Verhältnis der Baumgrenze zur Lufttemperatur. Der Baumwuchs ist von vielen Teilen der Erdoberfläche durch das Klima ausgeschlossen, sei es durch zu niedrige Temperatur, sei es durch Trockenheit. Er hat eine Kälte- und eine Trockengrenze; beide können durch Kultur und durch Bodenbedingungen bis zu einem gewissen Grade überwunden werden, direkt durch Bewässerung, Verringerung der Verdunstung und allerlei Kälteschutz, indirekt durch Schutz vor der Konkurrenz anderer, dem Klima besser angepaßter Gewächse. Bei beiden Grenzen spielt auch der Schutz vor Wind eine Rolle; das „Erfrieren" ist bald durch Ausstrahlung in ruhender Luft, bald durch Austrocknung bei mangelnder Wurzeltätigkeit und Wind bedingt. Überall spielt auch die Dauer der „Vegetationszeit", d. h. der Zeit, wo der Pflanze genügend Wärme und Wasser zur Verfügung steht, eine große Rolle. Wir wollen uns hier nur mit der Kältegrenze, der horizontalen sowie der vertikalen beschäftigen.

[1]) Typus eines Wärmegewitters.

Die inneren Vorgänge in der Pflanze und ihre Beeinflussung durch die Wärme sind so kompliziert, daß wir nicht erwarten dürfen, ihre Gesamtwirkung durch eine einfache meteorologische Größe genau ausdrücken zu können, um so weniger als wir weder über Bodentemperatur noch Strahlung, geschweige denn über die Temperatur der Pflanze genügend unterrichtet sind. Der Zusammenhang zwischen den meteorologischen Größen ist aber groß genug, um uns zu berechtigen, nach solchen Werten in den jetzt so reichlich vorhandenen Angaben über die Lufttemperatur zu suchen, denen die Phasen des Pflanzenlebens und die Verbreitung bestimmter systematischer oder biologischer Pflanzengruppen parallel gehen.

Das hervorstechendste Beispiel eines solchen Parallelismus ist das annähernde Zusammenfallen der Baumgrenze mit der 10°-Isotherme des wärmsten Monats. Die einzelnen Baumarten haben zwar sehr verschiedene Wärmeansprüche und hängen von Temperaturmitteln und -extremen verschiedener Monate ab; aber allerwärts findet sich eine Baumart, die ungefähr bis zu dieser Isothermfläche von 10° vordringt und die Baumgrenze bildet.

Da es nur wenige mehrjährige Temperaturbeobachtungsreihen aus unmittelbarer Nähe der Baumgrenze gibt, sind wir auf Reduktionen angewiesen, und diese sind, namentlich wegen der Ungewißheit über die Temperaturabnahme mit der Höhe, mehr oder weniger unsicher. Jedoch, wo es sich nur um wenige hundert Meter handelt, fällt diese Unsicherheit nicht schwer ins Gewicht. In den folgenden Beispielen wollen wir, da es sich um Sommertemperaturen handelt, $^2/_3{}^0$ pro 100 m oder 150 m für 1° nehmen, und wollen nur Fälle betrachten, wo das Monatsmittel um mehr als 1° von 10° abweicht, also unter 9° oder über 11° liegt.

Weil in mittleren und hohen Breiten die mittlere Lufttemperatur im wärmsten Monat allgemein auf dem Lande höher ist als auf dem Wasser, so steigt entsprechend dem Gesagten auch die obere Baumgrenze landeinwärts in die Höhe und liegt sie in ozeanischen Klimaten niedriger, als auf gleicher Breite in kontinentalen. Es fragt sich nur, ob dabei beide Linien zusammen bleiben oder nicht.

Ein Hinausgehen der Baumgrenze über die Isotherme 9° ist bisher nur an zwei Stellen völlig verschiedenener Natur sichergestellt: in den Zentralalpen und am Kap Horn. Vom Rigi und Säntis bis zum Oberengadin steigt die Baumgrenze um 550 m (von 1745 auf 2300 m), die Juliisotherme von 10° dagegen nur um 230 m (von 1760 auf 1990 m). Nach Hanns Klimatologie hat Rigi—Kulm in 1785 m Höhe 9.9°, Sils—Maria in 1810 m 11.2°. An der Baumgrenze ist also beim ersteren das Julimittel 10.0°, beim letzteren 8.0°. Nach den südlichen Voralpen fällt die Baumgrenze wieder um 350 m ab, obwohl die Isothermfläche 10° weiter bis 2150 m über Monte Generoso steigt (Bernina 2040, Simplon 2020 m), wonach die Julitemperatur an ihr sich für Südtessin auf 11.3° berechnet. Die Zentralalpen haben weniger Bewölkung, Niederschläge und Wind als die Voralpen und stärkere Strahlung, infolgedessen kältere Winter und Nächte, wärmere Sommer und Mittage — also einen mehr kontinentalen Charakter. Der Züricher Privatdozent Dr. Brockmann-Jerosch glaubt nun [1]) diesen Befund dahin verallgemeinern zu können, daß überhaupt kein bestimmtes Verhältnis der Baumgrenze zur Temperatur des wärmsten Monats bestehe, sondern die letztere allgemein bei kontinentalem „Klimacharakter" niedriger liege als bei ozeanischem.

Das zweite Beispiel einer so hochgehenden Baumgrenze widerlegt aber diese Ansicht, denn es findet sich im feuchten, stürmischen, sehr limitierten und durchaus ozeanischen Klima der Inseln am Kap Horn. Am Beaglekanal gehen die Bäume bis zur Höhe von 600 m, am Ponsonbysund und sogar auf der Hermiteinsel bis 450 m über Meer, die mittlere Temperatur an der Baumgrenze ist also hier 4° und 3° niedriger anzunehmen als am Meeresspiegel. An diesem aber beträgt schon die Temperatur des wärmsten Monats nach mehrjährigen Beobachtungen zweier Stationen im Beaglekanal nur 11°, auf der stark bewaldeten [2]) Stateninsel nach neunjährigen Beobachtungen 9° und ebenso an der Orangebai nach freilich nur einjährigen. An der Baumgrenze muß sie also hier nur 6 bis 7° betragen.

---

[1]) H. Brockmann-Jerosch, Einfluß des Klimacharakters auf die Grenzen der Pflanzenareale. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, 27. Jan. 1913. Derselbe, Einfluß des Klimacharakters auf die Verbreitung der Pflanzen und Pflanzengesellschaften. Englers Botan. Jahrb. Bd. 49, Beibl. 109, 1913. Derselbe, Baumgrenze und Klimacharakter. Zürich, Rascher & Co., 1919. 255 S., 4 Taf. u. 1 farb. Karte. Preis 8 fr. — [2]) Vgl. Hann, Klimatologie III, S. 578.

Die Führung der 10°-Isotherme im Atlas der Meteorologie von Hann entspricht auch den neueren Beobachtungen gut.

Vergleichen wir damit das Prototyp kontinentalen Klimas, Sibirien, so finden wir freilich an zwei Stellen der Baumgrenze, bei Tolstoj Noss am Jenissej und Tas Ary an der Wurzel des Lenadeltas, die Julitemperatur nach Hanns Atlas zu nur 9° und sogar 7°; aber erstere Angabe beruht nur auf einem Jahrgange, letztere auf zweijährigen, aber in dem schon stark abweichenden Klima der Küste gewonnenen Beobachtungen. Dagegen ergibt sich für den Ural, dessen Mitteltemperaturen wir durch langjährige Beobachtungen kennen, für die Baumgrenze (nach Grisebach 763 m in 61°, 1300 m in 54° NBr.) 11 bis 12°. Das Mittel der sechs bis sieben Temperaturbestimmungen von der Baumgrenze stellt sich für Sibirien auf 9.7°, also auf den als normal angenommenen Wert. (Näheres darüber habe ich in Peterm. Mitteil. 1919, S. 201 mitgeteilt.)

Höhere Temperaturen als 11° finden wir auf manchen baumlosen Inseln. So sollen nicht nur die Shetlands mit 11.6°, sondern sogar die Orkneys mit 12.2° Augusttemperatur baumlos sein. Die schottischen Hochlande sind sehr baumarm, allein die obere Baumgrenze auf ihnen wird zwischen 600 und 810 m Seehöhe angegeben; ersteres ergibt eine Julitemperatur von 10.5°, letzteres sogar nur von 9°, also höchstens normal. St. Paul ist baumlos, obwohl der einzige Sommermonat mit Beobachtungen von dort, Dezember 1874, 14.5° ergab, Januar wohl auch im Mittel noch wärmer ist. Aber das benachbarte Neu-Amsterdam hat wenigstens eine Baumart. St. Paul hat nur 7 qkm, Neu-Amsterdam 66 qkm Flächenraum; die gleichfalls baumlose Antipodeninsel 27 qkm. Die Aucklandsinseln sind dagegen nach Schur bis zu 300 m Höhe dicht bewaldet. Die Temperatur des Januar war hier 1875 unten 10.1°, an der Baumgrenze also 8°, ebenso niedrig wie am Kap Horn.

Auch hier haben natürlich die negativen Beweise viel weniger Wert als die positiven. Baumlose Räume von so kleiner Ausdehnung finden sich ja, ohne erkennbare Mitwirkung des Menschen, vielfach auch auf dem Festlande innerhalb der Baumgrenze; um so eher dürfen wir sie in solcher Ferne von allem Lande erwarten, wo die Besiedelung und die eventuelle Wiederbesamung so erschwert ist und der Wind größere Bäume nur in Schlupfwinkeln vorkommen läßt. Isolierte Bergspitzen verhalten sich darin naturgemäß wie landferne Inseln.

Merkwürdiger ist es, daß die Falklandsinseln (16 700 qkm, Februar 9.6°) im Gegensatz zu Feuerland ganz baumlos sein sollen und daß auf den Faröern (Juli 10.8°) auch angepflanzte Bäume so schlecht gedeihen sollen. Es wäre sehr interessant, wenn auf beiden Inselgruppen Anpflanzungsversuche mit den so anspruchslosen Buchenarten von Kap Horn gemacht würden.

Es ist auch merkwürdig, daß Lärche und Arve, welche die Baumgrenze in den Zentralalpen bilden, in Finnland und Skandinavien im wilden Zustande fehlen und erst östlich vom Weißen Meere wieder auftreten.

Es werden sich mit der Zeit zu den Zentralalpen und Kap Horn gewiß noch andere Gegenden gesellen, wo die Mitteltemperatur des wärmsten Monats an der Baumgrenze unter 9° liegt. Allein daß sich diese beiden schon jetzt sicher bekannten Fälle in bezug auf Kontinentalität so ganz verschieden verhalten, deutet darauf hin, daß für das Verhältnis dieser beiden Größen nicht der Gegensatz zwischen Kontinent und Ozean, sondern andere Ursachen maßgebend sind.

Damit ist natürlich absolut nicht behauptet, daß die Baumgrenze nicht nach dem Innern der Festländer in höhere Breiten und größere Höhen ansteige; aber dasselbe tut eben bekanntlich auch die Isotherme des wärmsten Monats so ziemlich in demselben Maße. Daß dieser Zusammenhang ein ganz direkter und nicht, wie Dr. Brockmann-Jerosch will, nur dadurch bedingt ist, daß beide Erscheinungen durch den ozeanischen oder kontinentalen „Klimacharakter“ beeinflußt werden, dafür spricht der Umstand, daß die Baumgrenze der Isotherme auch dort folgt, wo diese nicht durch Strahlung, sondern durch Luft- und Wassertransport emporgedrängt wird, wie in Norwegen und am Kap Horn, oder herabgedrückt wird, wie an der Küste von Labrador.

Der Genuß der Reihe von Schriften, in denen Dr. Brockmann-Jerosch die Frage der Baumgrenze neuerdings behandelt hat, wird einem verkümmert durch die stetige Wiederholung einerseits der längst bekannten Tatsache, daß der Baumwuchs in der Nähe seiner

Grenze durch das kontinentale Klima begünstigt wird, andererseits der unbewiesenen Behauptung, daß „die Baumgrenze nicht abhängig ist von mittleren Temperaturen, sondern vom Klimacharakter". Wenn dieser Begriff nicht durch Zahlen gemessen wird, läßt er sich natürlich den Tatsachen leicht anschmiegen, bringt uns aber ohne nähere Analyse nicht weiter. Die Diagramme, die Brockmann-Jerosch beibringt, enthalten nebenbei mehrere Fehler.

Interessant ist, was Dr. Brockmann-Jerosch über den verschiedenen Charakter der Wälder in den gemäßigten Zonen sagt: im ozeanischen Klima ein Gemisch von vielerlei, zum Teil sehr frostempfindlichen Laubbäumen, unter denen manche immergrüne Laubhölzer bis nahe an die Baumgrenze gehen; im kontinentalen Klima einförmige Nadelwälder aus wenigen Arten, die aber zum Teil auch die härtesten Fröste der Erde aushalten.

Die sehr zutreffende Einteilung der Arten in ozeanische, mittlere und kontinentale spricht sich in Europa unter anderem gut im fächerförmigen Auseinandergehen der Verbreitungsgrenzen vom mittleren Norwegen nach Osten und Süden aus: von da geht die der Stieleiche nach Perm, die der Buche nach Bessarabien, die der Stechpalme (Ilex) nach der Schweiz.

Da das Verschwinden der Bäume nach ihrer Grenze zu in der Regel ein allmähliches ist — die Bestände werden lichter, die Bäume zwerghaft, ihr Wachstum sehr langsam —, so ist deren Auffassung etwas schwankend. Dr. Brockmann-Jerosch legt sie, soweit die Berichte dies erlauben, dahin, „wo etwa 5 m hohe Bäume noch regelmäßig zu wachsen vermögen". Die 10°-Isotherme des wärmsten Monats entspricht durchschnittlich schon der Grenze ausgewachsener Bäume oder der Waldgrenze. W. Köppen.