähig sind die Bildung des Gases zu fördern, setzen sie es ab, nachdem sie sich während ihres Durchganges durch Schichten, die reich an demselben waren, geschwängert haben. Indem sie sich in Zeitläufen wiederholen, während welcher der Gasaustausch, durch eine mächtige Erdschichte gestört, nicht hat vollendet werden können, sind sie eine continuirliche Quelle der Kohlensäure für die Tiefen der Erde und wahrscheinlich ist ein grosser Theil der in diesen aufgespeicherten Kohlensäure nicht mineralischen Ursprunges, sondern das Product der Zersetzung jener Organismen, die sich aus ihr aufgebaut haben. Die atmosphärischen Niederschläge sind das Vehikel, durch welches die Kohlensäure nach unten geführt wird, der Transport des Gases in centrifugaler Richtung erfolgt mit dem aufsteigenden Wasserströme, den die abdunstende Erdoberfläche unterhält.

So lange die Kohlensäure vom Wasser absorbiert ist, gehört sie nicht in das Gebiet unserer Betrachtungen, die sich nur auf die freie Kohlensäure der Bodenluft erstrecken; aber das Wasser dunstet ab, mit ihr Kohlensäure, und es fragt sich nur, ob beide Vorgänge mit der gleichen Intensität stattfinden, oder ob nicht etwa Kohlensäure frei geworden, im Boden zurückgehalten wird.

Das physikalische Gesetz über die Diffusion der Gase durch poröse Scheidewände lehrt, dass die Geschwindigkeiten mit welchen die Gase diffundiren sich umgekehrt verhalten wie die Quadratwurzeln aus ihren specifischen Gewichten. Das specifische Gewicht der Luft, mit welcher sowohl die Kohlensäure als der Wasserdampf diffundirt, gleich 1 gesetzt, ist das specifische Gewicht der Kohlensäure = 1.52021, das spec. Gew. des Wasserdampfes = 0.62207. Es wird also das Volumen des austretenden Wasserdampfes 1.43mal grösser sein als das der eintretenden Luft, während das Volumen der austretenden Kohlensäure nur 0.81mal grösser ist. Mit andern Worten, die Geschwindigkeit, mit welcher die Kohlensäure mit Luft diffundirt, ist nahezu um die Hälfte kleiner als die des Wasserdampfes. Wenn daher die Bodenfeuchtigkeit verdunstet, wird ein Theil der von ihr absorbierten Kohlensäure frei und bereichert die Bodenluft.

Es wird gelehrt, dass die Verwesung bei Temperaturen unter 0° sistirt wird und dass sie umso lebhafter fortschreitet, je höher die Erwärmung steigt.

<sup>1)</sup> Es ist auch zu erwägen, dass die Luft nur bis zu einer gewissen Tiefe in den Boden eindringen kann und mit zunehmender Tiefe nimmt jedenfalls die Wirkung der atm. Luft auf die Bestandtheile des Bodens ab. Mulder bemerkt schon, dass die Luft, welche den Boden bei trockenem Wetter erfüllt, durch den Regen in die Tiefe getrieben wird und hier ihre oxydirende Wirkung ausübt.

Wenngleich die Bildung von Kohlensäure eine unmittelbare Folge, ein Symptom des Verwesungsprocesses ist, so darf doch nicht ohne weiteres auf den Parallelismus beider Vorgänge geschlossen werden.

Ich hielt es daher für geboten, experimentell zu prüfen, wie sich die Entwicklung der Kohlensäure in verschieden erwärmten Böden verhält. Beobachtungen im Freien können nicht zur nöthigen Klarheit führen, weil andere die Einsicht störende Factoren nicht eliminirt werden können, gewiss auch unerkannt bleiben.

Die mir durch zahlreiche Analysen bereits vertraute Composterde wurde wieder herangezogen und durch längere Zeit der Gang der Kohlensäure-Entwicklung in ihr beobachtet. Wenn von 24 zu 24 Stunden ein Liter Luft aspirirt wurde, enthielt dieser im Mittel 20 CC. Kohlensäure und die Schwankungen betragen wenig mehr als 0.1 Percent. Die Temperatur im Laboratorium ist sehr constant. Die Differenz zwischen dem Minimum- und Maximum-Thermometer erreichte höchstens zwei Centigrade.

Die Erwärmung geschah durch Zuleitung erwärmter Luft in die Erde, die Abkühlung, indem das Gefäss mit der Erde in das Wasserbad und in Eismischungen gestellt wurde. Dabei wurde die Erzielung einer bestimmten Temperatur nicht angestrebt, sondern die jeweilig sich einstellende an dem in die Erde gesenkten Thermometer abgelesen.

T <sup>o</sup>		19.1	Vol. Kohlensäure pro mille			
"	+ 19.4	24.7	"	"	"	"
"	+ 25.2	24.9	"	"	"	"
"	+ 32.0	32.9	"	"	"	"
"	+ 31.4	34.0	"	"	"	"
"	+ 31.5	20.3	"	"	"	"
"	+ 16.0	12.5	"	"	"	"
"	+ 4.0	17.9	"	"	"	"
"	+ 18.5	21.2	"	"	"	"
"	+ 19.0	10.2	"	"	"	"
"	- 9—11	20.1	"	"	"	"
"	+ 20.7	20.4	"	"	"	"
"	+ 20.8	43.2	"	"	"	"
"	+ 60.0		"	"	"	"

Diese Ziffern zeigen unwiderleglich den Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Energie der Kohlensäure-Entwicklung, und zwar ist mit der Steigerung jener eine Erhöhung dieser verbunden und umgekehrt.

Auffallend scheint nur, dass bei der durch eine Kältemischung hervorgebrachten Abkühlung der Erde auf — 9 bis — 11 Grad die Bodenluft noch immer beträchtliche Mengen von Kohlensäure aufnahm.

Es stimmt diess mit den Beobachtungen von Fodor überein, welcher auch die Luft in gefrorenem Boden reich an Kohlensäure fand. Der Einwand liegt nahe, dass diese nicht im gefrorenen Boden sich gebildet habe, sondern schon von früher her in ihm enthalten gewesen oder aus nicht gefrorenen Bezirken angesaugt worden sei.

Den Einwand rechtfertigen die Resultate folgenden Versuches. Ich setzte 600 Gramm Düngererde in eine Kältemischung von Eis und Kochsalz und bestimmte die Kohlensäuremenge, die sie an einen Liter durchstreichende Luft abgab, mit 50.4 Mgr.

Die Nacht über war das Eis aufgethaut, ich erneuerte die Kältemischung und sorgte dafür, dass die eingesetzte Erde durch 10 Stunden gefroren blieb.

Die während dieser Zeit durchgeleitete Luft wurde viermal auf ihren Gehalt an Kohlensäure geprüft.

Die erste Portion (ein Liter) aus der noch aufgethauten Erde ergab 44.4 Mgr., die folgenden 9.6, 5.4, 0.4 Mgr. Kohlensäure.

Es war noch viel Eis vorhanden und am Morgen des dritten Tages hatte die Erde noch die  $T^0 = + 8^{\circ}$ .

Ich setzte sie sofort in die Kältemischung und erhielt in dem ersten Liter Luft 15.2 Kohlensäure. Zwei folgende Luftproben, die ich in Intervallen von zwei Stunden aspirierte, enthielten 0.8 und 0.4 Mgr. Kohlensäure, also kaum mehr als die atmosphärische Luft.

Welches ist nun der Antheil, den die Temperaturdifferenzen des Bodens auf den Gehalt desselben an Kohlensäure nehmen?

Von den Wärmequellen der Erde kommt für uns die aus dem Inneren der Erde an die Oberfläche geleitete Wärme nicht in Betracht, da sie die Temperaturen jener Erdschichten, mit denen wir es zu thun haben, in kaum messbarer Weise beeinflusst. (Erst in der Tiefe von 31 Metern steigt die Temperatur des Bodens in Folge der Centralwärme um  $1^{\circ}$  C.)

Auch die durch chemische Vorgänge in der Erde frei werdende Wärme entzieht sich unserer Berücksichtigung aus den oben bereits angeführten Gründen, wenngleich sie mitunter in ausschlaggebender Weise wirksam sein mag. Nur die in der Erde fortgeleiteten Wärmestrahlen der Sonne können unserer Betrachtung zu Grunde gelegt werden. Durch sie wird die Oberfläche der Erde ungleich stärker erwärmt als die Luft. Die oberste Schichte der Erde kann eine Temperatur von 50 und mehr Graden erreichen, oder die Temperatur der Luft sinkt unter den Gefrierpunkt, während die Erdoberfläche sich unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen um mehrere Grade über Null erwärmt.<sup>1)</sup>

Die Leitung der Wärme in die tieferen Schichten der Erde erfolgt aber so langsam, dass in einer Tiefe von zwei Metern die Unterschiede in der mittleren Temperatur des einen

<sup>1)</sup> Einige thermometrische Daten über den Wiesengrund, in welchem viele der angeführten Versuche angestellt wurden, sind vielleicht nicht unwillkommen.

Alle Ablesungen fanden Mittags statt.

Datum	T e m p e r a t u r					
	der Luft	des Bodens, Tiefe in Cm.				
		1	10	20	30	40
25. Aug.	26.8	31.0	23.0	20.0	19.5	19.0
27. "	25.2	24.0	21.5	19.5	19.0	19.0
28. "	35.4	38.0	23.5	20.0	19.0	19.0
29. "	32.7	34.0	21.5	19.5	19.3	19.2
30. "	31.1	32.4	23.0	21.5	20.0	19.5
31. "	30.4	34.0	24.0	21.0	20.0	19.6
1. Sept.	15.2	17.0	16.2	16.0	16.0	19.5
11. "	26.1	28.0	16.5	14.7	14.6	15.0
12. "	28.2	30.0	16.5	14.5	14.5	15.0

und des folgenden Monates unmerkbar werden, dass schon in 0.5 Meter Tiefe das Thermometer durch die Tagesschwankungen der Temperatur der oberflächlichen Schichten nicht beeinflusst wird.

Die Tiefe, in welcher der Boden eine von der Temperatur der Atmosphäre unabhängige, constante Temperatur besitzt, ist je nach dem Klima verschieden. Sie ist am geringsten da, wo die Maxima und Minima der Temperatur nur wenig von einander abstehen; also in den Tropen und in den Polarländern. In unseren Gegenden erhält die Erde etwa in einer Tiefe von 25 Metern die Temperatur constant. Von da nach aufwärts concurrirt an der Bodentemperatur noch ein zweiter Factor: die Lufttemperatur, und zwar um so mehr und um so rascher je mehr man sich der Erdoberfläche nähert.

Ich erinnere an diese bekannten Thatsachen, um zu zeigen, dass der Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung der Kohlensäure und auf die Locomotion des Gases im Boden von verhältnissmässig untergeordneter Bedeutung ist.

Die im Boden innerhalb kurzer Zeiträume vorkommenden Temperaturschwankungen sind sehr stabil, besonders im Vergleiche mit den bedeutenden Differenzen der Lufttemperatur innerhalb 24 Stunden. Nur in den oberflächlichen Bodenschichten wird eine Beschleunigung, respective eine Verlangsamung in der Entwicklung der Kohlensäure durch thermische Einflüsse bemerkbar werden, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, dass gerade in diesen die grösste Masse oxydirbarer Substanzen enthalten zu sein pflegt. Andererseits hat aber die Erwärmung des Bodens an der Oberfläche den Verlust an Feuchtigkeit im Gefolge, und wir haben gesehen, bis zu welchem Grade der Verarmung an Kohlensäure dieser Mangel führen kann, ein sicherer Beweis für die Prävalenz dieses Factors. Von dem Umstande, ob das verdampfte Wasser hinreichend rasch sich wieder ersetzt, wird es abhängen, ob die nachwirkende Erwärmung noch die Bildung der Kohlensäure wird begünstigen können. Geschieht diess nicht, und in jedem Falle bis zum Eintritt dieser Periode wird die Kohlensäure aus den tieferen Schichten nach oben strömen und die Intensität dieses Stromes wird weniger von der Differenz im Partialdrucke oder von den Temperaturdifferenzen im Boden als von den physikalischen Eigenschaften des Bodens abhängen, wie diess ja auch beim Gasaustausche zwischen Boden und Atmosphäre der Fall ist. Eine Strömung der Kohlensäure in entgegengesetzter Richtung (nach abwärts) kommt sicher auch vor, aber seltener und in geringerer Intensität.

### Beobachtungen in Culturböden.

Die im vorigen Capitel entwickelten Anschauungen müssen durch die Befunde unter natürlichen Verhältnissen bestätigt werden, sollen sie Anspruch auf Beachtung erheben können. Um sie zu prüfen, habe ich die Daten benützt, die ich selbst an einigen Oertlichkeiten gesammelt und bei denen ich die Umstände, welche auf den Gehalt der Bodenluft an Kohlensäure massgebend sein mochten, registriert habe.

Die erste Localität war eine Wiese, welche seit Jahren nicht gedüngt worden war. Sie besteht aus kalkreichem, eisenhaltigem Lehmboden, der in einer Tiefe von 1.5 Meter auf grobem Kalkschotter ruht, in dessen Zwischenräumen blauer Thon in geringer Mächtigkeit angetroffen wird. Im weiten Umkreise befinden sich keine bewohnten Räumlichkeiten.

In den Wiesengrund versenkte ich Bleiröhren in Tiefen von 2, 1·5, 1·0, 0·5 Meter, und nach einigen Wochen erst begann ich die Analysen der Luft, deren Ergebnisse in der folgenden Tabelle enthalten sind.

Datum	CO <sub>2</sub> in 1000 Vol.			
	2 M.	1·5 M.	1·0 M.	0·5 M.
24. Juni	11·5	12·7	12·7	14·6
25. "	12·4	10·6	9·8	8·5
28. "	8·9	14·3	14·3	10·6
29. "	18·9 (?)	13·9	14·5	14·5
30. "	11·9	13·4		
2. Juli		12·7		
4. "	9·9	9·9	11·9	13·4
5. "	10·4	11·3	9·1	
6. "	13·9	11·6	12·0	13·6
7. "	13·7	11·1	11·1	14·3
8. "	11·2	13·4	12·8	10·4
9. "	11·7	12·9		13·7
11. "	11·5	13·0	13·0	13·0
12. "	11·6	13·0	11·5	13·2
13. "	12·4	12·2	13·4	13·4
14. "	13·9	13·9	14·6	14·3

Lehrreicher sind die in der folgenden Tabelle niedergelegten Parallelversuche.

Auf derselben Wiese, 20 Meter von einander entfernt, liess ich zwei Thermometerpaare eingraben, die 1 und 2 Meter tief reichten. Den Thermometerkugeln correspondirten die Mündungen von Bleiröhren, die zugleich eingesetzt wurden, so dass die Luft aus bestimmter Tiefe bei bekannter Bodentemperatur aspirirt wurde. Den einen Versuchsort beliess ich in natürlichem Zustande, den anderen düngte ich oberflächlich mit einer 10 Cm. hohen Schichte alter Nadelstreu. Auch hier wurde mit dem Beginn der Versuche gewartet, bis mit Sicherheit anzunehmen war, dass die natürlichen Verhältnisse zurückgekehrt waren.

Datum	Luftdruck 0° red.	Temperatur		Wiesen- grund	Tiefe in Metern	T°	CO <sub>2</sub> pro mille	Anmerkung	
		Max.	Min.						
18. Juli	739·2	19·9	13·7	ungedüngt	1	16·2	14·2	nach mehr- stündigem Regen	
					2	13·0	13·2		
				gedüngt	1	21·4	10·5		
					2	15·4	12·49		
20. "	741·3	21·8	12·4	ungedüngt	1	16·2	12·3		
					2	13·1	11·9		
				gedüngt	1	18·4	9·0		
					2	14·0	11·1		
21. "	743·9	27·7	15·5	ungedüngt	1	16·1	13·2	nach voraus- gegangenem Regen	
					2	13·1	12·7		
				gedüngt	1	17·8	10·2		
					2	13·9	10·5		
23. "	743·5	27·5	13·3	ungedüngt	1	16·0	10·3		
					2	13·2	13·1		
				gedüngt	1	17·3	14·3		heiter
					2	13·7	12·4		
24. "	740·9	31·2	17·1	ungedüngt	1	16·1	12·3		
					2	13·3	12·6		
				gedüngt	1	17·3	17·2		
					2	13·7	12·9		
26. "	744·7	19·0	14·0	ungedüngt	1	16·6	14·6	nach heftigem Gewitter	
					2	13·3	14·9		
				gedüngt	1	17·6	11·3		
					2	13·7			
27. "	743·0	22·7	14·9	ungedüngt	1	16·7	14·1		
					2	13·3	13·3		
				gedüngt	1	17·5	11·1		
					2	13·7	10·1		

Endlich machte ich noch einige Versuche im Walde. Es ist ein junger Buchenbestand auf sehr tiefgründigem Lehm Boden, der der Humusdecke fast gänzlich entbehrt in Folge ausgiebiger Streunutzung. Die begonnenen Ablesungen der Bodentemperatur mussten aufgelassen werden — weil die Bodenthermometer geraubt wurden.

Datum	Luftdruck auf 0° red.	Temperatur		Tiefe in Metern	CO <sub>2</sub> pro mille Vol.
		der Luft	des Bodens		
23. Juli	743·5	27·5	14·4	0·5	2·6
			13·5	1·0	20·6
24. "	740·9	31·2	14·4	0·5	2·5
			13·4	1·0	19·9
27. "	743·1	22·7	15·0	0·5	2·0
			13·6	1·0	23·7
12. Septemb.	745·9	26·1		0·5	14·4
				1·0	15·0
"		28·2		0·5	16·4
				1·0	17·1
13. "	746·1	27·4		0·5	17·6
				1·0	14·2

Schon die blosse Uebersicht der ersten Tabelle zeigt, dass der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in den Tiefen von 0·5—2 Meter nicht wesentlich verschieden ist.

Noch auffallender wird dieses Factum, wenn man die Mittelwerthe berechnet; denn dann ergibt sich

für die Tiefe von	2 Meter	12·25	pr. m. CO <sub>2</sub>
" " "	" 1·5	" 12·5	"
" " "	" 1·0	" 12·3	"
" " "	" 0·5	" 12·8	"

Man kann also angesichts dieser Beobachtungsreihe von einer gesetzmässigen Zunahme des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft mit wachsender Tiefe nicht sprechen und die Beobachtungen, aus welchen diese Gesetzmässigkeit erschlossen wurde, erweisen sich als unvollständig. Die Luft des Waldbodens wurde zwar in tieferen Schichten ungleich reicher an Kohlensäure gefunden als in einer Tiefe von einem halben Meter. Dagegen zeigten wieder die Analysen der Bodenluft einer Wiese in ihrem gedüngten und im nicht gedüngten Theile Schwankungen nach jeder Richtung hin.

Angesichts dieser Thatsachen kann zwar die Regel festgehalten werden, dass der Kohlensäuregehalt in der Tiefe grösser ist; aber man darf nicht übersehen, dass die Regel nicht seltene Ausnahmen erfährt, welche in erster Linie wohl von den physikalischen Eigen-

schaften der Bodenschichten und von ihrem Gehalte an organischen Substanzen abhängen. Die Ausnahmen müssen umso auffälliger zu Tage treten, da wir nicht im Stande sind in jene Tiefen vorzudringen um zu erfahren, dass die Regel doch möglicherweise in ihr Recht eintritt.

In vielen Fällen werden wir nach dem bisherigen Stande unseres Wissens, gar nicht im Stande sein, die Ursache der Abweichungen von der Regel zu erkennen, geschweige, dass wir aus gegebenen Daten a priori auf den Kohlensäuregehalt in bestimmten Schichten werden schliessen können.

Den Grund der Erscheinung im vorliegenden Falle, suche ich in der Schichtung des Bodens. In dem groben Gerölle diffundiren die Gase mit solcher Leichtigkeit, dass eine periodisch in ihn gelangende grössere Kohlensäuremenge sich für die Dauer nicht behaupten kann. Im Grossen und Ganzen wird der Kohlensäuregehalt in ihm nur wenig von dem der unlagernden Schichten abweichen.

Die in derselben Tiefe vorkommenden Differenzen können nicht befremden, da innerhalb der Beobachtungszeit wiederholt Regengüsse vorkamen, nach denen constant ein grösserer Kohlensäuregehalt in 0.5 M. Tiefe gefunden wurde. Am folgenden Tage war ebenso regelmässig die Kohlensäure in den tiefen Lagen vermehrt, während sie in den oberen Schichten ihren Stand behauptete oder bereits gesunken war.

Ziemlich deutlich lassen sich auch in der zweiten Tabelle die Wirkungen der Regenfälle verfolgen. Nach denselben finden wir den Kohlensäuregehalt vermehrt, ihn aber bald wieder vermindert, weil bei den herrschenden hohen Temperaturen und der consecutiven raschen Wasserabgabe der oberen Schichten eine lebhaftere Strömung der Kohlensäure nach oben veranlasst wurde.

Eine im hohen Grade auffallende Erscheinung ist es, dass im gedüngten Boden die Werthe für den Kohlensäuregehalt kleiner sind als im nicht gedüngten Grunde, wie aus der folgenden Zusammenstellung der Mittelwerthe erhellt.

	1 M.,	2 M. tief.
gedüngt	: 11.9	11.6
ungedüngt	: 13.0	13.1

Dass durch die Zufuhr organischer Substanz die Bildung von Kohlensäure gesteigert werden müsse, ist so einleuchtend und durch die Versuche wurde dieses Agens als so einflussreich nachgewiesen, dass man sich nach einer Erklärung dieses widersprechenden Befundes umsehen muss. Ich weiss keine andere zu geben, als dass die in der oberflächlich gelagerten Düngerschichte sich reichlich entwickelnde Kohlensäure an die Atmosphäre abgegeben wird, und dass es längere Zeit und wiederholter, ausgiebiger Niederschläge bedarf, damit die Kohlensäure in die Tiefe geführt werde. Dafür scheint zu sprechen, dass am 23. und 24. Juli nach vorausgegangenen Regengüssen sich eine namhafte Steigerung des Kohlensäuregehaltes in 1 M. Tiefe einstellt, nachdem schon vorher ebenso wie im ungedüngten Boden eine mässige Steigerung zu beobachten war. Dass diese Steigerung in der Tiefe von 2 M. in geringerem Masse zum Ausdrucke kommt und dass sie nicht anhält, muss ich consequenterweise der hier befindlichen Geröllschichte zuschreiben. Leider ist die Wirkung des Gewitters am 26. nach 6 heissen Tagen nicht mehr ersichtlich. Als ich den Versuch unterbrach, hatte ich für die gesammelten Daten noch keine Deutung.

Sehen wir nun nach dem Einfluss, den die Düngung auf die Temperatur des Bodens nimmt. In dem ungedüngten Boden schwankt die Temperatur in 1 Meter Tiefe von  $16.0^{\circ}$  bis  $16.7^{\circ}$ , in 2 M. Tiefe von  $13.0^{\circ}$  bis  $13.3^{\circ}$ .

In Folge der Düngung stieg die Temperatur in 1 M. Tiefe bis  $21.4^{\circ}$  und in 2 M. Tiefe auf  $15.4^{\circ}$ , fiel dann allmähig ab, behauptete aber immer noch einen höheren Stand mit  $17.3^{\circ}$  bis  $17.6^{\circ}$  in 1 M. und mit  $13.7^{\circ}$  in 2 M. Tiefe. Die Differenzen sind also höchst unbedeutend, sie erreichen in keinem Falle 1 Grad. Zur selben Zeit kamen sehr bedeutende Schwankungen in der Lufttemperatur vor, mit dem Minimum  $12.4^{\circ}$  und dem Maximum  $31.2^{\circ}$ .

Eine Beziehung zwischen dem Kohlensäuregehalte der Bodenluft und der Temperatur der Luft oder jener des Bodens, ist durchaus nicht erkennbar.

Wenn bei gleich hoher Bodentemperatur der Kohlensäuregehalt sinkt und steigt, wenn bei dem niedrigsten Stande der Temperatur im gedüngten Boden der Werth für den Kohlensäuregehalt die höchste Ziffer erreicht und dann wieder fällt, wenn bei der höchsten Lufttemperatur der Kohlensäuregehalt im ungedüngten Boden um ein wenig kleiner ist als bei der niedrigsten Lufttemperatur u. dgl. m.; dann darf wohl der Schluss gezogen werden, dass der Kohlensäuregehalt der Bodenluft schon in einer Tiefe von 1 M. durch die Temperaturdifferenzen innerhalb kurzer Zeiträume kaum beeinflusst wird. Die Bodentemperaturen sind da schon sehr constant und die Lufttemperaturen wirken in ihren Extremen zu kurze Zeit, als dass sie mehr als die Oberfläche in Mitleidenschaft ziehen könnten.

# Das Gefälle der Holzriesen

und Untersuchungen über die gleitende Reibung auf denselben.

Von

**Karl Petraschek,<sup>1)</sup>**

Forst-, Bau- und Betriebs-Ingenieur der Innerberger Hauptgewerkschaft.

---

(Mit Tafel XVII und XVIII.)

---

Die Riese zählte früher noch mehr zu den verbreitetsten Bringungsanstalten wie heute. Es gab nicht selten solche von stundenlanger Erstreckung. Dies hatte seinen Grund darin, dass einstens mehr Holz im Walde verfaulte, als sich lohnend absetzen liess; wog ja der Werth des gewonnenen Materiales die Arbeitskosten kaum auf. Es war also belanglos, wenn das Liefergebäude und die Lieferweise viel Holz beanspruchte, genug dass eine Arbeitsersparung damit erzielt wurde. Dieser Anforderung entspricht kaum etwas besser als die Riese, indem sowohl ihr Bau als ihre Benützung nur wenig Arbeitskraft benöthigt, überdies auf ihr grosse Holzmassen in kurzer Zeit abgebracht werden können.

Heute treffen wir die Riese in den Gebirgsforsten immerhin noch häufig, aber bei weitem nicht mehr ausschliesslich herrschend. Das Holz ist weniger und damit kostbarer geworden, deshalb eine sorgsamere Gebahrung geboten. Der Bedarf überwiegt den Vorrath, ein Verhältniss das im langsamen aber stetigen Steigen begriffen. Eben so stetig klimmt auch der Holzpreis in die Höhe und hat das stockende Holz nicht nur überhaupt, sondern sogar bedeutenden Werth. Je mehr demnach heutzutage eine Lieferweise Holz verbraucht, desto unökonomischer erscheint sie. In dieser Hinsicht ist die Riese arg im Nachtheile, was nothwendigerweise zu ihrem Aufgeben und der Einführung holzgenügsamerer Bringungsmittel führte. Verursachen auch letztere mehr Arbeitsaufwand, so ist dieser doch gegenüber dem Gewinne an erspartem Holze überraschend gering. Sehr ungünstig fiel auch in die Wagschale, dass die Riese die Abbringung des schwächeren und unförmlichen Holzes nicht zulässt und dadurch die Ertragsamkeit der Gebirgswälder am meisten beeinträchtigt. Endlich verführt die Riese leicht zur Hast in der Ausnutzung der Wälder, welche die Bodenkraft mindert und die Nachzucht ungemein erschwert. Da die Riese nur wenige, höchstens sieben Jahre ausdauert, so suchte man ihre Anlage möglichst auszunutzen, und

---

<sup>1)</sup> Herr Petraschek wurde im Sinne des §. 5 unseres Statutes für die Vornahme einzelner Versuche und Untersuchungen gewonnen. v. Seckendorff.

schlägerte grosse Flächen in ununterbrochener Jahresfolge. Es wäre aber zu weit gegangen, das einzig und allein der Riese zuzuschreiben. Jede Bringungsanstalt rentirt um so besser, je mehr auf derselben geliefert wird; und so bestimmt gar oft die Gier nach augenblicklichem Vortheil auch bei einer Weganlage, gesunder Wirthschaft entgegen zu handeln.

Mag es nach dem Vorausgegangenen vielleicht ungerechtfertigt scheinen, über die Riese noch viel Worte zu verlieren; wird es nicht als verspätet dünken, Untersuchungen zum Zwecke ihrer rationellen Anlage zu machen? Mit nichten!

Das schöne Bild von der kaum zu befriedigenden Holznachfrage und dem grossen Holzwerthe lächelt noch lange nicht überall. So sieht es in den Hochbergen theilweise recht traurig aus. Dort wo Märkte und Städte sich ausbreiten, grosse Industrien bestehen, deren Lebensnerv Holz und Holzkohle ist, wo der Bergbau blüht, oder gute Wasserstrassen den Absatz in holzarme Gegenden vermitteln, dort wird sich wohl eine Lieferweise lohnen, die zwar grössere Anlagekosten erheischt, jedoch dauerhaft ist, eine sorgfältige Benutzung und Bewirthschaftung der Forste ermöglicht. Selbst da wird der Kreis nicht weit gezogen werden können. Mit der Erhebung und Entfernung von diesen Mittelpunkten, sinkt aber nicht nur der Geldwerth des Holzes auffallend, sondern wachsen auch die Schwierigkeiten der Bringung unglaublich und zwingen wieder zu der alle Terrainhindernisse leicht bewältigenden Riese. Wenn also schon in der Nähe grosser Verbrauchsorte sich auch der Riese bedient werden muss, ist sie noch viel weniger in abgelegenen Gebirgsgegenden mit dünner Bevölkerung, und mangelnder Fuhrkraft entbehrlich und ersetzbar. In solchen Lagen und Gegenden wird die Riese noch lange, vielleicht immer das einfachste und billigste Bringungsmittel bleiben. Der rationelle Wirth muss mit Rücksicht auf die pflegliche Behandlung der Wälder stets nur den rechnenden Griffel entscheiden lassen!

In Anbetracht alles dessen wird es heute noch am Platze sein, für die so wichtige Gefällsbestimmung der Riese eine strengere Unterlage zu suchen als die gemeine Erfahrung und der nivellirende Scharfblick eines Holzmeisters gibt; umsomehr, als diese schätzenswerthen Eigenschaften nur Wenige besitzen, was letzteres denn auch der Grund ist, weshalb man bei näherer Prüfung viel mehr fehlerhafte als gut angelegte Riesen findet.

Eine Riese mit zu geringem Gefälle verlangsamt das Abriesen, erschwert die rechtzeitige Abstellung des Holzes an die schliesslichen Verbrauchsorte, kann sie sogar verhindern, wodurch für den Waldbesitzer arge Verlegenheiten und selbst bedeutende Verluste erwachsen. Ist hingegen die Riese zu stark geneigt, so zersplittert sich viel Holz, was wiederum den Ertrag mindert.

Rieswerke schlecht in letzterer Beziehung sind häufiger zu finden; sie entspringen viel weniger mangelnder Tüchtigkeit als viel mehr dem Eigennutze. Denn da die Ablieferung des Holzes gewöhnlich um einen festen Klafterpreis verdingt wird, so ist für die Arbeiter jeder Zeitgewinn auch Geldgewinn. Dies verleitet sie, die Riese nach der kürzesten Falllinie zu bauen, damit sich das Holz leicht und schnell zu Thal fördern lasse. Um den Holzverlust sind sie nicht bekümmert, weil die Lohnsberechnung nach der Klafterzahl im Schlage erfolgt und erfolgen muss.

Wohl soll in einem geordneten Forsthaushalte die Art und Weise der vorzunehmenden Holzbringung, sowie die Anlage der erforderlichen Bringungswerke nicht der Willkür der Arbeiter überlassen, sondern von dem Forstbeamten genau bestimmt werden; allein zu letzterem gehören praktische und wissenschaftliche Kenntnisse, die leider jedesmal, als die Riese in Frage kommt, nicht immer angetroffen werden, indem die Erwerbung genügender Erfahrung Jahre dauernde Betheiligung und Beobachtung verlangt, und die Wissenschaft bisher nicht herangezogen werden konnte, weil sie in dieser Richtung noch nicht genug ausgebildet ist.

Zunächst gebührt Professor Breyman das Verdienst im XIX. Bande der österreichischen Monatschrift für Forstwesen die wissenschaftliche Bestimmung der zweckentsprechenden Neigung der Riesen angeregt zu haben. Die Anwendung der dort aufgestellten Reibungscoefficienten muss jedoch als gewagt bezeichnet werden, weil sie, worauf nicht aufmerksam gemacht wurde, den Versuchen Morin's entnommen sind, die unter Umständen, welche ganz andere sind, als jene so beim Holzriesen auftreten, ermittelt wurden.

Auf gültige Reibungscoefficienten kommt aber das Meiste an. Man berücksichtige, dass der Reibungswiderstand gewissermassen durch die Grösse des Neigungswinkels der Riese bedingt wird, so zwar, dass die dem Holze ertheilte Bewegung eine beschleunigte oder verzögerte wird, je nachdem der Neigungswinkel gross oder klein ist. Es lässt sich daher auch ein Neigungswinkel denken, bei welchem die ertheilte Bewegung gleichförmig bleibt. Man heisst diesen Winkel den Reibungswinkel der Bewegung, seine trigonometrische Tangente den Reibungscoefficienten der Bewegung.

Um also die Fortsetzung der Bewegung des Holzes gleichförmig zu erhalten, müssen wir der Riese eine Neigung gleich dem Reibungswinkel geben.

Die wechselnde Bodenneigung zwingt jedoch diese vortheilhafteste Fallrichtung mehr oder weniger aufzugeben und die Riese ebenfalls mit wechselndem Gefälle anzulegen.

Kann ein stärkeres Fallen nicht umgangen werden, so fragt es sich, auf welche Länge das möglich ist, ohne dass sich die Geschwindigkeit des Holzes schädlich steigere. Beginnt das Holz erst die Bewegung, so ist die statthafte Länge

$$s = \frac{v^2}{2g(\sin \alpha - f \cos \alpha)},$$

bringt es aber schon eine gewisse Geschwindigkeit  $c$  mit, dann ist

$$s = \frac{v^2 - c^2}{2g(\sin \alpha - f \cos \alpha)}$$

und bedeutet in beiden Gleichungen  $v$  die Endgeschwindigkeit,  $g$  die Acceleration (Beschleunigung) der Schwere = 9.81 Meter,  $\alpha$  den Neigungswinkel der Riese und  $f$  den Reibungscoefficienten.

Die Geschwindigkeit, bei der ein guter Gang der Riesung und der geringste Holzverlust gesichert erscheint, wurde von mir vielfach beobachtet und beträgt für

Scheite und Dreilinge<sup>1)</sup> . . . . . 9—12

Klötze<sup>2)</sup> und Stämme . . . . . 3—5

Meter in der Secunde.

Um nach vorausgegangener starker Neigung das heftigere Gleiten des Holzes zu vermindern, bekommt die Riese eine horizontale und selbst ansteigende Lage. Verlangt man dass das Holz in die darauf folgende Fallrichtung noch mit einer gewissen Geschwindigkeit  $V$  eintrete, so berechnet sich die zu gebende horizontale Länge aus:

$$s = \frac{c^2 - V^2}{2gf}$$

und die schiefe Länge aus:

$$s = \frac{c^2 - V^2}{2gf \cos \alpha_1}$$

wenn  $c$  die Anfangsgeschwindigkeit und  $\alpha_1$  den Steigungswinkel bezeichnet.

<sup>1)</sup> Dreiling: Rundholz von 2 Meter Länge.

<sup>2)</sup> Klotz (Bloch): Rundholz von 3—8 Meter Länge.

Diese Ausdrücke gelten auch für das Ende der Riese, wo das Holz nur mehr eine ganz geringe Geschwindigkeit haben soll, gerade so viel, um noch Auslaufen zu können.

Manchmal zwingen jedoch die Terrainverhältnisse, dem Endfache der Riese eine solche Stellung zu geben, dass das Holz noch mehr oder weniger weit geworfen wird. Aus der gegebenen Wurfweite  $w$  und der berechneten Geschwindigkeit  $c$ , mit welcher das Holz beim Wurffache (der Nase) ankommt, findet man den Elevationswinkel des Wurffaches aus:

$$\sin 2 \varepsilon = \frac{g w}{c^2} = \frac{9.81 w}{c^2}.$$

Der Luftwiderstand würde im letzteren Falle unberücksichtigt gelassen, weil er wegen der geringen Wurfgeschwindigkeit gegenüber der bedeutenden Dichtigkeit des Holzes sehr klein ist, und in den früheren Fällen ist er in den Reibungscoefficienten mit enthalten, was die Ermittlung derselben bedingt.

Wollte man schliesslich die Endgeschwindigkeit kennen lernen, mit der das Holz eine durchaus gleichgeneigte Riese von  $s$  Meter Länge durchheilt, so dient hierfür die Formel:

$$v = \sqrt{2 g s (\sin \alpha - f \cos \alpha)} = 4.429 \sqrt{s (\sin \alpha - f \cos \alpha)}.$$

Die Ermittlung der für alle diese Berechnungen notwendigen Coefficienten der gleitenden Reibung, erfolgte von mir derart, dass beobachtet wurde, in welcher Zeit  $t$  das Holz mit der Anfangsgeschwindigkeit 0 über eine unter dem Winkel  $\alpha$  geneigte Riesenstrecke von  $s$  Meter Länge herabgleitet, nachdem bekanntlich

$$f = t g \alpha - \frac{2s}{g t^2 \cos \alpha}$$

ist.

Die diesbezüglichen Versuche führten zu den folgenden Ergebnissen:

### Trockenriese.

		Stämme								
Der nachstehende Reibungs-										
coefficient wiederholte sich	.	1	1	18	2	6	2	4	20	6 mal
Reibungscoefficient:		0.48	0.44	0.43	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.34
		Klötze								
Der nachstehende Reibungs-										
coefficient wiederholte sich	.	1	15	4	25	4	10	1		mal
Reibungscoefficient:		0.43	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.34		
		Dreilinge								
Der nachstehende Reibungs-										
coefficient wiederholte sich	.	1	1	11	22	3	5	2	14	1 mal
Reibungscoefficient:		0.45	0.43	0.42	0.40	0.37	0.36	0.35	0.32	0.31
		Harte Scheiter								
Der nachstehende Reibungs-										
coefficient wiederholte sich	.	1	5	3	12	4	3	7	4	1 mal
Reibungscoefficient:		0.45	0.42	0.41	0.40	0.39	0.38	0.37	0.36	0.31
		Weiche Scheiter								
Der nachstehende Reibungs-										
coefficient wiederholte sich	.	6	4	2	17	3	3	1	4	mal
Reibungscoefficient:		0.51	0.48	0.45	0.44	0.41	0.40	0.37	0.36	

**Nassriese.****Stämme**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 1 2 10 24 3 5 1 1 2 2 10 mal  
Reibungscoefficient: 0·25 0·19 0·17 0·15 0·14 0·12 0·11 0·09 0·08 0·07 0·06

**Klötze**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 1 1 12 3 18 6 3 2 3 11 mal  
Reibungscoefficient: 0·31 0·23 0·21 0·19 0·18 0·17 0·16 0·10 0·09 0·07

**Dreilinge**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 16 29 4 1 1 3 6 19 1 mal  
Reibungscoefficient: 0·22 0·21 0·19 0·18 0·17 0·16 0·13 0·11 0·10

**Harte Scheiter**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 2 13 4 2 1 23 4 7 21 2 1 mal  
Reibungscoefficient: 0·31 0·30 0·29 0·28 0·26 0·25 0·24 0·23 0·22 0·20 0·17

**Weiche Scheiter**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 1 1 7 3 15 12 1 mal  
Reibungscoefficient: 0·36 0·35 0·34 0·33 0·31 0·30 0·28

**Schneeriese.****Stämme**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 1 1 9 3 17 2 1 6 mal  
Reibungscoefficient: 0·22 0·18 0·15 0·14 0·12 0·11 0·10 0·09

**Klötze**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 1 1 4 22 2 1 1 7 1 mal  
Reibungscoefficient: 0·21 0·18 0·17 0·14 0·13 0·12 0·09 0·08 0·07

**Dreilinge**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 1 8 3 14 4 6 11 2 1 mal  
Reibungscoefficient: 0·23 0·19 0·17 0·15 0·14 0·13 0·12 0·09 0·06

**Harte Scheiter**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 1 1 4 9 1 1 2 1 mal  
Reibungscoefficient: 0·24 0·18 0·17 0·15 0·13 0·12 0·11 0·08

**Weiche Scheiter**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 3 8 1 3 4 1 mal  
Reibungscoefficient: 0·24 0·22 0·20 0·19 0·16 0·13

**Eisriese.****Stämme**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 12 28 15 21 4 mal  
Reibungscoefficient: 0·05 0·04 0·03 0·02 0·01

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 18 26 11 20 3 2 mal  
Reibungscoefficient: 0.10 0.08 0.05 0.04 0.02 0.01

**Klötze**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 3 14 31 26 5 1 mal  
Reibungscoefficient: 0.14 0.12 0.10 0.09 0.06 0.02

**Dreilinge**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 5 4 16 1 8 2 1 2 mal  
Reibungscoefficient: 0.14 0.13 0.12 0.11 0.10 0.06 0.04 0.03

**Harte Scheiter**

Der nachstehende Reibungs-  
coefficient wiederholte sich . 14 22 17 22 1 3 3 mal  
Reibungscoefficient: 0.19 0.16 0.15 0.14 0.13 0.12 0.09

**Weiche Scheiter**

Lassen wir die Extreme, welche zufälligen, nicht direct wahrnehmbaren Ursachen entspringen sein dürften, unberücksichtigt, so erhalten wir eine Uebersicht der in der Praxis vorzüglich brauchbaren Reibungscoefficienten der gleitenden Bewegung beim Holzriesen.

	Zahl der Beobach- tungen	Reibungscoefficienten der Bewegung		Reibungswinkel der Bewegung	
		Grenzen	Mittel	Grenzen	Mittel
<b>Trockenriesen.</b>					
Stämme . . . . .	60	0.34 — 0.43	0.35	18° 47' — 23° 16'	19° 18'
Klötze . . . . .	60	0.36 — 0.40	0.38	19° 47' — 21° 48'	20° 48'
Dreilinge . . . . .	60	0.32 — 0.42	0.40	17° 44' — 22° 46'	21° 48'
Harte Scheiter . . . . .	40	0.37 — 0.42	0.40	20° 18' — 22° 46'	21° 48'
Weiche Scheiter . . . . .	40	0.36 — 0.51	0.44	19° 47' — 27° 1'	23° 45'
<b>Nassriesen.</b>					
Stämme . . . . .	60	0.06 — 0.17	0.15	3° 26' — 9° 38'	8° 32'
Klötze . . . . .	60	0.07 — 0.21	0.18	4° 0' — 11° 51'	10° 13'
Dreilinge . . . . .	80	0.11 — 0.22	0.21	6° 16' — 12° 24'	11° 52'
Harte Scheiter . . . . .	80	0.22 — 0.30	0.25	12° 24' — 16° 42'	14° 3'
Weiche Scheiter . . . . .	40	0.30 — 0.34	0.31	16° 42' — 18° 47'	17° 14'
<b>Schneeriesen.</b>					
Stämme . . . . .	40	0.09 — 0.15	0.12	5° 8' — 8° 32'	6° 51'
Klötze . . . . .	40	0.08 — 0.17	0.14	4° 35' — 9° 38'	7° 59'
Dreilinge . . . . .	50	0.12 — 0.19	0.15	6° 51' — 10° 45'	8° 32'
Harte Scheiter . . . . .	20	0.11 — 0.17	0.15	6° 16' — 9° 38'	8° 32'
Weiche Scheiter . . . . .	20	0.16 — 0.24	0.22	9° 5' — 13° 30'	12° 25'
<b>Eisriesen.</b>					
Stämme . . . . .	80	0.02 — 0.05	0.04	1° 9' — 2° 52'	2° 17'
Klötze . . . . .	80	0.04 — 0.10	0.08	2° 17' — 5° 43'	4° 35'
Dreilinge . . . . .	80	0.09 — 0.12	0.10	5° 8' — 6° 51'	5° 43'
Harte Scheiter . . . . .	40	0.10 — 0.14	0.12	5° 43' — 7° 59'	6° 51'
Weiche Scheiter . . . . .	80	0.15 — 0.19	0.16	8° 32' — 10° 45'	9° 6'

Diese praktischen Versuche zeigen, dass bei gleicher Neigung und gleicher Beschaffenheit der Riesen der nach obiger Formel bestimmte Reibungscoefficient mit der Grösse der erlangten Endgeschwindigkeit variirt. Darauf werde ich mir erlauben, gelegentlich später vorzunehmender Versuche (die hauptsächlich vom wissenschaftlichen Standpunkte interessiren, da sie die Unrichtigkeit eines vielfach angenommenen Gesetzes bestätigen) zurück zu kommen.

Vorläufig möchte ich nur derartige Versuche auch bei den Wegriesen empfehlen. Leider steht mir dieses vortreffliche Bringungsmittel auf meiner jetzigen Station nicht zur Verfügung.

Mit Hilfe der in den Tafeln XVII und XVIII niedergelegten Abaci <sup>1)</sup> kann man durch blosses Ablesen alle Berechnungen der früher aufgestellten Formeln, mit einer genügenden

<sup>1)</sup> Wenn die Geschwindigkeiten für die bezüglichlichen Holzgattungen an bestimmte Grenzen gebunden sind, so fragt es sich, wie lang soll eine Riese gemacht werden, damit bei einer bekannten Terrainneigung die Maximalgrenze der Geschwindigkeit nicht überschritten wird, und wir fanden Seite 123, dass diese Weglänge

$$s = \frac{v^2 - c^2}{2g (\sin \alpha - f \cos \alpha)}$$

ist. Hierin soll nun wo möglich  $v$  für Scheiter und Dreilinge nicht über 12 Meter, und für Klötze und Stämme nicht über 5 Meter wachsen. Es wird daher in obiger Gleichheit  $v$  eine constante Grösse sein und soll auch als eine solche in weiterer Betrachtung vorausgesetzt werden. Abnormen Fällen, in denen die Geschwindigkeit weit über diese Grenze steigt, kann auch leicht Rechnung getragen werden, sobald man für den ersteren Fall einen Abacus construirt hat, wie er im Weiteren besprochen werden soll.

Setzt man für  $t g \alpha = \sigma$ , so steht die Gleichheit

$$s = (v^2 - c^2) \frac{\sqrt{1 + \sigma^2}}{2g (\sigma - f)}$$

hieraus ist

$$c^2 = v^2 - \frac{2g (\sigma - f)}{\sqrt{1 + \sigma^2}} \cdot s$$

und wenn man  $c^2 = C$ ,  $v^2 = V$ , ferner  $2g \frac{\sigma - f}{\sqrt{1 + \sigma^2}} = \Sigma$  setzt, wobei also  $\Sigma$  ein Function der Neigung  $\sigma$  ist,

so folgt weiter

$$C = -\Sigma s + V$$

und man entnimmt, dass für ein bestimmtes  $\sigma$ , also constantes  $\Sigma$ ,  $C$  eine lineare Function von  $s$  ist. Denkt man sich nun Fig. 1, Tafel XVII  $s$  als Abscissen,  $C$  als Ordinaten auf ein rechtwinkeliges Coordinatensystem bezogen, so kann man für jedes bestimmte  $\sigma$  eine bestimmte Gerade  $AC$  verzeichnen, welche für dieses  $\sigma$  den Zusammenhang zwischen  $s$  und  $C = c^2$  darstellt. Untersuchen wir die letzte Gleichung weiter, so finden wir, dass sämtliche Gerade durch einen Punkt  $C$  der Ordinatenachse gehen, welcher den Abstand  $V = v^2$  vom Ursprung hat, um daher sämtliche Gerade zu verzeichnen, erübrigt es uns noch ihren Abschnitt auf der Abscissenachse zu kennen, nennt man diese Strecke  $s_0$ , so folgt:

$$s_0 = \frac{V}{\Sigma} = \frac{v^2}{2g} \frac{\sqrt{1 + \sigma^2}}{(\sigma - f)}$$

Nach dieser Gleichheit rechne man sich nun für einen bestimmten Fall die Grössen  $s_0$  und zeichne dann den Strahlenbüschel ein. Hiebei ist zu achten, dass man manche Factoren wie  $\frac{v^2}{2g}$ ,  $\sqrt{1 + \sigma^2}$  ein- für allemal für verschiedene Riesengattungen rechnen kann und bei einer systematisch angelegten Rechnung in der kürzesten Zeit die Werthe von  $s_0$  erhält.

Denkt man sich nun auf der Ordinatenachse die Quadrate der Geschwindigkeiten aufgetragen, an jeder Stelle aber die Geschwindigkeit selbst hingeschrieben, so hat man das Ganze was zum Gebrauch der construirten Tafeln nöthig ist, geboten. Man wird in einem bestimmten Falle mit dem Argumente der Geschwindigkeit in die Ordinatenachse gehen, ist die Zahl selbst nicht dort, so kann sie leicht interpolirt werden, vom erhaltenen Punkt geht man horizontal in diejenige Gerade, welche der bekannten Steigung  $\sigma$  zukommt, und vom so erhaltenen Punkt in der Ordinate senkrecht herunter auf die Abscissenachse, wo man direct  $s$  in Metern ablesen kann.

Da für  $\sigma = f$ ,  $s_0 = \infty$  folgt, erhält man, wie es auch sein muss, für jedes  $c$  eine unendliche Riesenlänge, andererseits kann für  $\sigma = f$  auf der ganzen Riese die Maximalgeschwindigkeit  $v$  beibehalten werden.

In den Fällen wo das  $c$  Argument so gross ist, dass sich die Linien des Strahlenbüschels schon undeutlich trennen, kann man mit einem aliquoten Theil der Geschwindigkeit in die Tabelle gehen, und hat dann bei dem  $n$ -ten Theil von

Annäherung verrichten, und dürften sie nicht wenig dazu beitragen die Anlage der Riesen nach wissenschaftlichen Grundsätzen zu fördern.

$c$  die erhaltene Weglänge  $s'$  mit  $\frac{v^2 - c^2}{v^2 - c^2} \cdot \frac{v^2 - c^2}{n^2}$  zu multipliciren, so dass der fragliche Weg  $s = s' \cdot \frac{v^2 - c^2}{n^2}$  ist.

Da nun in der Praxis auch Fälle vorkommen, wo die von uns als zweckmässig erkannten Maximalgeschwindigkeiten weitaus überschritten werden müssen, so fragt es sich, wie kann man mit Hilfe der gegebenen Tabellen solchen abnormen Fällen gerecht werden? Aus dem Werthe von  $s_0$  entnimmt man, dass derselbe ebenso wie der Abschnitt auf der Ordinatenachse mit dem Quadrate der Maximalgeschwindigkeit wächst, es würden daher für ein und dieselbe Riese bei verschiedener Maximalgeschwindigkeit zwei verschiedene Leitstrahlenbüschel resultiren, deren entsprechende Strahlen (für dasselbe  $\sigma$ ) parallel sind. Denkt man sich nun, was in den meisten Fällen zulässig sein wird, die neue in Rede stehende Maximalgeschwindigkeit als eine Vielfache von der bei der Tabelle vorausgesetzten, so dass Fig. 1

$$UD = n^2 v^2 = n^2 V = n^2 UC$$

und denkt man sich ferner noch die vorgelegte Geschwindigkeit  $w$  als das  $n$ -fache einer idealen Geschwindigkeit  $c$ , welcher aus der Tabelle die Riesenlänge  $s = EF$  zukäme, so folgt für die fragliche Riesenlänge

$$S = GH = n^2 s = n^2 EF,$$

d. h. in allen jenen abnormen Fällen grosser Maximalgeschwindigkeit, stelle man diese als ein  $n$ -faches der Maximalgeschwindigkeit der vorhandenen Tabellen dar, gehe in diese mit dem  $n$ -ten Theil der gegebenen Geschwindigkeit  $w$  als Argument, so gibt die  $n^2$ -fache resultirende Riesenlänge, die der gegebenen Geschwindigkeit für die gegebene Maximalgeschwindigkeit zukommende Länge der Riese. Natürlich wird man, wie schon vorher angezogen wurde, die abnorme Maximalgeschwindigkeit so wählen oder modificiren, dass  $n$  eine für die Rechnung bequeme Zahl wird.

*Es sei hier noch hingewiesen, dass für den Fall, als das Holz mit der Geschwindigkeit  $c = 0$  in das Riesenfach tritt, die einzelnen Strahlen des Büschels auf der Abscissenachse, direct die Riesenlängen abschneiden.*

Um eine graphische Bestimmung des Elevationswinkels  $\varepsilon$  zu ermöglichen sei der in der Tabelle XVIII eingeschlagene Weg hier angeführt.

Setzt man  $\sin 2\varepsilon = y = \frac{g}{c^2} \cdot w \dots (a)$ , welche Gleichung für ein constantes  $c$  zwischen  $y$  und  $w$  linear ist, worin ferner  $y$  stets gleich oder kleiner als die Einheit sein muss, d. h.

$$\frac{g}{c^2} \cdot w \leq 1 \text{ oder } c^2 \geq gw$$

Ist  $w = 0$  so ist  $y = 0$ , weil ja dann auch kein Ausschleudern stattfindet. Ist  $w = 1$  M. so ist

$$c \geq \sqrt{9.81} = 3.1$$

d. h. die Geschwindigkeit, mit welcher das Holz ankommt, muss um ein Auswerfen zu ermöglichen grösser als 3 Meter sein, darum wurde die kleinste Geschwindigkeit mit 3.5 vorausgesetzt. Die für verschiedene Werthe von  $c$  durch Gleichung  $a$  gegebenen Linien gehen alle durch den Ursprung des Coordinatensystems und werden am leichtesten dadurch eingezeichnet, dass man sich für den Werth  $y = 1$  die der Geschwindigkeit  $c$  entsprechende Maximalwurfweite

$$w = \frac{c^2}{g}$$

rechnet und aufträgt.

Geht man mit dem Argumente  $w$  in die Tafel, so gibt die Ordinate der Linie der bekannten Geschwindigkeit  $c$  die Grösse des  $\sin 2\varepsilon$ , den man dann auf der Ordinatenachse ablesen kann. Da es sich jedoch zweckmässig erweisen dürfte, statt dem  $\sin 2\varepsilon$  die  $\tan \varepsilon$  zu kennen, so betrachte man weiter die Gleichheit

$$\tan \varepsilon = \frac{\sin 2\varepsilon}{1 + \cos 2\varepsilon}$$

Construirt man nun Fig. 2 Tafel XVII, mit dem Radius = 1 einen Halbkreis und nimmt einen bestimmten Fall ins Auge, wo  $w = UE$  ist, so folgt  $\sin 2\varepsilon = AE = BC$ , verbindet man ferner  $B$  mit  $D$ , so ist  $UF = \tan \varepsilon$ .

In jedem speciellen Falle ist diese Construction in der Tabelle leicht vorzunehmen, man braucht hiezu nur ein Lineal entsprechend anzulegen, ohne die die Figur störenden Linien zu zeichnen.

*Exempel:* Für eine Eisriesen und Scheitertransport sei  $c = 5$  M.,  $\sigma = 0.8$ , man entnimmt hiefür aus der Tabelle für „Eisriesen und Scheiter“ für das Argument  $c = 5$  die Riesenlänge  $s = 11.2$  M., durch Rechnung folgt  $s = 11.186$ .

*Exempel:* Für die Wurfweite  $w = 7$  M., die Geschwindigkeit  $c = 10$  M., folgt für  $\sin 2\varepsilon$  aus der Tabelle 0.685, durch Rechnung  $\sin 2\varepsilon = 0.6867$ , für  $\tan \varepsilon$  gibt die Tabelle 0.397, die Rechnung 0.398. Die Genauigkeit der Tabellenweite ist trotzdem sich das feuchte Papier nach dem Drucke zusammenzieht, jedenfalls genügend gross.

# Ueber die Riese constanter Fallgeschwindigkeit.

Von

Ingenieur **Friedr. Steiner**,<sup>1)</sup>

Docent am Wiener Polytechnikum, sowie an der Hochschule für Bodencultur.

Die von K. Petraschek gemachten Mittheilungen über das Gefälle der Riesen als Grundlage benützend, möge es gestattet sein, hieran einige Bemerkungen über denselben Stoff zu schliessen.

Während im Interesse rascher Bringung die Aufrechthaltung einer möglichst grossen Geschwindigkeit liegt, fordert die Rücksicht auf thunlichste Schonung des Holzes, dass eine gewisse Grenze derselben nicht überschritten werde.

Es erscheint mithin als rationellste Linie für die Anlage einer Riese jene, auf welcher sich das Holz mit der gestatteten Maximalgeschwindigkeit gleichförmig bewegt.

Ist die Trace eine Gerade, so wird diess erreicht, wenn man der Riese ein Gefälle gibt, das dem Reibungscoefficienten für die Bewegung der abzuriesenden Holzform entspricht.

Die Terrainverhältnisse erlauben in den seltensten Fällen die praktische Durchführung einer solchen Linie und zwingen entweder, abweichend von dem oben ausgesprochenen Principe, Riesen mit wechselndem Gefälle anzulegen oder Bogen einzuschalten.

In der Curve aber bieten sich der Bewegung des Holzes neue Widerstände. Besitzt die Riese in ihr dasselbe Gefälle wie in der Geraden, so wird sich die Geschwindigkeit verringern, diese verminderte Geschwindigkeit wird in die folgende Strecke hinüber genommen, Betriebsstockungen werden wahrscheinlicher, die Bringungsdauer verkürzt sich.

Durch Vermehrung des Gefälles der Riese in der gekrümmten Strecke besitzt man ein Mittel diesem Uebelstande vorzubeugen, und es soll Aufgabe dieser Zeilen sein zu untersuchen, um wie viel das Gefälle einer Riese im Bogen von gegebenem Radius vergrössert werden muss, damit für eine bestimmte Holzform, Riesgattung und Bringungsgeschwindigkeit letztere selbst constant bleibe.

Die Frage findet ihr Analogon in der Ermittlung der Linie constanten Widerstandes für die Bergfahrt bei Eisenbahnen, welche in neuester Zeit mehrfach mit Erfolg zur Anwendung gekommen und in jenen Regeln des Wegebauwes, die eine Verminderung der Steigung in gekrümmten Strecken einer Strasse als rationell bezeichnen, obwohl speciell auf diesem Gebiete ausreichende Versuche fehlen, die eine vollständige Lösung des Problems gestatten.

<sup>1)</sup> Herr Steiner wurde im Sinne des §. 5 unseres Statutes für die Vornahme einzelner Versuche und Untersuchungen gewonnen.

Auch auf dem Felde der Rieswerke ist dies leider der Fall, da unseres Wissens diess-  
bezügliche Versuche nicht vorliegen, es ist daher auch hier eine endgiltige Erledigung der  
Aufgabe nicht möglich und soll dieselbe nur so weit zur Sprache kommen, als sie der  
theoretischen Behandlung zugänglich ist.

Zuvor aber möge noch der Zweifel in Betracht gezogen werden, ob eine derartige Unter-  
suchung nicht überhaupt zwecklos sei, ob man nicht auch hier es dem praktischen Gefühle  
des erfahrenen Holzmeisters überlassen solle, das richtige zu treffen; der ja die Curven

in den seltensten Fällen als  
Kreisbogen ausstecken, son-  
dern lediglich nach dem  
Augenmasse vorgehen wird.

Dieselben Gründe, welche  
eine sorgfältige und richtige  
Fixirung der Serpentin-  
axen im Waldwegebaue, ein  
richtiges Einhalten bestimm-  
ter Gefälle bei Schlittwegen  
und Bringungsanstalten aller  
Art fordern, entscheiden  
auch hier: der Umstand,  
dass, wie auch Petraschek  
bemerkt, nur wenige jenen  
praktischen Blick besitzen,  
der unbewusst das wahre

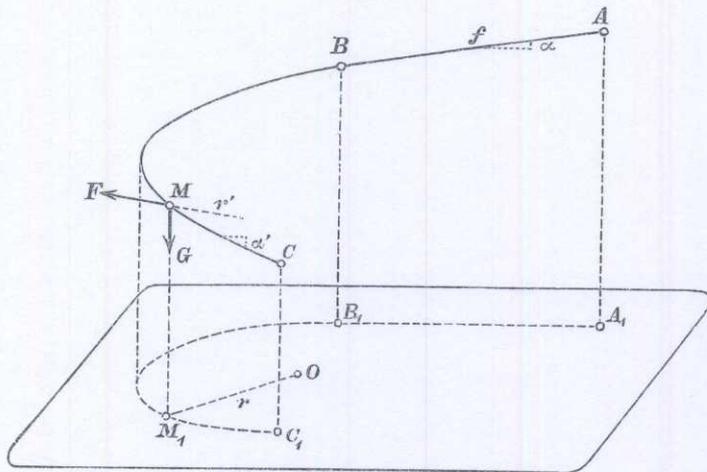


Fig. 1.

trifft, der Umstand ferner, dass jedes derartige Bauwerk um so vollständiger seinem Zwecke  
entspricht, je mehr es auch in theoretischer Hinsicht den Anforderungen nachkommt. Wer kann  
den Einfluss leugnen, den die Uebertragung theoretisch entwickelter Forderungen auf den

Eisenbahnbau genommen, was ist aber eine Riese  
anders als eine Eisenbahn im weiteren Sinne, be-  
trieben von dem billigsten Motor — der Schwere

Eine Hauptursache, dass gewisse Regeln bei  
aller Wichtigkeit so schwer in die Praxis dringen,  
liegt oft in der Complicirtheit der Form, in der  
sie erscheinen.

Es soll daher getrachtet werden, das End-  
resultat möglichst einfach, dem praktischen Be-  
dürfnisse entsprechend zu gestalten.

Beifolgende Figur 1 versinnliche die Trace  
einer Riese:  $AB$  die als Gerade projectirte Strecke

vom Neigungswinkel  $\alpha$  gegen die Horizontale, wobei  $tg \alpha = f$  dem Reibungscoefficienten der  
Bewegung.

Der Theil  $BC$  sei als Curve nach der in der Praxis üblichen Weise so ausgesteckt,  
dass seine Horizontalprojection einen Kreisbogen vom Radius  $r$  bilde.

Man erreicht diess, indem man die bei der Bogenaussteckung in Betracht kommenden  
Maasse stets als horizontale Strecken aufträgt. Die einzelnen Elemente dieses Bogens seien

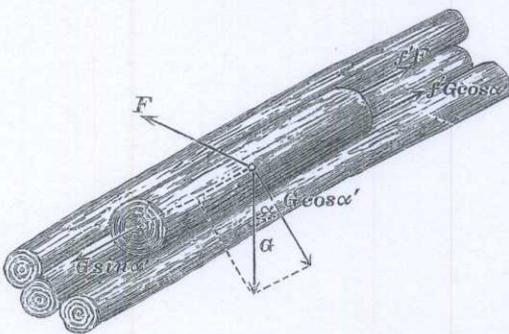


Fig. 2.

unter dem constanten Winkel  $\alpha$  gegen den Horizont geneigt.  $AC$  repräsentirt dann eine gewöhnliche Schraubenlinie.

Auf den innerhalb  $BC$  herabgleitenden Körper wirken das lothrecht nach abwärts ziehende Gewicht  $G$  und die in der Richtung des Krümmungsradius der Bahn nach aussen drängende Centrifugalkraft  $F$ .

$G$  zerlegt sich in zwei Componenten  $G \sin \alpha'$  und  $G \cos \alpha'$ , erstere tritt als bewegende Kraft auf, letztere, der Normaldruck, erzeugt eine der Bewegung entgegenwirkende Reibungscomponente  $f G \cos \alpha'$ . Aber auch die Fliehkraft verursacht einen gleichgerichteten Widerstand  $f F$ .

Soll die Bewegung eine gleichförmige bleiben, so muss die bewegende Kraft  $G \sin \alpha'$  der Summe der Widerstände gleich sein, wir haben

$$1) \quad G \sin \alpha' = f G \cos \alpha' + f F$$

Nun ist aber

$$F = \frac{G v^2}{g r'}$$

wenn  $g$  die Beschleunigung der Schwere,  $r'$  den Krümmungsradius der Bahn im fraglichen Punkte,  $v$  die Geschwindigkeit bezeichnet, mit welcher sich der Körper bewegt.

$r'$  ist bei der Schraubenlinie constant und zwar gilt

$$r' = \frac{r}{\cos^2 \alpha'}$$

Setzen wir noch

$$2) \quad \tan \alpha' = f + \varphi$$

indem wir mit  $\varphi$  jene Grösse bezeichnen, um welche der Reibungscoefficient, respective die Tangente des Reibungswinkels für die Gerade, in der Curve vergrössert werden muss, damit die Bewegung des Holzes in derselben eine gleichförmige bleibe; so erhält man aus 1) nach kurzer Reduction, die Gleichung nach  $\varphi$  geordnet

$$\varphi^4 + 2 f \varphi^3 + (1 + f^2) \varphi^2 = f^2 \cdot \frac{v^4}{g^2 r^2}$$

Die Auflösung der Gleichung würde bei bekannten  $v$ ,  $f$  und  $r$  direct den Werth  $\varphi$  geben. Der Ausdruck ist jedoch für den praktischen Gebrauch viel zu complicirt, wir schlagen daher, um eine Näherungsregel zu gewinnen, folgenden Weg ein und schreiben:

$$\frac{f}{r} = \frac{g \varphi}{v^2} \sqrt{1 + (f + \varphi)^2}$$

Nach Petraschek's Versuchen ist bei der Trockenriese für Dreilinge und harte Scheiter  $f = 0.4$ , setzen wir ausserdem nach seinen Angaben als zulässige Geschwindigkeit  $v = 10$  Meter, so erhält man

für

$$\begin{array}{cccccc} \varphi & = & 0.01 & 0.03 & 0.06 & 0.09 & 0.12 \\ \frac{f}{r} & = & 0.106 \varphi & 0.107 \varphi & 0.108 \varphi & 0.109 \varphi & 0.110 \varphi. \end{array}$$

Trägt man die Werthe von  $\frac{f}{r}$  als Abscissen die zugehörigen Grössen von  $\varphi$  als Ordinaten auf, so sieht man, dass die einzelnen Punkte nahezu in eine Gerade fallen, was übrigens der Umstand, dass die bei  $\varphi$  erscheinenden Coefficienten wenig differiren, sofort erklärt. Setzen wir mit einer für den vorliegenden Zweck vollständig ausreichende Genauigkeit

$$\frac{f}{r} = 0.11 \varphi$$

so haben wir mit Rücksicht auf (2) die kurze Näherungsregel

$$\operatorname{tg} \alpha' = \left( 1 + \frac{9}{r} \right) f$$

Mit Bezug auf die Petraschek'schen Coefficienten lassen sich, in derselben Weise vorgehend, nachstehende einfache Regeln aufstellen:

Ist  $f$  die Tangente des Reibungswinkels für die Bewegung auf gerader Bahn, respective das Gefälle einer geraden Riesstrecke, so vermehre man dasselbe mit Rücksicht auf den durch die Centrifugalkraft erzeugten Widerstand in der Curve für Dreilinge-, harte und weiche Scheiter-Bringung

bei Eis-, Schnee- und Nassriesen um  $\frac{10}{r} \cdot f$ .

bei Trockenriesen . . . . . um  $\frac{9}{r} \cdot f$ .

Hiebei ist eine Maximalgeschwindigkeit von 10 Meter vorausgesetzt. Für eine Geschwindigkeit von  $v$  Meter sind die erhaltenen Werthe noch mit dem Verhältniss  $\frac{v^2}{100}$  zu multipliciren.

Diess gibt für die dem Gefälle in der Curve zuzuschlagende Grösse bei Stämmen und Klötzen unter Voraussetzung einer Maximalgeschwindigkeit von 4 Meter

bei Eis-, Schnee- und Nassriesen  $\frac{1.6}{r} \cdot f$

bei Trockenriesen . . . . .  $\frac{1.4}{r} \cdot f$ .

Ausser dem Widerstande, der durch die vermehrte Reibung erzeugt wird, kommt bei der Bewegung in der Curve noch ein weiterer Factor hinzu, der ebenfalls zu beachten ist. In Praxis tritt nämlich an Stelle der reinen Curve ein aus geraden Stücken gebildetes Polygon. Beim Gleiten des Holzes stösst dieses durch die Centrifugalkraft nach aussen gepresst gegen die einspringenden Winkel und verliert dadurch an angesammelter Arbeit.

Vielleicht setzen sich seinerzeit in Gemeinschaft mit Herrn Petraschek anzustellende Versuche in die Lage auch die Berücksichtigung dieses Einflusses auf die Bewegung in der Riese näher präcisiren zu können.



# Ueber das Fallgesetz der Riese.

Von

Ingenieur **Friedr. Steiner,**

Docent am Wiener Polytechnikum und an der k. k. Hochschule für Bodencultur.

Gelegentlich der Vornahme seiner Versuche über die Riese fand C. Petraschek, wie diess auch in vorstehendem Aufsätze angedeutet ist, dass die berechneten Reibungscoefficienten, abgesehen von den zufälligen Beobachtungsfehlern, differirten; je nachdem sie aus längeren oder kürzeren Wegstrecken berechnet waren, die das Versuchsstück durchheilt hatte. Diess würde unmöglich sein, wäre die Bewegung wirklich eine gleichförmig beschleunigte, wie sie der Ableitung der Formel zu Grunde liegt. Es ist nun, zunächst allerdings nur vom rein theoretischen Standpunkte aus betrachtet, interessant, Untersuchungen über die Ursachen anzustellen, die der beobachteten Erscheinung zu Grunde liegen. Vor allem drängen sich uns zwei Erklärungsgründe auf, der Einfluss des mit wachsender Geschwindigkeit zunehmenden Luftwiderstandes, der auf die Bewegung verzögernd einwirkt und die Variabilität des Reibungscoefficienten, welcher nach Erfahrungen, die man auf anderem Gebiete gewonnen, wahrscheinlich mit wachsender Geschwindigkeit abnimmt, wodurch eine Zunahme der Beschleunigung erzeugt wird.

Ueber das Gesetz der Abhängigkeit des Reibungscoefficienten von der Geschwindigkeit des Bewegten liegen noch wenig Versuche vor. Bochet setzt:

$$1) f_v = \frac{f_0 - f_1}{1 + \frac{v}{u}} + f_1$$

wobei  $f_0$  den Reibungscoefficienten bei unendlich langsamer Geschwindigkeit,  $f_1$  den Werth für sehr schnelle Bewegung  $u$  eine Erfahrungsgrösse  $f_v$  den Reibungscoefficienten bei der Geschwindigkeit  $v$  bezeichnet. Er fand das Gesetz durch seine Versuche, welche bei bedeutendem Drucke auf die sich reibenden Flächen vorgenommen wurden, bestätigt. Ohne die Giltigkeit dieses Ausdruckes auch für die hier vorliegenden Verhältnisse als feststehende Thatsache betrachtet wissen zu wollen, möge er, um einige Anhaltspunkte zu gewinnen, in folgenden Untersuchungen in Rechnung kommen.

Zunächst ergibt sich mit Rücksicht auf die Widerstände der Reibung für die Beschleunigung  $g''$  des fallenden Holzes auf einer geraden Strecke von dem Neigungswinkel  $\alpha$  gegen die Horizontale

$$2) g'' = (\sin \alpha - f_v \cos \alpha) g$$

Setzt man hierin

$$(\sin \alpha - f_1 \cos \alpha) g = g'$$

und berücksichtigt 1) so wird:

$$g'' = \frac{dv}{dt} = \left( 1 - \frac{f_0 - f_1}{\operatorname{tg} \alpha - f_1} \cdot \frac{1}{1 + \frac{v}{u}} \right) g'$$

und wenn man die Variablen sondernd, beiderseits integriert

$$3) \quad v + u \frac{f_0 - f_1}{\operatorname{tg} \alpha - f_1} \operatorname{Ln.} \left( 1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha - f_1}{\operatorname{tg} \alpha - f_0} \cdot \frac{v}{u} \right) = g't$$

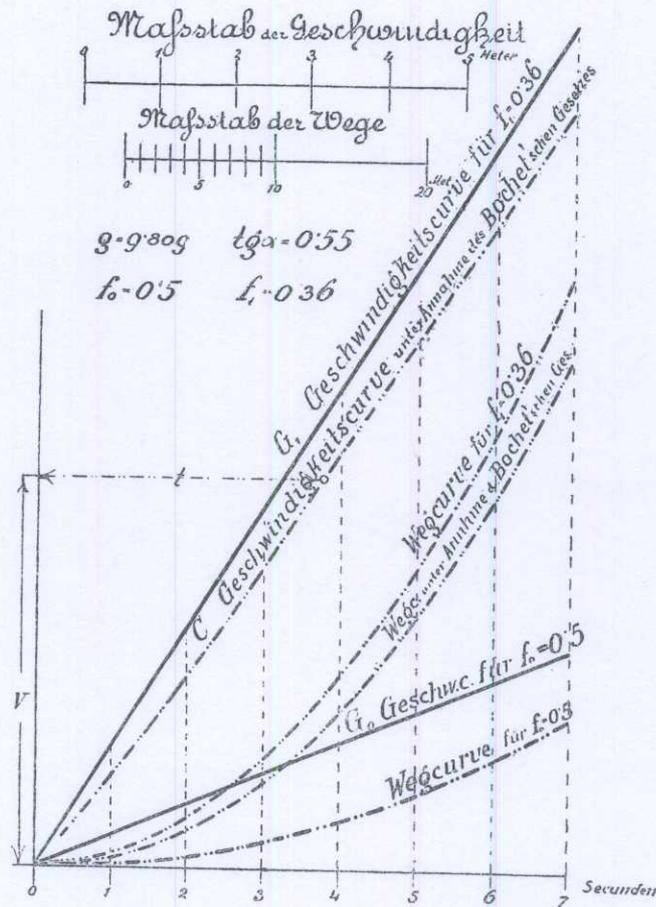


Fig. 1.

Es ist unmöglich  $v$  direct durch eine geschlossene Function von  $t$  auszudrücken, damit stösst aber die Ermittlung des vom Körper in der Zeit  $t$  zurückgelegten Weges auf Schwierigkeiten. Um zu einem Resultate zu gelangen, das für praktische Zwecke vollständig ausreicht, stellen wir die Function

$$t = f(v)$$

graphisch dar, indem wir  $v$  als unabhängig veränderlich betrachten. Fig. 1 zeigt als Beispiel eine für specielle Annahmen gezeichnete Curve  $C$ .

Besonderes Interesse gewährt die Beziehung, in welcher die beiden Geraden

$$\begin{aligned} G_1 \dots v &= g (\sin \alpha - f_1 \cos \alpha) t \\ G_0 \dots v &= g (\sin \alpha - f_0 \cos \alpha) t \end{aligned}$$

zu  $C$  stehen. Die Ordinaten von  $G_1$  geben die den Abscissen als Zeiten entsprechenden Endgeschwindigkeiten unter Annahme eines constanten Reibungscoefficienten  $f_1$ , die von  $G_2$  jene für den unveränderlichen Werth  $f_0$ .

Zunächst bemerkt man, dass die Richtung der Tangente eines Punktes  $(v, t)$  bestimmt ist durch:

$$\frac{dv}{dt} = g (\sin \alpha - f_v \cos \alpha)$$

für  $v = \infty$  wird:

$$\frac{dv}{dt} = g (\sin \alpha - f_1 \cos \alpha)$$

das heisst, die Tangente des unendlich fernen Punktes ist zu  $G_1$  parallel; für  $v = 0$  wird:

$$\frac{dv}{dt} = g (\sin \alpha - f_0 \cos \alpha),$$

was uns besagt, dass  $G_0$  Tangente im Ursprung sei.

Kennt man aber die Geschwindigkeitscurve, so ist es leicht nach den Regeln des graphischen Rechnens die Summencurve zu construiren, deren Ordinate den Inhalt der zwischen der Abscissenaxe der Geschwindigkeitscurve und der Ordinate liegenden Fläche, mithin den Werth des Integrals  $\int_0^t v dt$ , das ist direct den in der Zeit  $t$  zurückgelegten Weg angibt.

In Fig. 1 sind diese Summencurven als strichpunktirte Linien eingezeichnet. Die daselbst versinnlichten Werthe entsprechen der Annahme, dass man es mit einer Riese vom Gefälle  $\operatorname{tg} \alpha = 0.55$  zu thun habe, dass der Reibungscoefficient für sehr rasche Bewegung  $f_1 = 0.36$ , jener für die Ruhe  $f_0 = 0.5$  sei und dass man in der Formel für das Reibungsgesetz übereinstimmend mit Bochet  $\frac{1}{u} = 0.3$  setzen dürfe.

Die Gleichung der Geschwindigkeitscurve wird dann

$$0.612 v + 0.654 \lg (1 + 1.14 v) = t$$

construirt man hiernach die Summencurve, so findet man z. B. für den in der Zeit  $t$  zurückgelegten Weg  $s$

$t =$	0	4	9	Secunden
$s =$	0	10.5	34.5	Meter.

Nehmen wir nun an, man hätte die beiden letzteren Werthe in praxi beobachtet und würde aus beiden nach der einfachen Formel für die Bewegung unter Annahme eines constanten Reibungscoefficienten, wie diess auch von Petraschek geschehen, berechnen, so fände man für

$t =$	4	9	Secunden
$f =$	0.40	0.39	

Man ersieht hieraus, dass der so berechnete Coefficient mit wachsender Zeit abnimmt, was uns ziffermässig die Eingangs gemachte Erörterung erklären könnte.

Der der Bewegung entgegenwirkende Luftdruck ist nahezu gegeben durch

$$\lambda v^2 S$$

wenn  $v$  die Geschwindigkeit des fallenden Körpers,  $S$  den Inhalt seiner bei der Bewegung voraneilenden Stirnfläche,  $\lambda$  einen Erfahrungscoefficienten bezeichnet.

Für Meter und Kilogramm ist nahezu

$$\lambda = 0.122$$

ist  $l$  die Länge des fallenden Holzkörpers,  $\gamma$  sein spezifisches Gewicht, so ist die Masse des Bewegten bei cylindrischer Form

$$\frac{\gamma S l}{g}$$

mithin, die durch den Luftwiderstand erzeugte Beschleunigung  $g'$

$$g' = \frac{\lambda v^2}{\gamma l} \cdot g = x v^2 g$$

wobei  $x$  eine Hilfsgrösse. Und wenn man für lufttrockenes Nadelholz  $\gamma = 453$  Kilogr. pr. Cubikmeter setzt

$$g' = 0.00027 \frac{v^2}{l} \cdot g$$

oder wenn man für nasses Holz  $\gamma = 839$  Kilogr. pr. Cubikmeter einführt

$$g' = 0.000145 \frac{v^2}{l} g$$

Mit Rücksicht auf den Luftwiderstand wird aus Gleichung 2)

$$g'' = (\sin \alpha - f_v \cos \alpha - x v^2) g$$

Fragen wir uns zunächst nach dem Neigungswinkel, für welchen die Fallgeschwindigkeit constant bleibt, so muss  $g'' = 0$  werden und die Auflösung der Gleichung gibt:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_v + x v^2 \sqrt{1 + f_v^2 - x^2 v^4}}{l - x^2 v^4}$$

oder mit Rücksicht auf die Kleinheit des Gliedes  $x v^2$  in den hier praktisch vorkommenden Fällen

$$4) \operatorname{tg} \alpha = f_v + x v^2 \sqrt{1 + f_v^2}$$

für lufttrockenes Holz ist

$$x = \frac{0.00027}{l}$$

Setzen wird ferner  $v = 10$  M. und  $f_v = 0.38$ , so wird für:

Scheitlänge	1	2	3 Meter
$\operatorname{tg} \alpha =$	0.41	0.395	0.39

Man sieht hieraus, dass  $\operatorname{tg} \alpha$  mit zunehmender Länge des bewegten Körpers abnimmt.

Petraschek's Coefficienten, ohne Rücksicht auf den Luftwiderstand entwickelt, schliessen diesen gewissermassen in sich ein, und bestätigen ganz auffallend das eben entwickelte Gesetz, indem der Reibungscoefficient für Stämme stets kleiner als jener für Dreilinge und Scheiter ist, eine Erscheinung deren Ursache mithin wahrscheinlich neben anderem auch dem auftretenden Luftwiderstande zuzuschreiben sein dürfte.

Betrachten wir ferner die Verhältnisse unter der Annahme, dass  $f$  constant sei, so wird für

$$(\sin \alpha - f \cos \alpha) g = g'$$

wenn man ferner

$$\kappa \frac{g}{g'} = \frac{1}{w^2}$$

setzt

$$g'' = \frac{dv}{dt} = g' \left( 1 - \frac{v^2}{w^2} \right)$$

die bekannte ballistische Gleichung. Man erhält

$$5) \quad v = w \frac{e^{\frac{2 g' t}{w}} - 1}{e^{\frac{2 g' t}{w}} + 1}$$

und

$$6) \quad s = \frac{w^2}{2 g'} \operatorname{Ln.} \frac{\left( 1 + e^{\frac{2 g' t}{w}} \right)^2}{4 e^{\frac{2 g' t}{w}}}$$

als Formeln, welche gestatten, direct die Werthe von  $s$  und  $v$  zu berechnen.

Um den Einfluss des Widerstandes an einem Beispiele näher kennen zu lernen, nehmen wir an, dass man es mit einer Eisriesen zu thun habe, die unter  $7^\circ$  gegen den Horizont geneigt ist, es gilt dann nach Petraschek für Dreilinge  $f = 0.10$ . Ausserdem wollen wir  $l = 3$  mithin  $\kappa = 0.00009$  setzen. Die Berechnung liefert für

	$t =$	15	30	45	Secunden
$v$ ohne Rücksicht auf den Luftwiderstand	$=$	3.33	6.65	9.98	Meter
$v$ mit " " " "	$=$	3.27	6.32	8.85	"
$s$ ohne " " " "	$=$	25.0	99.8	224.6	"
$s$ mit " " " "	$=$	24.9	97.1	211.5	"

Man sieht hieraus, dass der Einfluss auf die Länge des zurückgelegten Weges immerhin ein beträchtlicher werden kann.

Nehmen wir wieder an, man habe die durch Rechnung erhaltenen Resultate für den mit Rücksicht auf den Luftwiderstand ermittelten Weg durch Beobachtung erhalten und würde aus diesen Daten unter Annahme eines constanten Reibungscoefficienten den Werth desselben berechnen, so erhielte man für:

$t =$	0	15	30	45	Secunden
$f =$	0.1	0.1000	0.1005	0.1013	

man sieht hieraus, dass  $f$  mit wachsender Zeit zunimmt.

Die Ermittlung der Ausdrücke für  $s$  und  $v$  unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Bochet'schen Gesetzes für die Variabilität des Reibungscoefficienten und des Einflusses, welcher vom Luftwiderstande ausgeübt wird, stösst auf Schwierigkeiten. Das Problem vereinfacht sich bedeutend, wenn man innerhalb der praktisch vorkommenden Grenzen der Veränderlichkeit des Reibungscoefficienten so Rechnung trägt, dass man

$$8) \quad f_r = (1 - \rho v^2) f_0$$

oder aber auch

$$9) \quad f_r = \alpha + b v$$

setzt, und hiebei die Constanten  $\rho$  beziehungsweise  $a$  und  $b$ , so bestimmt, dass die Summe der Quadrate der Unterschiede zwischen den für den gegebenen Fall beobachteten <sup>1)</sup> und berechneten Werthe ein Minimum wird, um hiedurch die wahrscheinlichsten Werthe derselben zu gewinnen.

Unter Annahme von 8 hat man

$$g'' = (\sin \alpha - f_0 \cos \alpha + f_0 \rho v^2 \cos \alpha - \kappa v^2) g$$

Bezeichnet man mit  $\frac{1}{w_1^2}$  den Ausdruck  $f_0 \rho \cos \alpha - \kappa$ , so hat man unter Aufrechterhaltung des Werthes  $g'$  wie früher

$$g'' = \frac{dv}{dt} = g' \left( 1 + \frac{v^2}{w_1^2} \right)$$

und man erhält

$$v = w_1 \operatorname{tg} \frac{g't}{w_1}$$

ferner

$$s = - \frac{w_1^2}{g'} \operatorname{Ln.} \cos \frac{g't}{w_1}$$

Auch unter Annahme 9 ist der Ausdruck direct integrable.

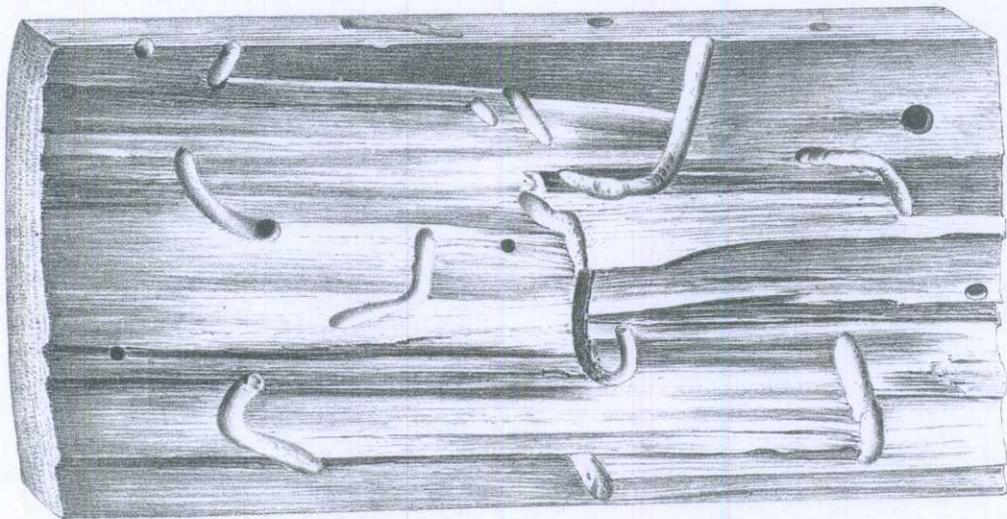
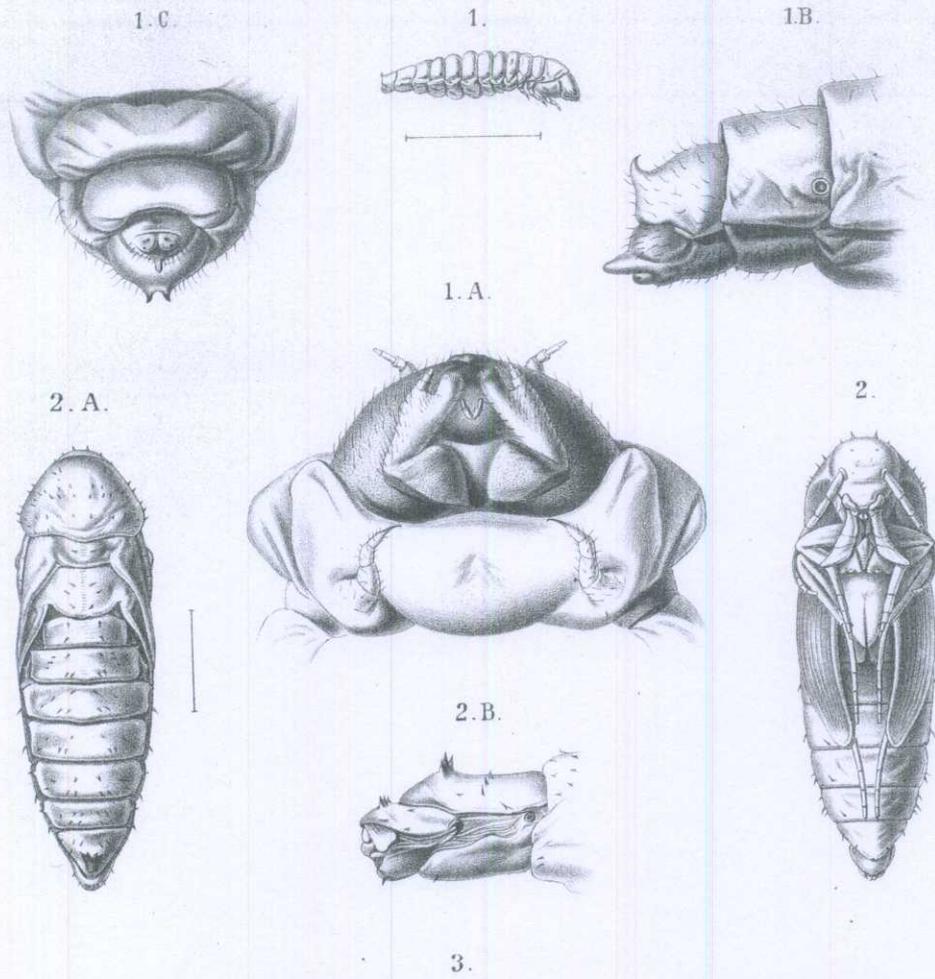
Es liegt uns ferne, die in dem Aufsätze erörterten Formeln für die Anwendung in der Praxis zu empfehlen.

Die unter Annahme eines constanten Coefficienten giltigen Gesetze reichen innerhalb der praktisch vorkommenden Grenzen vollständig aus.

Aufgabe dieser Zeilen war es, gewisse Erscheinungen vom theoretischen Standpunkte aus zu beleuchten und über die Grösse des Einflusses bestimmter Widerstände sich klar zu werden. Sollten sie weitere Anregung zu den von Petraschek versprochenen Versuchen bieten, die gewiss werthvolle Beiträge für die Kenntniss der in den Formeln auftretenden Constanten über das Abhängigkeitsgesetz der Reibung etc. liefern werden, so ist ihr Zweck erfüllt.

---

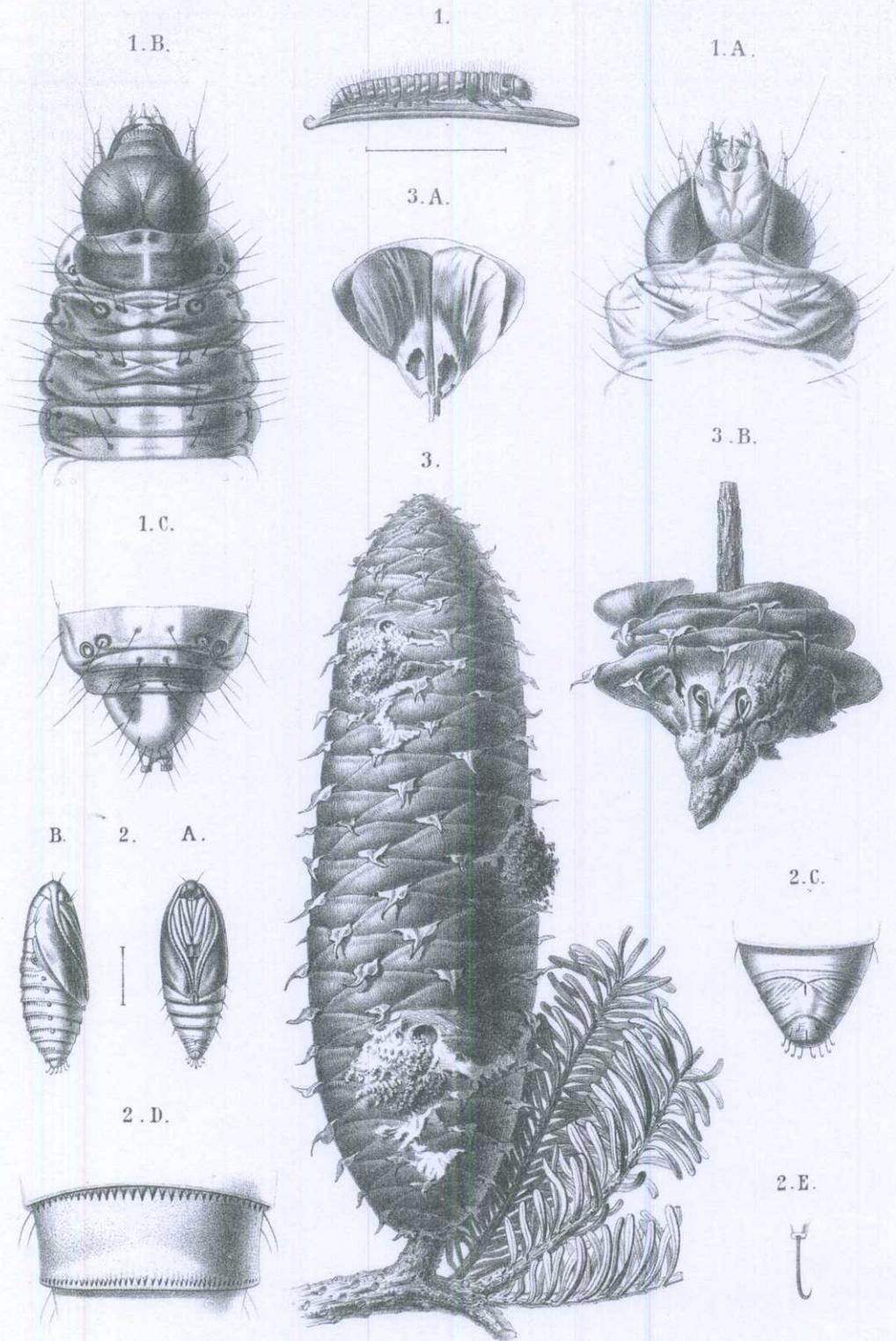
<sup>1)</sup> Derartige Beobachtungen liessen sich vielleicht am besten in der Weise anstellen, dass man Hölzer auf einer horizontalen Riesstrecke mit verschiedenen Geschwindigkeiten führt, die man durch die Drehung einer Welle erzeugt, um die sich das ziehende Seil schlingt, und mittelst eines in der Zugvorrichtung eingeschalteten Dynamometers die aufzuwendende Kraft misst.



F. Wachtl, *Serropaius barbatus* Schall.

gez. u. lith. M. Streicher.

K. k. Hof-Chromolith v. Ant. Hartinger & Saha, Wien.



F. Wachil, *Retinia margaritana* H. S.

gez. u. lith. M. Streicher.

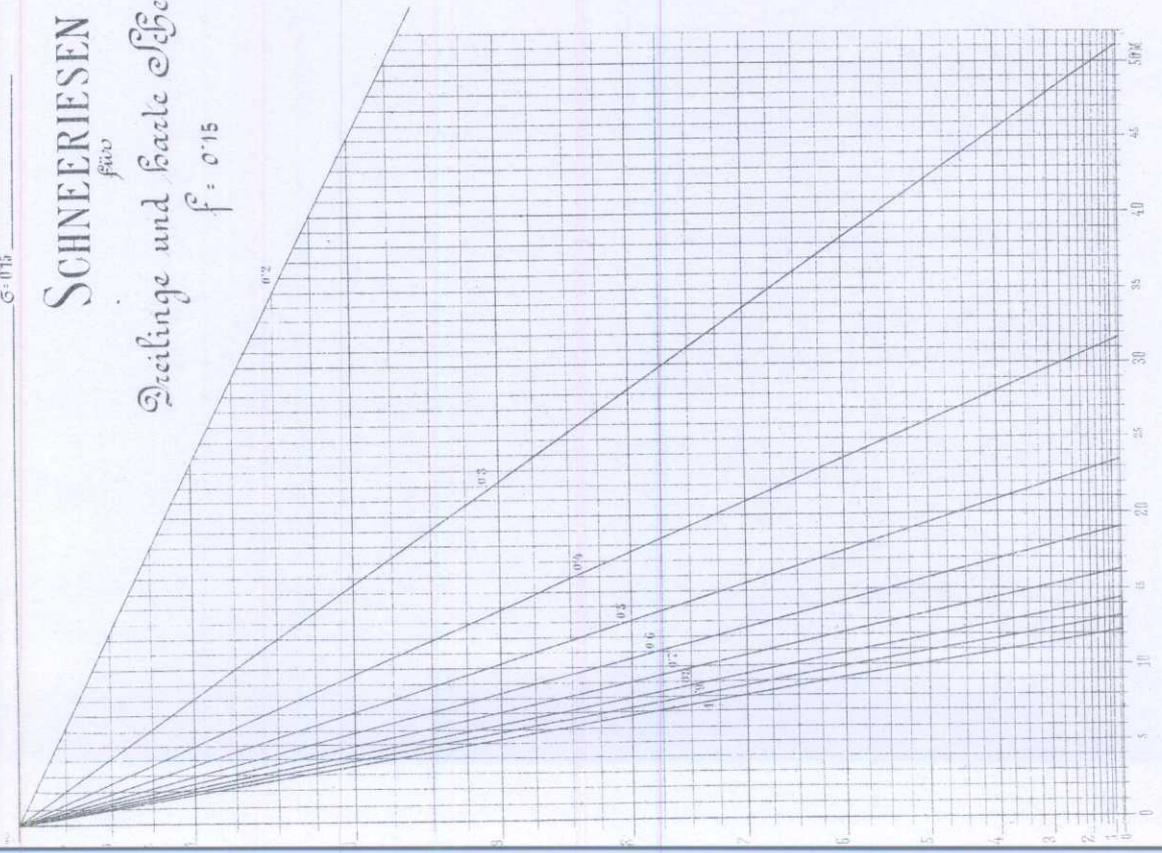
K. k. Hof-Chromolith v. Anst. Hartinger & Sohn, Wien.

G = 0.115

SCHNEERIESEN  
für

Dreilinge und harte Scheiter

f = 0.15

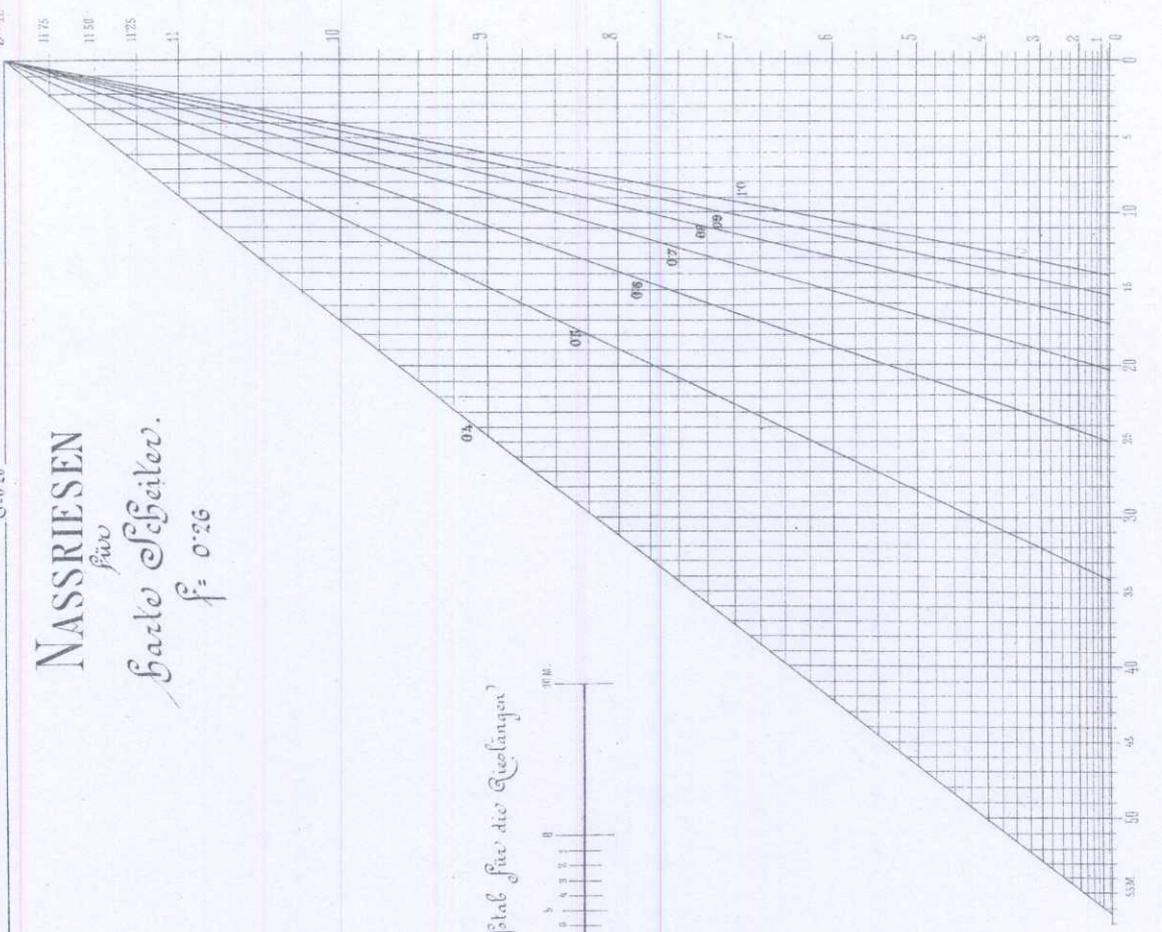


G = 0.26

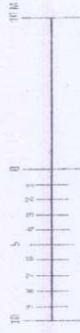
NASSRIESEN  
für

harte Scheiter

f = 0.26



Messstab für die Querlängen



# ABACUS ZUR BESTIMMUNG DER ELEVATIONSWINKEL.

