

3. Das Klima Deutschlands während der seit dem Beginne der Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands verflossenen Zeit.

Von Herrn AUGUST SCHULZ in Halle.

Unter der letzten Vergletscherung versteht das Komitee wohl nicht die letzte der Perioden, in denen in Europa das dauernde Eis einen wesentlich größeren Umfang als gegenwärtig hatte, sondern vielmehr die letzte der fünf — bekannten — Perioden, in denen das nordische Inlandeis bis nach Deutschland herein drang. Die seit dem Höhepunkte dieser Periode verflossene Zeit wird in der Regel, doch ganz unrichtig, als postglaziale Zeit bezeichnet. Ich werde mich im folgenden nicht auf diesen Zeitraum beschränken, sondern auch die ihm vorausgehende Zeit vom Beginne der vorletzten der fünf großen Vergletscherungsperioden ab, d. h. die ganze seit dem Beginne der Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands¹⁾ verflossene Zeit, behandeln²⁾.

Nur über das Klima Deutschlands und seiner Nachbarländer während des allerletzten Abschnittes dieses langen Zeitraumes liegen menschliche Aufzeichnungen vor; das Klima des übrigen Teils läßt sich nur nach den Spuren beurteilen, die es in den gleichzeitigen geognostischen Bildungen dieses Gebietes sowie in der gegenwärtigen Flora und Pflanzendecke und in der gegenwärtigen Fauna und Tierwelt desselben, die sich im Verlaufe dieses Zeitraumes entwickelt haben, hinterlassen hat. Aus den Ergebnissen der stratigraphischen, petrographischen, paläontologischen usw. Untersuchung der geognostischen Bildungen des bezeichneten Gebietes, der Untersuchung der Verbreitung seiner gegenwärtigen Pflanzen und Tiere und ihrer

¹⁾ Mit Ausschluß der deutschen Alpen.

²⁾ Auf eine Kritik fremder Anschauungen lasse ich mich in dieser Abhandlung nicht ein.

Fähigkeiten und Bedürfnisse sowie der Untersuchung seiner heutigen klimatischen, orographischen, hydrographischen usw. Verhältnisse läßt sich schließen, daß das Klima Deutschlands während jener Zeit nicht konstant gewesen ist, sondern Wandlungen durchgemacht hat, wie diese Wandlungen aufeinandergefolgt sind und welchen Charakter sie gehabt haben. Weiter läßt sich über das Klima aber nichts sagen, das lassen diese Untersuchungen deutlich erkennen. Es läßt sich vor allem nicht sagen, ob die erschlossenen klimatischen Perioden wirklich die einzigen während jener Zeit waren, und welche genauen Werte die einzelnen Faktoren ihres Klimas hatten. Und dies wird sich auch niemals sagen lassen. Vollständig ausgeschlossen ist es aber, zu auch nur annähernd richtigen Vorstellungen über die Wandlungen des deutschen Klimas während der seit dem Beginne der Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands verflissenen Zeit zu gelangen, wenn man, wie dies heute fast allgemein geschieht, einseitig nur die Ergebnisse der Untersuchung der geognostischen Bildungen Deutschlands — und seiner Nachbarländer — berücksichtigt¹⁾.

Ich werde nun im folgenden darlegen, was sich über das Klima Deutschlands während dieser Zeit zunächst auf Grund der Spuren, die es in der gegenwärtigen phanerogamen²⁾ Flora und Pflanzendecke Deutschlands hinterlassen hat, dann auf Grund der aus diesem Zeitraume stammenden geognostischen Bildungen Deutschlands und seiner Nachbarländer sagen läßt, und wie sich die Ergebnisse beider Untersuchungen miteinander vereinigen lassen³⁾.

Sehr zahlreiche Arten der indigenen Phanerogamen-Flora Deutschlands lassen sich nach ihrer klimatischen An-

¹⁾ Vergl. betreffs der Methode vorzüglich meine Abhandlung „Über die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke des norddeutschen Tieflandes“, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft Bd. 25 (1907), S. 515 u. f. sowie 536 u. f.

²⁾ Auf die Kryptogamen-Flora Deutschlands sowie seine gegenwärtige Fauna und Tierwelt werde ich nicht eingehen, da deren Entwicklungsgeschichte bisher noch nicht genügend erforscht ist. Das Wenige, was bekannt ist, widerspricht nicht den aus der Untersuchung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands gezogenen Schlüssen.

³⁾ Ich kann hier nur kurz auf die Ergebnisse meiner Studien eingehen; ausführlich habe ich diese Fragen in einer Anzahl Abhandlungen behandelt, deren wichtigste am Schlusse dieses Aufsatzes zusammengestellt sind.

passung in vier Gruppen zusammenfassen. Von diesen Gruppen umfaßt:

die erste die Arten, die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Sommer- und Winterklima kühler ist als das gegenwärtig in den niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands herrschende;

die zweite die Arten, die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Sommermonate trockner und sämtlich oder wenigstens teilweise wärmer, deren Winter trockner und kälter sind als die der niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands;

die dritte die Arten, die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Winter gemäßiger, deren Sommer ebenso warm oder wärmer sind als die der niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands;

die vierte die Arten, die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Sommerklima feuchter und meist auch kühler, deren Winterklima feuchter und gemäßiger ist als das der niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands.

Die übrigen Arten dieser Flora haben eine — zum Teil viel — weitere klimatische Anpassung als die Arten der einzelnen der vier vorstehenden Gruppen; sie können in eine fünfte Gruppe zusammengefaßt werden. Jede der fünf Gruppen zerfällt in mehrere Untergruppen, auf die ich hier aber nicht näher eingehen will.

Man darf wohl annehmen, daß die meisten Arten der deutschen Phanerogamenflora nur an je einer räumlich sehr beschränkten Örtlichkeit entstanden sind und sich ihr heutiges Areal durch Ausbreitung von dieser Örtlichkeit aus erworben haben. Die Ursprungsortlichkeit fast aller Arten liegt wohl außerhalb Deutschlands; fast alle Arten müssen also in Deutschland eingewandert sein. Das deutsche Areal jeder Art hat eine — z. T. große — Anzahl von Lücken. Diese sind teilweise sicher oder wahrscheinlich eine Folge menschlicher Kultureingriffe — also künstlich —, teilweise jedoch zweifellos natürlich. Die natürlichen Lücken zahlreicher Arten können ursprünglich sein, da die betreffenden Arten sich sprungweise ausbreiten können, und sind es, wenigstens teilweise, sicher auch. Bei sehr zahlreichen anderen Arten kann man jedoch höchstens bei einem kleinen Teile der kleinsten Lücken Ursprünglichkeit annehmen, da sich diese Arten fast nur schrittweise auszubreiten vermögen. Sie müssen also ehemals auf dem Raume fast aller ihrer Areallücken gelebt haben

und können erst nachträglich von diesem verschwunden sein. Die nachträglichen natürlichen Lücken der einzelnen Arten sind zwar sehr verschieden groß, lassen sich aber meist ungezwungen in wenige Größen-Gruppen zusammenfassen, die bei der Mehrzahl der Arten derselben Arten-Gruppe wiederkehren. Bei zahlreichen Arten derselben Gruppe decken sich die Lücken derselben Größengruppe entweder mehr oder weniger, oder sie fallen doch in dieselbe Gegend. Hieraus und durch Vergleichung des heutigen Klimas der Gebiete der Lücken der einzelnen Arten mit dem ihrer Wohnstätten läßt sich schließen, daß die Arten aller Gruppen von dem Gebiete ihrer meisten nachträglichen natürlichen Lücken infolge ungünstigen Klimas verschwunden sind, daß bei jeder Artengruppe mehrere Perioden der Bildung nachträglicher natürlicher Lücken aufeinander gefolgt sind, von denen jede folgende viel unbedeutender als die vorausgehende war, und daß auf jede Periode der Lückenbildung eine Periode der Neuausbreitung gefolgt ist, die in ihrer Bedeutung der auf sie folgenden Periode der Lückenbildung ungefähr entspricht. Daraus, daß sich das Areal der einzelnen Arten gegenwärtig nicht natürlich — vielfach allerdings künstlich — verkleinert, darf man schließen, daß das Klima Deutschlands in den Perioden der Lückenbildung für die Arten ungünstiger gewesen ist als in der Gegenwart, und zwar muß es um so ungünstiger gewesen sein, je größer die damals entstandenen Lücken sind. Umgekehrt darf man aus dem Umstande, daß sich die Arten in der Gegenwart in Deutschland — auch wo keine sichtbaren Ausbreitungshindernisse vorhanden sind — meist so gut wie gar nicht ausbreiten, den Schluß ziehen, daß das deutsche Klima in den Perioden der Neuausbreitung günstiger für die Arten als das der Gegenwart gewesen ist. Denn die gegenwärtige geringe Neuausbreitung der Arten ist offenbar eine Folge davon, daß die Arten in den für sie ungünstigen Zeiten genötigt waren, sich so eng wie nur möglich an die Verhältnisse ihrer einzelnen Wohnstätten anzupassen, und sich dabei Eigenschaften erworben haben, die ihre Uebersiedelung nach auch nur ganz unbedeutend abweichenden Örtlichkeiten sehr erschweren oder verhindern. Diese Eigenschaften schwinden offenbar erst unter der Herrschaft eines Klimas, das für die Arten wesentlich günstiger als das der Gegenwart ist. Da nun den Perioden der Neuausbreitung der Arten die klimatisch für sie ungünstigen Perioden der Bildung ihrer nachträglichen natürlichen Areallücken vorausgingen, so muß in den Perioden der Neuausbreitung ein für sie viel günstigeres Klima als in der Jetztzeit geherrscht haben. Aber

nicht nur in den Perioden der Neuausbreitung der Artengruppen in Deutschland, sondern auch in denen ihrer Ansiedlung in Deutschland muß hier ein solches Klima geherrscht haben; denn es müssen, wie sich leicht zeigen läßt, die Artengruppen vor ihrer Einwanderung und Ansiedlung in Deutschland in den Ausgangsgebieten ihrer Einwanderung unter ähnlich ungünstigen Verhältnissen gelebt haben wie in Deutschland in den Zeiten vor den Perioden ihrer Neuausbreitung. Außerdem sprechen aber, wie weiterhin dargelegt werden wird, auch noch andere Gründe für die Annahme, daß sowohl in den Zeiten der Ansiedlung als auch in denen der Neuausbreitung in Deutschland hier ein von dem der Jetztzeit abweichendes, für die Arten günstigeres Klima geherrscht habe. Es läßt sich somit auf Grund der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands behaupten, daß seit dem Beginne ihrer Entwicklung eine Anzahl klimatisch recht bedeutend voneinander abweichender Perioden aufeinander gefolgt sind, und es läßt sich auch im allgemeinen recht deutlich erkennen, in welcher Reihenfolge sie auf einander gefolgt sind, und welchen Charakter ihr Klima hatte. Es läßt sich daraus aber nicht erkennen, ob diese Perioden die einzigen Abschnitte jenes Zeitraumes waren; es können sich vielmehr die Periodenpaare in annähernd gleicher Stärke mehrmals wiederholt haben, und es können zwischen die einzelnen der erkennbaren Perioden kürzere oder unbedeutendere Perioden desselben Charakters oder Perioden indifferenten Charakters eingeschaltet sein, und den letzten erkennbaren Perioden kürzere oder unbedeutendere Perioden desselben Charakters oder Perioden indifferenten Charakters gefolgt sein, ohne daß es sich aus der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands erkennen läßt.

Wir wollen nun die Artengruppen einzeln betrachten und mit der zweiten Gruppe beginnen, da bei ihr die Verhältnisse am einfachsten liegen, weil ihre Arten seit ihrer Ansiedlung in Deutschland hier zwar teilweise ihre Bodenanpassung recht bedeutend, ihre Anpassung an das Klima aber nur unbedeutend geändert haben und sich zu einem großen Teile nur schrittweise ausbreiten können. Die Arten der zweiten Gruppe können sich ebenso wie die Arten der dritten und vierten Gruppe erst nach den Arten der ersten Gruppe in Deutschland angesiedelt haben. Denn in der Zeit der Einwanderung und Ansiedlung der Arten der ersten Gruppe in Deutschland muß hier ein so kaltes Sommerklima geherrscht haben, daß die Existenz jener Gruppen hier unmöglich war. Die Areale der Arten der zweiten Gruppe haben meist drei, seltener vier Gruppen

nachträglicher natürlicher Lücken; sehr große Lücken und zwei oder drei Gruppen viel kleinerer Lücken, die sich nicht immer scharf auseinander halten lassen. Die Ansiedlung der Arten dieser Gruppe in Deutschland muß in eine Periode mit einem Klima fallen, das für sie viel günstiger als das der Jetztzeit war, heißere und trockenere Sommer — und offenbar kältere und trockenere Winter — als dieses hatte. Denn zur Zeit der Ansiedlung der Arten der ersten Gruppe in Deutschland muß in den Ländern, aus denen die Arten der zweiten Gruppe in Deutschland eingewandert sind, Südrußland und Ungarn, ein für diese sehr ungünstiges Klima geherrscht haben, das sie offenbar so ungünstig beeinflußt hat, daß sie sich erst wieder ausbreiten konnten, als hier das Klima für sie erheblich günstiger als in der Gegenwart geworden war. Sie sind in der Periode ihrer Ansiedlung in Deutschland von Ungarn und Südrußland her auf zahlreichen Wegen durch Deutschland (einschl. Böhmens und Mährens) hindurch bis nach Skandinavien, Frankreich und den Westalpen gewandert. Dies wäre nicht möglich gewesen, wenn nicht in diesem ausgedehnten Gebiete in den Gebirgen ein viel wärmeres und trockeneres Sommerklima als heute geherrscht hätte, zahlreiche Niederungen ausgetrocknet gewesen wären, und die Wälder gelichtet und von weiten zusammenhängenden Strichen, die den Charakter von Steppen annahmen, ganz geschwunden gewesen wären. Eine solche Veränderung der natürlichen Verhältnisse Deutschlands konnte aber nur in einer Zeit mit sehr heißen und sehr trockenen Sommern erfolgen. Auf diese Periode — die erste trockene Periode — muß eine Periode, deren Sommer viel kühler und niederschlagsreicher als die der Jetztzeit waren — die erste kühle Periode — gefolgt sein, die das deutsche Areal der Arten der zweiten Gruppe, die sich überhaupt in Deutschland erhielten, sehr verkleinerte. Die folgende Neuausbreitung der Arten dieser Gruppe war sehr unbedeutend im Verhältnis zu ihrer Ausbreitung in der ersten trockenen Periode. Fast nur Arten, die sprungweise wandern, scheinen Wanderungen von mehr als hundert Kilometer Länge ausgeführt zu haben; und nur wenige Arten haben sich damals in Deutschland neu angesiedelt. Dennoch muß das Sommerklima dieser zweiten trockenen Periode wesentlich trockener und heißer als das gegenwärtige gewesen sein. Das Klima Deutschlands in der folgenden zweiten kühlen Periode wich wohl ebenfalls recht bedeutend von dem gegenwärtigen ab, doch längst nicht in dem Maße wie das der ersten kühlen Periode. Denn während die in dieser entstandenen Lücken bis über 500 Kilometer weit sind,

sind in jener wohl selten über fünfzig Kilometer weite Lücken entstanden. Es folgten hierauf noch eine zweite Periode der Neuausbreitung, die noch unbedeutender als die vorige war, und eine entsprechend unbedeutende Periode der Lückenbildung. Hieran schloß sich ein viertes Paar solcher Perioden, das aber nur ganz unbedeutend war und in der Verbreitung zahlreicher Arten gar nicht oder nur sehr undeutlich zum Ausdruck kommt. Weder für die einzelnen Faktoren des Klimas der vier trockenen noch für die des Klimas der vier kühlen Perioden lassen sich bestimmte Werte angeben. Nur soviel läßt sich wohl annehmen, daß in der ersten trockenen Periode das Klima der trockeneren Gegenden Deutschlands dem heute im südwestlichen Rußland herrschenden ähnlich war, sonst hätten in Deutschland sicher nicht so weite steppenartige Landschaften entstehen können, wie sie damals vorhanden gewesen sein müssen. Auch über die absolute Dauer der acht Perioden, von denen jede folgende offenbar viel kürzer als die vorausgehende des gleichen Charakters war, läßt sich nichts sagen.

Nicht so klar wie bei der zweiten Gruppe liegen die Verhältnisse bei den übrigen Gruppen. Bei der vierten Gruppe vor allem deshalb, weil die Mehrzahl ihrer Glieder sich in größeren Sprüngen ausbreiten kann. Im östlicheren Deutschland können sich die Glieder dieser Gruppe wohl erst nach der zweiten trockenen Periode angesiedelt haben. Ihre Ansiedlung in diesem Gebiete fällt offenbar vorzüglich in die zweite kühle Periode, ihre großen Areallücken in diesem Gebiete sind wohl in der dritten trockenen Periode entstanden. Darauf haben die im östlicheren Deutschland lebenden Arten dieser Gruppe hier sich sicher noch einmal, höchstwahrscheinlich aber sogar noch zweimal von neuem ausgebreitet und dazwischen eine nochmalige Verkleinerung ihrer Areale erfahren; doch läßt sich dies nicht ganz deutlich erkennen.

Über die Gesicke der Arten der ersten Gruppe läßt sich deshalb nicht so sicher wie über die der zweiten Gruppe urteilen, weil bei zahlreichen von ihnen nach ihrer Ansiedlung in Deutschland ihre hiesigen Individuen sämtlich oder teilweise eine so bedeutende Änderung ihrer klimatischen Anpassung erfahren haben, daß sie sich darauf vollständig oder fast vollständig wie Glieder einer der anderen Gruppen verhielten. Wie schon gesagt wurde, muß die Ansiedlung dieser Gruppe in Deutschland in eine Periode fallen, wo in Deutschland die Sommertemperaturen viel niedriger waren als gegenwärtig, so niedrig, daß wenigstens strichweise durch ganz Deutschland der Wald schwand, so daß auch solche Glieder der ersten Gruppe,

die sich nur mit großer Mühe oder gar nicht im Walde ansiedeln können, durch ganz Deutschland hindurch wandern konnten. Doch spricht vieles dafür, daß sich die empfindlicheren Arten dieser Gruppe damals in Deutschland nur strichweise ausgebreitet haben. Hierauf folgte eine Zeit großer Lückenbildung, deren Höhepunkt offenbar die erste trockene Periode bildet. Dann haben sich die Glieder, die in dieser Periode keine oder keine allzu bedeutende Änderung ihrer klimatischen Anpassung erfahren hatten, z. T. noch einmal, doch offenbar nur unbedeutend, vorzüglich im höheren Gebirge, ausgebreitet. Dies kann wohl nur in der ersten kühlen Periode erfolgt sein. Später haben sich in den niedrigen Gegenden wohl fast nur solche Glieder von neuem ausgebreitet, die eine recht bedeutende Änderung ihrer klimatischen Anpassung erfahren hatten.

Die Areale der Arten der dritten Gruppe haben offenbar nicht wie die der zweiten Gruppe nur in den kühlen Perioden, sondern vielmehr auch in den trockenen Perioden Lücken erhalten, die sich nicht immer deutlich unterscheiden lassen. Die Ansiedlung dieser Arten in Deutschland kann wohl nicht vor die erste trockene Periode fallen, deren Klima für sie äußerst ungünstig gewesen sein muß. In der Periode ihrer Ansiedlung in Deutschland — der ersten warmen Periode — muß in Deutschland ein sehr warmes Sommerklima und ein sehr warmes Winterklima geherrscht haben. Aus dem Umstande, daß sich manche von ihnen, die wohl nur schrittweise wandern und nicht im Walde oder nur im lichten Walde leben können, damals in Deutschland sehr weite Areale erworben haben, läßt sich auf eine sehr lange Dauer dieser Periode schließen. Die deutschen Areale der Arten dieser Gruppe haben meist sehr große Lücken, die vielfach sehr deutlich den Eindruck von solchen einer Periode mit sehr kühlen Sommern machen. Diese sind im wesentlichen wohl in der ersten kühlen Periode entstanden. In der folgenden zweiten trockenen Periode muß aber in den Strichen Deutschlands, in denen diese Arten heute vorzüglich, z. T. ausschließlich oder fast ausschließlich wachsen, das Klima recht ungünstig für sie gewesen sein, so daß man kaum annehmen kann, daß sie damals dort gelebt haben. Man muß also annehmen, daß auf die erste kühle Periode eine zweite warme Periode gefolgt ist, in der die Arten dieser Gruppe sich in Deutschland von neuem ausgebreitet haben, und wohlauch in Grenzstriche Deutschlands von auswärts eingewandert sind. Diese Periode hatte offenbar ein viel kühleres Klima als die erste warme Periode und war wohl auch von viel geringerer

Dauer als diese. In der zweiten trockenen Periode hat das neu erworbene Areal offenbar eine bedeutende Verkleinerung erfahren. Deutlich läßt sich erkennen, daß hierauf eine nicht sehr bedeutende Neuausbreitung, also eine neue warme Periode, gefolgt ist, und daß in das damals entstandene Areal wieder in einer kühlen Periode Lücken von unbedeutender Größe gerissen worden sind. Diese neue Periode der Lückenbildung kann nur die zweite kühle Periode gewesen sein. Es muß also zwischen die zweite trockene und die zweite kühle Periode noch eine — der zweiten wohl an Wärme und Dauer nachstehende — warme Periode fallen. Nach der zweiten kühlen Periode haben sich die Glieder dieser Gruppe mindestens noch einmal, doch nur unbedeutend, ausgebreitet, und sie haben nach der einzigen oder der ersten Ausbreitung noch einmal eine Verkleinerung ihrer Areale erfahren. Es ist auf die zweite kühle Periode also mindestens noch eine — unbedeutende und kurze — warme Periode gefolgt. Wahrscheinlich fällt diese Periode, oder falls es mehrere warme Perioden waren, eine davon, zwischen die dritte trockene und die dritte kühle Periode.

Die fünfte Gruppe führt zu keinen anderen Annahmen als die vier übrigen Gruppen.

Man kann somit auf Grund der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands als — z. T. sehr — wahrscheinlich hinstellen, daß auf eine kalte Periode eine trockene Periode, darauf eine warme Periode und endlich eine kühle Periode folgten, daß sich hieran eine warme Periode anschloß, der eine trockene, eine warme und eine kühle Periode folgten, daß sich vier Perioden dieses Charakters in der gleichen Folge noch zweimal wiederholten und daß alle Perioden, je weiter sie von der Jetztzeit, die den Charakter einer trockenen Periode hat, entfernt sind, desto mehr klimatisch von dieser abweichen und desto länger waren. Wie die Perioden miteinander verbunden waren, darüber läßt sich aber nichts Bestimmtes sagen. Wahrscheinlich ging der ersten trockenen Periode auch eine warme Periode voraus, die mit der kalten Periode durch eine Zeit mit gemäßigtem Klima verbunden war.

Was läßt sich nun auf Grund der Ergebnisse der Untersuchung der geognostischen Bildungen Deutschlands und seiner Nachbarländer über die Wandlungen des deutschen Klimas während der seit dem Beginne der Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands verflössenen Zeit sagen?

Es läßt sich wohl als sicher ansehen, daß seit dem Ausgange der Pliocänzeit — mindestens — fünfmal ein bedeutender Teil Deutschlands lange Zeit mit dauerndem Eise bedeckt war, das teils von Norden, teils von Süden — aus den Alpen — her vordrang, teils sich in den höheren Mittelgebirgen bildete. Den größten Umfang hatte das Eis in der zweiten und der dritten von diesen Eiszeiten¹⁾. Der Umfang des Eises der vierten Eiszeit war kleiner, der der fünften noch kleiner. In dieser drang das nordische Inlandeis nur bis zur sog. baltischen Endmoräne, das alpine Eis angeblich nur ungefähr südlich von München über den nördlichen Alpenrand hinaus vor. Auch später vergrößerte sich im nördlicheren Europa das Eis noch mehrmals auf längere Zeit²⁾ nicht unwesentlich über seinen heutigen Umfang, doch längst nicht in dem Maße wie in den Eiszeiten. Die fünfte Eiszeit ist die letzte Periode, wo in Deutschland ein solches Klima geherrscht haben kann, wie ich es vorhin für die Zeit der Ansiedlung der ersten Gruppe in Deutschland angenommen habe. Wir wissen auch — durch paläontologische Untersuchung der aus dieser Eiszeit stammenden Ablagerungen —, daß in der Tat damals Arten dieser Gruppe in Deutschland eingewandert und ohne Zweifel zur festen Ansiedlung gelangt sind. Die baltische Endmoräne war während des Höhepunktes dieser Eiszeit im Westen, Süden und Osten wohl von einem breiten Landstreifen begrenzt, in dem außer Gliedern der fünften Gruppe nur solche der ersten Gruppe wuchsen. Ebenso kann es als sicher angesehen werden, daß Arten der ersten Gruppe gleichzeitig von Süden her in das Alpenvorland eingewandert sind. Aber auch das ist kaum zweifelhaft, daß zur Zeit der Maximalausdehnung des Eises der fünften Eiszeit auch zwischen der baltischen Endmoräne und dem Alpenvorlande wenigstens strichweise, im Süden vorzüglich in den Berggegenden, solche Zustände herrschten, daß Arten der ersten Gruppe hier wandern und sich ansiedeln konnten. Denn über dem nordischen Inlandeise lagerte sicher eine sehr bedeutende Antizyklone, von der im Sommer dauernd in südlicher Richtung sehr kalte Luft abfloß, die weithin, strichweise wahrscheinlich bis zu den Alpen und Karpaten, die Baum- und Strauchvegetation sowie die bisherige Krautvegetation vernichtete. Auch das Alpeneis übte sicher eine erkältende Wirkung auf das Klima [des vorliegenden Gebietes,

¹⁾ Vgl. Anm. 2.

²⁾ Ich bezeichne diese Zeiten im Gegensatz zu den fünf Eiszeiten als kühle Perioden.

vorzüglich das seiner höheren Gegenden aus¹⁾). Etwas Genaueres läßt sich über das damalige Klima nicht sagen. Aus der Zusammensetzung der ältesten uns — durch fossile Reste — bekannten Flora, die das Gelände zwischen der baltischen Endmoräne und der Küste nach dem Wegschmelzen des Eises dieser Eiszeit besiedelte, darf man schließen, daß wenigstens damals in diesem Landstriche kein hocharktisches Klima herrschte. Wahrscheinlich hat ein solches selbst während des Höhepunktes dieser Eiszeit auch am Eisrande nicht geherrscht. Die fünfte Eiszeit ist aber nicht die einzige Zeit, in der in Deutschland Glieder der ersten Gruppe eingewandert und zur Ansiedlung gelangt sind; denn eine Art dieser Gruppe, *Angelica pyrenaica* (L.), kann in der fünften Eiszeit nicht aus den Pyrenäen, ihrer Heimat, in die Vogesen eingewandert sein²⁾; dies kann spätestens in der vierten Eiszeit erfolgt sein. Sie ist sicher nicht die einzige Art dieser Gruppe, die sich seit dieser Zeit in Deutschland erhalten hat, doch läßt sich keine andere mit voller Bestimmtheit bezeichnen. Aus dem Vorkommen von *Angelica pyrenaica* in den Vogesen läßt sich schließen, daß das Klima Deutschlands in der Zwischenzeit zwischen der vierten und fünften Eiszeit selbst für empfindlichere Arten dieser Gruppe nicht so ungünstig war, daß diese sämtlich dadurch vernichtet oder in ihrer klimatischen Anpassung so geändert und hierdurch so empfindlich gegen niedere Sommertemperaturen wurden, daß sie in der fünften Eiszeit zugrunde gingen. Diese Erkenntnis erschwert die Beurteilung des Klimas der fünften Eiszeit, da sich ebensogut wie *Angelica pyrenaica* ja auch die übrigen Glieder der ersten Gruppe in Deutschland erhalten haben können. Die Zwischenzeit zwischen der vierten und der fünften Eiszeit hatte wohl eine recht lange Dauer. Es fällt in sie ein Zeitabschnitt, wo selbst in Norddeutschland offenbar ausgedehnte aus Laub- und Nadelbäumen bestehende Wälder vorhanden waren, die auf ein dem heute hier herrschenden Klima ähnliches Klima schließen lassen. Diesem Abschnitte ging wahrscheinlich ein — von der Zeit der Bildung der Ablagerungen der vierten Eiszeit durch eine lange Zeit der Ver-

¹⁾ In weiterer Entfernung vom Eise besserte sich das Klima aber wohl recht schnell. Im Mittelmeergebiete war wahrscheinlich auch während des Höhepunktes dieser Eiszeit das Klima kaum weniger günstig, vielleicht sogar günstiger als heute. Auch in Frankreich blieb damals wohl die Hauptmasse seiner bisherigen phanerogamen Arten erhalten.

²⁾ Vgl. hierzu SCHULZ in der unter Nr. 17 aufgeführten Schrift S. 27.

witterung getrennter — Zeitabschnitt mit heißem, trockenem Sommerklima voraus. Denn es kann keinem Zweifel unterliegen, daß in diesen Zeitabschnitt die Ablagerung des Lösses vom Typus des Lösses der Magdeburger Börde fällt, dessen Ablagerungen auf den verwitterten Ablagerungen der vierten Eiszeit auflagern. Nun läßt sich allerdings nicht mit Bestimmtheit sagen, welchen Charakter das Klima der Zeiten der Bildung der bedeutenden Lößablagerungen hatte. Es läßt sich aber annehmen, daß diese Zeiten nur quantitativ von den auf die fünfte Eiszeit folgenden trockenen Perioden abweichen, gleichsam Verschärfungen derselben darstellen, also ein heißes, trockenes Sommerklima — und wohl ein kaltes, trockenes Winterklima — hatten, und von den Eiszeiten durch Zeiten mit gemäßigerem Klima getrennt waren¹⁾. Wenn das Klima der Zeit der Ablagerung des Lösses vom Typus des Bördelösses wirklich diesen Charakter hatte, so können — dies läßt sich auf Grund der heutigen unbedeutenden Verbreitung der meisten Arten mit dieser klimatischen Anpassung in Deutschland behaupten — die Arten der ersten Gruppe, die sich während dieser Zeit in Deutschland in der ursprünglichen oder in ihr nahestehender Anpassung erhielten, am Schlusse dieser Zeit hier nur eine ganz unbedeutende Verbreitung gehabt haben, meist wohl nur an einer einzigen Örtlichkeit vorgekommen sein. Da nun manche Arten der ersten Gruppe in der ursprünglichen oder ihr nahestehender Anpassung heute in Deutschland an weit auseinanderliegenden Stellen in bedeutender Entfernung von den in der fünften Eiszeit mit Eis bedeckten Gebieten vorkommen, so müßte man also auch bei der Annahme, daß in der fünften Eiszeit keine Art der ersten Gruppe über die damals mit Eis bedeckten Striche und die unmittelbar an sie angrenzenden Landschaften hinaus in Deutschland eingedrungen sei, annehmen, daß in der fünften Eiszeit weite Striche Deutschlands den vorhin beschriebenen klimatischen und landschaftlichen Charakter hatten.

Eine Periode mit demselben klimatischen Charakter wie die Periode der Ablagerung des Lösses vom Typus des Bördelösses, nur offenbar mit noch bedeutend extremerem Klima, die Periode der Ablagerung der Hauptmasse des sog. jüngeren Lösses, ging der vierten Eiszeit voraus. In dieser sind wohl sicher alle vorher in Deutschland eingewanderten Arten der ersten Gruppe wieder aus Deutschland verschwunden, so daß

¹⁾ Vgl. hierzu auch WÜST: Centralblatt f. Min. usw. 1908, S. 197 u. f., 1909, S. 23 u. f. und 385 u. f.

also in die vierte Eiszeit der Beginn der Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands fällt.

Während der Herrschaft eines Klimas, wie es der Zeit der Ablagerung des Bördelösses zugeschrieben wurde, müssen in Deutschland zahlreiche Glieder der zweiten Gruppe und andere Phanerogamen mit derselben klimatischen Anpassung eingewandert sein. In der fünften Eiszeit muß für diese Gewächse aber das Klima Deutschlands so ungünstig gewesen sein, daß sie sämtlich wieder aus Deutschland verschwanden. Die Ansiedlung der Arten der zweiten Gruppe in Deutschland kann also erst in die auf die fünfte Eiszeit folgende Zeit fallen. Wie ich dargelegt habe, muß diese Ansiedlung fast ganz in einer Zeit mit sehr trockenen, heißen Sommern stattgefunden haben, und müssen auf diese Zeit noch drei unbedeutendere Perioden von demselben klimatischen Charakter gefolgt sein, deren erste die heißeste und längste, deren letzte die am wenigsten heiße und die kürzeste war.

Gibt es nun auch geognostische Tatsachen, die für das Vorhandensein dieser vier Perioden sprechen? In der Tat ist es in jüngster Zeit K. OLBRICHT geglückt, nachzuweisen¹⁾, daß das Ilmenautal in der Lüneburger Heide nach der fünften Eiszeit viermal mit Sanden verschüttet wurde, und daß diese Verschüttung nur in vier trockenen, vegetationsarmen Zeiten erfolgt sein kann, die sich in bezug auf Länge und Intensität proportional den Massen der aufgeschütteten Sande, also wie 9 : 5 — 6 : 3 — 4 : 1 — 2 verhalten haben müssen. Jeder dieser vier trockenen Zeiten folgte eine niederschlagsreiche Zeit, in der sich der Fluß in die Sande einschnitt. Es ist m. E. sehr wahrscheinlich, daß die vier von OLBRICHT nachgewiesenen trockenen Perioden, in deren erster in Norddeutschland offenbar Ablagerung lößartiger Massen stattfand²⁾, mit meinen vier

¹⁾ Vgl. OLBRICHT: Centralbl. f. Min. usw. 1909, S. 599 u. f., sowie Grundlinien einer Landeskunde der Lüneburger Heide, Forschungen z. deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. 18, Heft 6 (1909), S. 96 u. f.

²⁾ Vgl. OLBRICHT, a. a. O. Löß und lößartige Massen haben sich damals zweifellos auch anderwärts in Deutschland abgelagert, doch sind solche Ablagerungen mit Sicherheit noch nicht nachgewiesen worden. Im Alpengebiete ist an mehreren Stellen aus der Zeit nach der fünften Eiszeit stammender Löß und lößartiger Sand bekannt geworden, der offenbar in verschiedenen Zeiten z. T. erst nach der Daunzeit, zur Ablagerung gelangt ist. Es läßt sich also auch hieraus auf das Vorhandensein mehrerer trockener Perioden schließen.

trockenen Perioden identisch sind, und daß meine vier kühlen Perioden in die Zeiten fallen, in denen sich die Ilmenau in die Sandaufschüttungen der trockenen Perioden einschneidet. Für das Vorhandensein mehrerer trockener Perioden nach dem Ausgange der fünften Eiszeit spricht auch der Bau der norddeutschen Hochmoore. Die älteren der nach der fünften Eiszeit gebildeten norddeutschen Hochmoore enthalten sichere Spuren, daß ihre Entwicklung einmal längere Zeit — in der Zeit des sog. Grenzhorizontes zwischen dem älteren und dem jüngeren Sphagnetumtorfe — unterbrochen wurde. Es kann diese Unterbrechung wohl nur in meine dritte trockene Periode fallen. Fiele sie in die zweite oder schon in die erste trockene Periode, so müßten wir in dem auf dem Grenzhorizonte liegenden jüngeren Sphagnetumtorfe deutliche Spuren der folgenden dritten oder zweiten und dritten trockenen Periode finden; denn diese Perioden waren sicher so trocken, daß sie die damaligen Hochmoore stark beeinflußt haben. Dies ist aber nicht der Fall; es finden sich vielmehr im jüngeren Sphagnetumtorfe nur undeutliche Spuren trockener Zeiten, die wohl aus der vierten trockenen Periode und aus noch späteren, ganz unbedeutenden trockenen Zeiten stammen. Da nun der unter dem Grenzhorizonte liegende ältere Sphagnetumtorf keine Spuren der vorausgehenden ersten und zweiten trockenen Periode enthält, so muß man annehmen, daß diese Perioden so trocken waren, daß in ihnen der vorher — seit der fünften Eiszeit — gebildete Sphagnetumtorf — vielleicht mit vereinzelten Ausnahmen, die sich nicht erkennen lassen oder noch nicht erkannt sind — zerstört wurde, daß also der ältere Sphagnetumtorf vollständig aus der Zeit nach der zweiten trockenen Periode stammt¹⁾.

Auf das Vorhandensein mehrerer Perioden mit kühlem Sommerklima in der seit der fünften Eiszeit verflossenen Zeit läßt sich außer aus den Beobachtungen von OLBRICHT auch aus den Untersuchungen von PENCK und BRÜCKNER in den Alpen schließen, die ergeben haben, daß sich nach dem Ausgange der fünften Eiszeit, d. h. nach dem Rückzuge des von diesen Forschern Bühlvorstoß genannten Gletschervorstoßes, die Alpengletscher noch zweimal bedeutend über ihren heutigen Umfang

¹⁾ Daß die Baumstubbenschichten der skandinavischen Moore, wenigstens teilweise, für das Vorhandensein trockener Perioden in der seit der fünften Eiszeit verflossenen Zeit sprechen, scheint mir nicht sicher zu sein. Ich will hier darauf ebenso wie auf die skandinavischen Tuffablagerungen nicht weiter eingehen.

vergrößert haben. PENCK und BRÜCKNER nehmen auf Grund von Beobachtungen an, daß sich vor dem Beginne des zweiten, unbedeutenderen von diesen Gletschervorstößen, des Daunvorstoßes, die Gletscher unter ihren heutigen Umfang verkleinert hätten, leugnen aber, daß auch vor dem ersten Vorstoße, dem Gschnitzvorstoße, ein so weiter Rückzug der Gletscher stattgefunden hätte. Sie haben aber keine stichhaltigen Gründe für letztere Behauptung beigebracht, und es liegt deshalb kein Hindernis für die Annahme vor, daß die Zeit des Gschnitzvorstoßes, auf deren Höhepunkte die Schneegrenze in den Alpen 600—800 m tiefer als in der Gegenwart lag, mit meiner ersten kühlen Periode, die ein recht kühles Sommerklima gehabt haben muß, die Zeit des Daunvorstoßes mit meiner zweiten kühlen Periode identisch ist. Außerdem scheinen in den Alpen aber auch noch deutliche Spuren eines dritten, dem zweiten an Größe nachstehenden Gletschervorstoßes vorhanden zu sein, was PENCK und BRÜCKNER allerdings, aber, wie mir scheint, ebenfalls ohne stichhaltige Gründe leugnen. Die Spuren der unbedeutenden vierten kühlen Periode können in den Alpen sehr wohl bis jetzt übersehen worden sein. Sonst scheinen Spuren, aus denen man bestimmt auf das Vorhandensein wenigstens einer kühlen Periode nach der fünften Eiszeit schließen kann, nur im Ostseegebiete vorhanden zu sein. Bekanntlich wurde die Ostsee, nachdem sie in der fünften Eiszeit sowohl mit der Nordsee als auch mit dem Weißen Meere in offener Verbindung gestanden hatte, später durch Hebung der Gegend der Verbindungsstraßen in einen großen Binnensee verwandelt, der im Laufe der Zeit bis auf eine Anzahl größerer und kleinerer Seen austrocknete. Dann senkte sich das Ostseegebiet von neuem; der Binnensee, der sich wahrscheinlich wieder ungefähr bis zum Umfange der heutigen Ostsee vergrößert hatte, trat wieder mit dem Ozean in Verbindung, und die neu entstandene Ostsee — die sog. Litorinasee — überschritt gleichzeitig weit ihre heutigen Ufer. In dieser Zeit, in der sich auch die Westküste der skandinavischen Halbinsel bedeutend senkte, muß nicht nur in Skandinavien, sondern auch in Deutschland ein niederschlagsreiches, verhältnismäßig kühles Sommerklima geherrscht haben. Da die Yoldiasenkung — oder, falls es mehrere Senkungen dieser Art gibt, die letzte von ihnen — mit der fünften Eiszeit zeitlich zusammenfällt, so liegt die Annahme nahe, daß die Litorinasenkung mit einem der späteren Vorstöße der Alpengletscher zeitlich zusammenfällt, also in eine meiner kühlen Perioden fällt. Und da sie die einzige Senkung Skandinaviens nach der — letzten — Yoldiasenkung zu sein

scheint¹⁾, so liegt es nahe, weiter anzunehmen, daß sie zeitlich mit dem bedeutendsten dieser Vorstöße, dem Gschnitzvorstoße, der während meiner ersten kühlen Periode stattfand, zusammenfällt. Offenbar ist dies auch wirklich der Fall. Und offenbar fällt die dem Maximum der Litorinasenkung direkt vorausgehende Zeit, in der in Skandinavien eine Anzahl Laubbäume und Sträucher viel weiter als gegenwärtig nach Norden verbreitet waren²⁾, oder wenigstens deren erster Teil³⁾ bis zum Beginne der Senkung, in dem wohl hauptsächlich die weite Ausbreitung dieser Holzgewächse nach Norden stattfand, mit meiner ersten warmen Periode zusammen. Über das Klima der Zwischenzeit zwischen der fünften Eiszeit und dieser warmen Periode und ebenso über das der seit dem Beginne der Litorinahebung verfloßenen Zeit läßt sich auf Grund der skandinavischen geognostischen Bildungen etwas Bestimmtes nicht sagen, doch weist wohl der Wechsel der Molluskenfauna der aus der Zeit nach dem Beginne der Litorinahebung stammenden südnorwegischen Strandterrassen darauf hin, daß das Klima Skandinaviens seit dem Beginne dieser Hebung mehrfache nicht unwesentliche Wandlungen durchgemacht hat.

Das ist das Wenige, was sich auf Grund der Ergebnisse der Untersuchung der aus der seit dem Beginne der Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands verfloßenen Zeit herstammenden geognostischen Bildungen Deutschlands und seiner Nachbarländer über das Klima Deutschlands während dieser Zeit aussagen läßt. Es widerspricht in keiner Weise den Annahmen, zu denen die Ergebnisse der Untersuchung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands geführt haben, und ergänzt sie nur unbedeutend. Ebensowenig wie diese Untersuchungen ermöglicht es die Untersuchung der geognostischen Bildungen, bestimmte Werte für die einzelnen klimatischen Faktoren der verschiedenen Abschnitte des behandelten Zeitraumes anzugeben.

¹⁾ Wahrscheinlich werden aber weitere Untersuchungen noch spätere — unbedeutendere — Hebungen und Senkungen Skandinaviens kennen lehren.

²⁾ Ein Teil der Reste dieser Holzgewächse ist aber wahrscheinlich älter und stammt aus der der ersten trockenen Periode vorausgehenden warmen Periode.

³⁾ Dies ist wohl auch die Zeit, in der in den skandinavischen und deutschen Gebirgen die Baumgrenze viel höher als heute lag.

Literaturverzeichnis.

1. Grundzüge einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt Mitteleuropas seit dem Ausgange der Tertiärzeit. Jena 1894.
2. Entwicklungsgeschichte der phanerogamen Pflanzendecke des Saalebezirkes. Halle 1898.
3. Entwicklungsgeschichte der phanerogamen Pflanzendecke Mitteleuropas nördlich der Alpen. Stuttgart 1899.
4. Über die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke der skandinavischen Halbinsel und der benachbarten schwedischen und norwegischen Inseln. Abhandlungen d. Naturf. Gesellschaft zu Halle, Bd. 22, 1900.
5. Die Verbreitung der halophilen Phanerogamen in Mitteleuropa nördlich der Alpen. Stuttgart 1901.
6. Studien über die phanerogame Flora und Pflanzendecke des Saalebezirks I. Halle 1902.
7. Über die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Mitteldeutschlands I—IV. Berichte d. Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. 20 und 24, 1902 und 1906.
8. Die Verbreitung der halophilen Phanerogamen im Saalebezirke und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Dauer des ununterbrochenen Bestehens der Mansfelder Seen. Zeitschrift f. Naturwissenschaften, Bd. 74, 1902.
9. Die halophilen Phanerogamen Mitteldeutschlands. Ebendasselbst, Bd. 75, 1903.
10. Die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke der Schwäbischen Alb. ENGLERS Botanische Jahrbücher Bd. 32, 1903.
11. Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke der Schweiz. Beihefte z. Botanischen Centralblatt, Bd. 17, 1904.
12. Die Wandlungen des Klimas, der Flora, der Fauna und der Bevölkerung der Alpen und ihrer Umgebung vom Beginne der letzten Eiszeit bis zur jüngeren Steinzeit. Zeitschrift f. Naturwissenschaften, Bd. 77, 1904.
13. Das Schicksal der Alpen-Vergletscherung nach dem Höhepunkte der letzten Eiszeit. Centralbl. f. Min. 1904.
14. Über BRIQUETS xerothermische Periode I—III. Berichte d. Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. 22, 25 und 26a, 1904, 1907 und 1908.
15. Über die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Schwedens. Ebendasselbst, Bd. 22, 1904.
16. Über einige Probleme der Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Süddeutschlands. Beihefte z. Botanischen Centralblatt, Bd. 20, Abt. II, 1906.
17. Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke der Oberrheinischen Tiefebene und ihrer Umgebung. Stuttgart 1906.
18. Studien über die phanerogame Flora und Pflanzendecke Deutschlands I. Zeitschrift f. Naturwissenschaften, Bd. 78, 1906.
19. Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke des norddeutschen Tieflandes I und II. Berichte d. Deutsch. Botanischen Gesellschaft, Bd. 25, 1907.
20. Über die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Skandinaviens. Ebendasselbst, Bd. 26a, 1908.

21. Die Entwicklungsgeschichte der rezenten Moore Norddeutschlands
Zeitschrift f. Naturwissenschaften, Bd. 80, 1908.
 22. Die Entwicklung der Flora des mitteldeutschen Gebirgs- und
Hügellandes. Ebendasselbst, Bd. 80, 1908.
 23. Die Verbreitung und Geschichte einiger phanerogamen Arten in
Deutschland, haupts. in Mitteldeutschland, sowie der Verlauf der
Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzen-
decke Deutschlands im allgemeinen. Ebendasselbst, Bd. 81, 1909.
 24. Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und
Pflanzendecke Mitteleuropas (1910).
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: [62](#)

Autor(en)/Author(s):

Artikel/Article: [3. Das Klima Deutschlands während der seit dem Beginne der Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands verflossenen Zeit. 99-116](#)