

Zeitschrift: Jahresberichte der Geographisch-Ethnographischen Gesellschaft in Zürich

Band: 3 (1901-1902)

Artikel: Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt

Autor: Früh, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-5104>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

VII.

Die Abbildung der vorherrschenden Winde
durch die Pflanzenwelt.

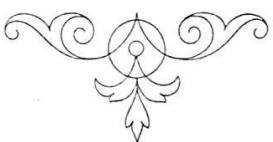
Von

Prof. Dr. **J. Früh.**

Mit einer Tafel und zwei Textbildern,



In den Hauptzügen vorgetragen in der Märzsitzung 1901.



Leere Seite
Blank page
Page vide

Einleitung.

Organismen ohne Lokomotionsfähigkeit, vor allem die Pflanzen, zeigen die intimsten Beziehungen zur geographischen Lage, welche sie einnehmen. Es gilt dies in erster Linie für die in das Luftmeer ragenden Gefässpflanzen. Sie zeigen auf den ersten Blick eine «Anpassung» erster Ordnung an Schwerkraft und Sonnenenergie. Was uns von diesem Gesichtspunkte aus bei der Beobachtung von Gräsern, Stauden und Bäumen zuerst auffällt, ist die gleichsinnige Stellung ihrer Axen. Sie sind geotropisch d. h. den Schwerlinien des Geoids angepasst, also für eine kugelige Erde **radial**, für die Tragweite des menschlichen Auges vertikal d. h. unter sich parallel angeordnet. Das ist das Bild des knisternden Aehrenfeldes und des schweigsamen Tannenwaldes unserer gemässigten Zone. Wenn die **radiale Stellung** die grösstmögliche Ausnützung des mit Luft und Licht erfüllten Raumes gestattet, erscheint die **tangentale Axenlage** als eine möglichst gezwungene, energielose, einseitige «niedere», als eine sklavische («kriechende») Abhängigkeit von der Erdoberfläche.

Die radiale Stellung ermöglicht die Bildung imposanter, vertikal oft bedeutend hervortretender Genossenschaften, die Tangentale neigt im Gegensatz dazu zu einem gewissen Nanismus, einem einfachen grünen Ueberzug der Erde, der als Teppich «mit Füssen getreten wird». Die Tangentale bedingt oft scharf entwickelte **dorsiventale**, die radiale landschaftlich wirksame, stilvolle, ja häufig etagenartig gebaute **symmetrische Wuchsformen**. Die senkrechte Stellung der Gewächse ist eine der vornehmsten Wirkungen geographischer Constanten, so universell, dass wir sie gewöhnlich als etwas Gegebenes nicht weiter

beachten. Abstrahiert man von der tangentalen Axenlage als einem biologisch und physiologisch mannigfach zu begründenden Extrem, so erscheinen vom rein geocentrischen Standpunkte aus die radiale buchstäblich als die normale, die geneigte oder schiefe als die gestörte, anormale. Man kann in dieser Beziehung folgende Formen*) der hohen Gewächse unterscheiden:

a) Normalform:

Aufrechte Axe mit geraden Fibrovasalsträngen**) und symmetrischer Anordnung der Nebenachsen; vertikale und horizontale Schnitte symmetrisch.

b) Anormale Formen:

1. Hauptaxe mehr oder weniger aufrecht, aber Gefässbündel um die Symmetrieaxe gedreht: Drehwüchsigkeit (excl. Lianentypen!)
2. Hauptaxe aufrecht, räumliche Anordnung der Nebenachsen (Krone) asymmetrisch (nur in bestimmten Vertikalschnitten symmetrisch).
3. Hauptaxe schief.
4. Hauptaxe und Krone schief bis vollständig unregelmässig.

Bei gleichen vitalen Voraussetzungen sind diese Anomalien bloss möglich, wenn neben der Schwerkraft und Sonnenenergie noch andere äussere Kräfte einwirken können. Die Kenntnis einer ökologischen oder physiologischen Pflanzengeographie von Warming (88) und Schimper (81) voraussetzend, erinnere ich bloss an den Einfluss des Mediums, ausgedrückt durch die Bezeichnungen «Hydrophyten,

*) Für den Botaniker wird es ganz überflüssig sein, darauf hinzuweisen, dass damit in dieser speziellen Betrachtung jede Kritik oder Erweiterung der Morphologie ausgeschlossen ist, dass das zunächst folgende für das allgemeine Verständnis des Ganzen in aller Kürze vorausgeschickt werden musste, im vollen Bewusstsein, damit dem Biologen nichts Neues zu bieten.

**) Die netzförmige Anordnung bei Farnen (Baumfarne) darf der Vielheit der übrigen Gewächse gegenüber nicht als störend gelten.

Halophyten, Mesophyten, Xerophyten». Allein das Medium wirkt nicht bloss stofflich verschieden, sondern ungleich je nach seinen statischen Verhältnissen. Beachtet man, dass auf dasselbe Individuum gleichzeitig oder in aufeinanderfolgenden Zeiten verschiedene Kräfte wirken können, deren Wirkung gleichsinnig oder entgegengesetzt sein kann, dass die Pflanze selbst in den verschiedenen Alterstufen ungleich empfindlich auf äussere Einflüsse ist, so ergiebt sich für unsere Untersuchungen als erste Aufgabe, den Modus und die Wirkung dieser Einflüsse aufzudecken und zu vergleichen. Gelingt es, eine Erscheinung als bestimmt eindeutige zu erkennen, so dass sie nur auf eine bestimmte entscheidende Kraft zurückgeführt werden kann, so vermögen wir umgekehrt aus der Form der Wirkung auf diese Kraft zu schliessen m. a. W. wir können die Erscheinung als Index einer Kraftäusserung verwerten. Das ist der Zweck des zweiten Teiles dieser Abhandlung, die sich darnach gliedert in:

Erster Abschnitt: Die verschiedenen anormalen Wuchsformen der Pflanzen.

Zweiter Abschnitt: Die Windform als Abbildung vorherrschender Winde.

Erster Abschnitt.

Die verschiedenen anormalen Wuchsformen.

A. Bildungsweisen schief wachsender Holzpflanzen.

(*Ganze Pflanze schief.*)

Hier, wie in den übrigen Untersuchungen wird die Deformation durch Tier und Mensch total eliminiert. Dann muss der Standort in erster Linie massgebend sein und zwar nach seiner geographischen Lage, der Beschaffenheit des Untergrundes und der Terrainform. Wir können unterscheiden:

I. Die schiefe Pflanze der Gehänge.

a) Gehänge fest, in Ruhe. Gesträuche und Bäume kommen allmählich in schiefe Stellung durch einseitige Ueberlastung. Diese ist

1. physiologisch entstanden:
 - a) als kräftigere Entwicklung der Nebenachsen (Krone) auf der Lichtseite, besonders in extratropischen Gebieten;
 - β) damit parallel bei Fruchtbäumen durch vorherrschenden Fruchtansatz auf der direkt bestrahlten Seite.
2. Durch Auflagerung fremder Massen:
 - a) Vulkanische Asche auf beblätterte und im Lee von Terrainwellen stehender Pflanzen.
 - β) Schneedruck, einseitig gequetschte bis geköpfte Gipfel, häufig an unsren immergrünen Nadelbäumen im Lee von Erhebungen zu sehen, auch an Larix, besonders in jüngerem

Zustande. Bei Spät- oder Frühschnee kommt es bei Laubbäumen zu einem vollständigen Fall («Schneebruch» und «Windfall»), z. B. Ostschweiz, September 1885.

- v) Lawinen- und Steinschlag.
- δ) Ob ausgezeichnete Regenseiten, Regenküsten eine Unterstützung der Winddeformation durch das anhaftende Wasser zeigen, ist mir aus eigener Anschauung nicht bekannt. Vorübergehend ist die Erscheinung während der Vegetationszeit in unsren Breiten allgemein zu beobachten nach jedem schärfern Regen im Binnenland sowohl als an der Küste.
- ε) Ueberlastung durch Lianen, wie Clematis (an der algerischen Küste wird die steife Cypresse durch *Cl. cirrhosa* verbogen oder erdrückt), *Humulus lupulus*, *Smilax* (nach Radda, cit. von Schimper l. c. S. 611, in Abchasien an der Ostküste des Schwarzen Meeres), *Lonicera* etc.

b) Gehänge bewegt, Rutschungen. Die Bewegung der Gehänge ist in befeuchteten Berggegenden, beispielsweise den Alpenländern eine so allgemeine Erscheinung, dass die dadurch nach verschiedenen Richtungen und in verschiedenem Grade veranlasste schiefe Stellung von Holzgewächsen jedermann bekannt ist. Bei anhaltenden und grösseren Bodenbewegungen markiert die Stellung der Bäume die gebildeten Wulste und Furchen. So berichtet A. Heim (43) von Campo im Maggiathale (Kt. Tessin): «Die Lärchenbäume zeigen alle möglichen Stellungen und Krümmungen je nach der lokalen Bewegung der Unterlage. An vielen der Lärchenstämme kann man aus der Art der Krümmungen erkennen, dass hier die Bewegung wohl schon seit 30—40 Jahren fast stetig sich geltend gemacht hat, indem nur durch die stete Stellungsveränderung des Wurzelstockes und das stets wieder senkrechte Aufwachsen des jüngsten Gipfels eine solche kontinuierliche Krümmung des Stammes vom Gipfel bis auf 30—40 Altersjahre zurück entstehen konnte.

Je nachdem der Baum vor oder hinter einem Wulst steht, ist sein Stamm thalabwärts oder thalaufwärts ausgebogen.» Eine Begleiterscheinung sind die bekannten «Harfenbäume» (Frank 28).

Hier ist der Ort, noch auf eine Thatsache hinzuweisen, auf die mich Flahault (B*) aufmerksam gemacht hat. In geschiebereichen Flüssen mit grossem Unterschied zwischen Hoch- und Niederwasser, verlassenen Betten, Aufschüttungen etc. beobachtet man im Neuland flussabwärts geneigte schiefe, isolierte Bäume (*Populus*, *Salix*, *Tamarix* der Rhone, der Fiumaren der Mittelmeerregion etc.), deren Stellung unschwer zu erklären ist.

II. Die schiefe Pflanze des Flachlandes, der Ebene.

Im Herbst findet man auf den Fluren zahlreiche abgestorbene Stauden (*Cirsium*, *Hypericum*, *Cichorium*, *Labiaten*, *Umbelliferen* etc.) in der vorherrschenden Windrichtung geschoben oder geworfen, ebenso Stangen für windende Kulturpflanzen; schiefe Telephonstangen, geschobene Torfhütten lassen ebenfalls eine einheitliche und gleichsinnige Wirkung erkennen. Ebenso im Sommer das Lagern des Getreides, der Kunstgräser, des Flachs etc. Wer auf einer Eisenbahnfahrt anhaltend und aufmerksam Bäume beobachtet, (mit Vorteil in entlaubtem Zustande) wird allmählich erkennen, dass stets nach derselben Richtung schief gewachsene Bäume vorkommen können, mit einem Neigungswinkel von 80—20°. Ab und zu begegnet man einem förmlichen Windfall. Wir stehen jeweils vor dem Effekt des Winddrucks, nicht selten vor einem stossweisen, nur kurz dauernden, häufiger, besonders bei schwächerer Neigung, vor einem anhaltenden oder wiederholt in gleicher Richtung wirkenden.

Dass der Wind als wesentliche Ursache anzusehen ist, ergiebt sich sofort aus der geographischen, ein weiteres Gebiet als Schauplatz

*) B bedeutet in der Folge briefliche Mitteilung.

umfassenden Betrachtung, aus dem Nebeneinander von normalen und deformierten Formen, wobei jene stets einer Deckung, diese dem offenen Raum entsprechen. Nur der Wirbelsturm erzeugt schiefe Bäume innerhalb von grösseren «geschlossenen» Pflanzenvereinen. Im Obstwald der Dörfer sind sie selten und lassen sich durch successive Entstehung desselben erklären.

Bei der Bildung windschiefer Bäume sind folgende Faktoren massgebend:

a) Der Standort.

1. Lage (Exposition): Breite Thalsohlen, Kuppe der Hügel, Bergrücken, Gräte, freie Plateaux. Bei in ebenem Gelände vorkommenden Alleen oder beidseitig bestockten Bachufern wirkt die eine stärker deformierte Reihe häufig als eine Art Windmantel für die andere. (Linden-Allee bei Memmingen in Bayern, Strassenpflanzungen Paris-Perpignan und NW-Wind, Bäche E Amriswil-Thurgau).
2. Form. Bei Damm-Alleen mit zwei opponierten Böschungen tritt notwendig der umgekehrte Fall ein: Die Bäume der Leeseite sind stärker oder ausschliesslich geschoben.
3. Untergrund. Für die Stabilität ist oft entscheidend, ob der Boden flach- oder tiefgründig sei, in letzterem Falle, ob leichter Sand- und Torfboden oder tiefgründiger Thonboden. Jedem Landschaftsgärtner ist der Winddruck auf Terrassierungen, in aufgeschüttetem Terrain, bekannt und allgemein ist die Erfahrung, dass die Winter- und Frühjahrsstürme Obstbäume umso leichter werfen, je mehr der Boden durch Regen, Schneewasser und Frost gelockert war. Von St. Michaele in Südtirol wird betont, dass ganze in der Richtung von NE-SW schief gestossene Bäume nur in der Thalebene mit lockerem kalten, bloss eine schwache Bewurzelung gestattenden Untergrund durch Stürme erzeugt werden; die übrigen Fruchtbäume sind asymmetrisch von SW-NE.

Weitaus in den meisten Fällen sind die Stützpfähle der jungen Obstbäume falsch orientiert. Sie sollten in schwacher Neigung **gegen** die vorherrschende Windrichtung eingepflanzt werden, wie die Praxis an Hopfengärten zeigt.

b) Beschaffenheit und Entwicklungsstadium der Pflanze.

1. Einfluss der Wurzel (siehe Windmantel von *Pinus strobus* u. a. Pfahlwurzelgewächsen für flachwurzelnde Pflanzenvereine; Bildung von Bretterwurzeln bei *Taxodium distichum* im Great Dismal Swamp etc.)
2. Von jeher wird die Windstärke nach Biegungsstufen und Bruch von Pflanzen und Pflanzenteilen bestimmt. Allein die Wirkung des Windes ist hier abhängig von der Art der Belaubung und dem Laubfall in der Weise, dass Bäume mit lichter Krone und fiederförmigen, feinen Blättern grössern Widerstand leisten, bei breitern Blattflächen und während der Vegetationszeit nachteilige grössere Druckflächen besitzen.*)
3. Spontane Gewächse widerstehen besser als Kulturpflanzen.

c) Unterstützende, sekundäre Umstände: Schneedruck, Eisansatz, Entfernung des Windschutzes durch Abholzung etc.

B. Bildungsweisen asymmetrischer Kronen.

- I. Durch einseitige **Beleuchtung**, am wenigsten wirksam in der tropischen, kräftiger in der gemässigten und arktischen Zone.
 - a) Differenz der Rand- und Innenbäume bei Wäldern gegenüber Solitärbäumen. In Rovereto (Tirol) sind Cypressen auf der Südseite kräftiger entwickelt als auf der Polarseite (Cobelli B.).

*) Mariotte (*Traité du Mouvement des Eaux*, Paris 1686, S. 234—35) suchte die Geschwindigkeit zu berechnen, die notwendig ist, um einen Ast zu brechen. Er fand sie zu $22\frac{1}{4}$ Fuss per Sek. für einen Ast von $\frac{1}{2}$ Fuss Durchmesser, 15 Fuss Länge und 30 Fuss Seitenzweigen (900 Quadratfuss).

- b) Die Forstwirte kennen unter den einheimischen Waldkomponenten eigentliche Lichthölzer d. h. Bäume mit einer ausgeprägten Empfindlichkeit für Beleuchtung, einer hohen Lichtstimmung (Büsgen 12), z. B. Larix, Pinus silv., Betula, Quercus pedunculata, Robinia Pseudacacia, Fraxinus, Populus tremula, Prunus cerasus, Sorbus aucuparia. Nach C. Ney (B.) halten sich solche Bäume bei einseitiger Beleuchtung bloss auf der Sonnenseite (SE-SW) gut; wenn sie ihren Gipfel nicht frei haben können, gehen sie gegen N und NE zu Grunde.

Hier muss noch auf einen Umstand aufmerksam gemacht werden. Waldbäume entwickeln a priori ungleich starke Kronen. In Mischbeständen wird daher eine Krone nach der Seite eines Nachbarts mit schwächerem Wachstum der Nebenachsen kräftiger gedeihen (z. B. nach C. Ney Buche contra Eiche) und man wird nach einer partiellen Lichtung des Bestandes asymmetrisch geformte Kronen finden, die weder durch Licht, noch durch Wind veranlasst waren. Im Winter lassen freistehende Obstbäume oft eine deutliche Asymmetrie ihrer durchsichtigen Krone erkennen und zwar so, dass die Sonnenseite kräftigere Aeste aufweist, und dass diese, sowie die meisten Nebenachsen übereinstimmend eine Neigung gegen die stärkere Beleuchtung aufweisen. Die Belaubung maskiert die Erscheinung etwas. Der ganze Habitus ist aber von der eigentlichen Windform leicht zu unterscheiden.

II. Durch einseitige Ueberlastung.

- a) Schneedruck.
- b) Rauhreif. Besonders wirksam an Fichten und Weißtannen mit dachförmigen Aesten. In beiden Fällen ist die Ueberlastung nur möglich bei einseitiger Wirkung, auf der Luvseite; mithin ist der Wind die primäre Ursache.
- c) Lianen, in beliebiger Richtung wirksam.

III. Die asymmetrische Krone als Windform: Sprosse auf der Windseite kürzer, verbogen, oft dornenartig und mehr oder weniger scharf in die Krone hineingeblasen oder abgestorben, wenigstens nur sparsam entwickelt.

- a) Axe deutlich aufrecht, nur im Lee kräftig beastet, daher Krone scharf einseitig, zur Hälfte entwickelt.
- b) Oberer Teil der Axe auch verbogen, ganze Krone der Windseite abgewendet und im Lee kräftiger, mehr oder weniger strauchig entwickelt.
- c) Ganze Pflanze einseitig gebogen, niedrig geworden, Krone wie «geschoren», buschig-dornig wie Hecken oder ähnlich flottierenden Potamogeten in strömendem Wasser, dem horizontalen Druck und Zug angepasst, als Windfahne entwickelt. (Siehe hierüber weiter unten bei «Windhecke» cf. Abb. nach Warming bei Schimper l. c. S. 86.)

C. Gemischter Typus.

- a) Stamm und Krone nach entgegengesetzter Seite schief, z. B. zwischen Gänzenbrunnen und Langenbrück (Jura) Stämme von SW-NE gestossen, aber Krone nach W überhängend, besonders bei Apfelbäumen (B), jener als vereinzelte Wirkung des Sturmes, dieses als anhaltende, schwache, von Bise und Exposition.
- b) Hier darf die wellenförmig hin- und hergeschwungene Form der Gipfeltriebe und Aeste von Pappeln gerechnet werden, welche Middendorff (60) aus Ferghana beschreibt als Folge des Antriebes der Winde und der verschiedenen Widerstandsfähigkeit der noch krautartigen, frischen, elastischen und gerade bleibenden Schosse einerseits, der älteren, im Verholzen begriffenen Aeste anderseits. In schwachem Grad glaube ich dies als Bajonettform an Pappeln nahe Ziegelbrücke (Glarus) beobachtet zu haben.

D. Drehwüchsigkeit.

Die Drehwüchsigkeit (das «buchsige Aussehen») von Bäumen ist im allgemeinen auf freie, allen Winden ausgesetzte Standorte beschränkt; dass nicht jedes «Allenwinden» solche Formen aufweist, ist ebenso bekannt. Art und Rasse einer Pflanze, Kultur etc. sind mit entscheidend. Am Mittelmeer sah ich von grossen, dickstämmigen Exemplaren von *Eucalyptus globulus* keine andern als gedrehte Bäume. Das Holz spaltet so schwierig, wie das sprichwörtlich gewordene Weissbuchenholz (*Carpinus Betulus*). Seit Middendorff ist der gedrehte, knorrige Wuchs des Saxaulbaumes (*Haloxylon Ammodendron*) der asiatischen Steppen und Wüsten vielfach hervorgehoben worden.

Entstehung der eigentlichen Windformen.

Der Wind wirkt auf die Pflanze mechanisch und physiologisch, jedenfalls das Wachstum hemmend.

- a) **Mechanisch** als windseitiger Druck, als mehr oder weniger abgeschwächter Zug im Lee einer Pflanze und zwar
 - a) nur momentan oder vorübergehend mit grosser Stärke, wodurch Pflanzen wie tote Körper in schiefe Stellung kommen, gebrochen oder geworfen werden (Windbruch, Windwurf).
 - β) Andauernd und meistens mit geringerer Intensität, wobei sich die lebenden Gewächse anpassen können. Nur diese Wirkungsweise erzeugt die beschriebenen, charakteristischen Formen.

Der Einfluss des Windes auf die Tracht der Bäume kann eine verschiedene sein, je nachdem die bewegte atmosphärische Luft nur aus dem bekannten Gasgemisch besteht oder Beimengungen enthält.

1. In strömender gewöhnlicher Atmosphäre haben gewisse Pflanzen allmählich die höchsten Grade der Elastizität und Biegungsfestigkeit der Axenorgane und des Gesamtwuchses erreicht. Das ist der unauslöschliche Eindruck, den man namentlich beim Anblick der stolzen, geradschäftigen, in steinigem Boden verankerten Dattelpalme der Passatregion gewinnt, ferner beim Anblick der an Monocotyledonen so reichen Pflanzenvereinen der Savannen, Llanos, Prairien. Der Querschnitt eines Solitärbaumes ist häufig in der Windrichtung breiter als senkrecht dazu, die Windseite ist verdickt (Warming S. 39). Wie der Baumzüchter durch künstlichen Druck und Zug bestimmte Spalierformen erzeugt, «so wird der Wind durch seine Druckkräfte Veranlassung des niedern Wuchses» (Hansen 37), des xerophilen Habitus, der asymmetrischen Kronenbildung. Gewächse im offenen Lande haben kleine Druckflächen, kleine oder geteilte Blätter oder ertragen ohne Nachteil ein Zerschlitzen der Spreite wie *Musa*, *Ravenalia*, die uns geradezu in dieser Form als normal erscheinen. Wie bei uns typische Kronenasymmetrie ohne Beschädigung der Blätter und Zweige konstatiert werden kann, so fehlt es nicht an Ausnahmen. So sah man nach dem stürmischen 17. und 18. Mai 1902 mit SW_4 und W_3 um Zürich eine scharfe entsprechende Wetterseite der Kronen an *Platanus*, *Aesculus*, *Populus*, *Salix*, *Corylus*, *Syringa*, *Tilia* durch abgepeitschte Knospen und Blätter, später durch nackte, besonders gegen die Gipfel dicht gedrängte und an Käferfrass erinnernde Zweige, noch später durch blassgelbe, teilweise Wiederbegrünung auf der Westseite gekennzeichnet. In unserem Lande kann das Abreiben der Knospen an Pappeln durch den vorherrschenden Westwind mancherorts fast alljährlich in geringem Masse beobachtet werden. Den Forstleuten ist die Peitschenform der Aeste exponierter Föhren im Luv längst bekannt. Wenn Hansen (l. c. S. 36) die Angabe von Borggreve (9) über Beschädigungen an Bäumen durch gegenseitiges Peitschen und Reiben der Zweige «während des Winters» bezwei-

felt, so ist dies nicht gerechtfertigt. Eine Exkursion in die Nadelwälder unserer Voralpen nach stürmischen Wintermonaten lehrt, dass der Waldboden bis zur Hälfte mit sekundären Trieben bedeckt sein kann, ohne dass Windbruch zu konstatieren wäre. Nach Westen exponierte Rottannen zeigen gelegentlich bei aufrechten Axen eine scharfe Asymmetrie der Krone, indem die Wetterseite durch Peitschung arm an kurzen, die Leeseite reich an langen, herabhängenden Seitentrieben ist.

2. Enthält die Luft schädliche Gase, z. B. Rauchgase von Verhüttungs- und Industrieanlagen, so kann die vorherrschende Windrichtung durch vermehrtes und einseitiges Absterben von Zweigen abgelesen werden. Wichtiger sind suspendierte Treibkörper. In irgend einem Lande wird ein aufmerksamer Beobachter allmählich die Luvseiten des Schneetreibens, der Gewitter und Hagelschläge an Gesträuchern, Bäumen, Wäldern erkennen können. Düster und eindrucksvoll wirkt nach Jahren der Hagelschlag in einem Coniferenwald der Gebirge. N. Hartz (39) bildet durch den mit Sand beladenen ostgrönländischen Föhn abscheuerte asymmetrische *Salix arctica*, *Dryas octopetala* und Rasen von *Carex nardina* ab. Hansen (l. c. p. 37) scheint Gerhardt (34) nicht ganz zu verstehen, wenn dieser von Beschädigungen der Pflanzen durch Flugsand spricht. Thatsächlich sind windwärts geschälte, nackte, abgestossene Zweige bis vollständige Baumleichen (ohne Windwurf!) in den Dünengebieten der nördlichen und südlichen Halbkugel zur Kenntnis gebracht.

Das Vorkommen auffallend scharf entwickelter Windformen, besonders der später zu beschreibenden «Windhecken oder Heckendünen» an Küsten führte zur Annahme eines ursächlichen Zusammenhangs derselben mit dem **Salzgehalt** der Luft. Für meine Untersuchungen musste dieser Punkt speziell geprüft werden. Obgleich die nach Abschluss dieser Studien erschienene Arbeit von Hansen (l. c.) auch wieder auf diese Frage eintritt,

darf ich es doch wagen, sie auch hier kurz zu erörtern, da unsere Betrachtungen ganz unabhängig von einander angestellt worden sind. Dr. W. O. Focke hat in Uebereinstimmung mit einer weit verbreiteten Volksanschauung den Salzstaub des Meerwindes verantwortlich gemacht für die Windformen an der deutschen Nordseeküste (24). Trotz der Entgegnungen von Borggreve l. c., Kihlmann (49) wird der salzige Staubregen von vielen namhaften Naturforschern, mit denen ich in dieser Frage konferierte, als *prima causa* angeführt, von der Riviera, der Adria, aus Norwegen, Holland, der englischen Küste, wo das Phänomen *very common* ist, «but chiefly round the coast where the wind is charged with salt-spray» (B). Nach W. O. Focke (25) betonen die Bewohner der nordfriesischen Inseln die «salze Luft». Ein Gewährsmann in Dunkerque hebt hervor: «l'air salé est mauvais pour la végétation sylvestre». Böhm (8) fand in Istrien und Dalmatien nach scharfen Seewinden Getreide, Weinreben, Oliven und *Pinus maritima* oft mit Salzkrusten von 1 mm Dicke besetzt. Die Pflanzen sehen in der Regel sehr kümmerlich aus. Herr Kapitän H. Meyer hörte vor 20 Jahren bei seinem Aufenthalt in Südamerika die deutschen Kolonisten in Paranagua, Antonina (Küstenabstand ca. 36 Km.) und noch weiter landeinwärts in Curityba klagen, dass zwar Wetter und Boden gut seien, der Salzgehalt der Luft durch die vorherrschenden Ostwinde dagegen sehr schädlich und unangenehm sei. Ganz überzeugt ist der Schluss von Anderlind (2) auf schädlichen Einfluss der salzigen Meerluft auf *Eucalyptus globulus* Dc. (Bräunen der Blätter), *Pirus communis*, *Amygdalus communis*, *Ficus carica*, *Populus nigra* in einem Küstenabstand bis 200 m bei S. Remo, S. Diego in Südkalifornien und Haifa in der Ebene Edrelon am Fusse des Karmelgebirges in Palästina. Angesichts dieser Mitteilungen fragen wir uns zuerst, ob in der Nähe der Küste ein erheblicher Salzgehalt der Luft überhaupt konstatiert werden kann.

Auf einer Fahrt bei stürmischer See fühlt man denselben auf der Zunge, im Schnurrbart; man kann gelegentlich Salzkristallchen an den dunkeln verteerten Tauen erkennen; dass man dieselbe Erscheinung bei normalem Wetter auf einem Spaziergang längs des Ufers machen könne, wurde von Kapitänen allgemein bezweifelt, dagegen wird zugegeben, dass eiserne Gegenstände noch in einiger Entfernung von der Küste leicht rosten wegen des Salzgehaltes der Luft. In der That suchen beispielsweise die Bewohner in Dinant (Bretagne) ihre Nadeln vor Rost dadurch zu schützen, dass sie dieselben in Talg stecken. K. Dove (19) beschreibt den als feiner Staubregen am Vormittag in der Walfischbai niederfallenden lästigen Nebel, durch den Gewehre, Wellblechwände der Kirche und Gefängnisse zerstört werden und dessentwegen Schlosser und Schlüssel aus Messing angefertigt werden müssen, ohne jedoch den Salzgehalt hervorzuheben. Der Nebel weicht erst bei scharfem SW!

Masclef, citiert von Warming (89) S. 582, fand im Sand von Küstendünen am Meere 0,351 % Kochsalz, in 150 m Abstand 0,17 %, in 1,5 km 0,041 %, Daten, welche an und für sich leicht verständlich sind, aber für äolische Verfrachtung von «Salzstaub» geringe Beweiskraft haben.

Vortrefflich sind die, wie es scheint, noch wenig bekannten Zusammenstellungen und Untersuchungen von Dr. E. Friedrich, Sanitätsrat auf Norderney über den Salzgehalt der Seeluft (30). In den Jahren 1858—60 wollen Dr. Wiedasch und Dr. Riefkohl auf nächtlich ausgesetzten Glasplatten am Badestrand und bei ruhiger Luft einen Niederschlag von Chlornatriumwürfeln beobachtet haben. Mittermaier und Friedrich gelang dieser Nachweis nicht, nicht einmal zu äusserst auf den Buhnen (Sporne contra Küstenstrom); Friedrich bemerkte bei Wind und zwölfstündiger Exposition in einem Küstenabstand von «300 Schritt» noch keine, während Mittermaier solche «bei bewegter See noch in 100 m Entfernung»

konstatieren konnte. Empfindlicher war eine Lösung von Silbernitrat. Bei massigem NW-Wind zeigte sich an Bord eines Lloyd-dampfers erst eine Trübung des Schaleninhaltes «bei Spritzwellen». Bei Versuchen von Dr. Kruse auf Norderney mit je 1000 Liter aspirierter Luft, war die Reaktion bei starkem Winde und in der Nähe des Ufers gross, «mit der Entfernung vom Strande aber und mit abnehmender Stärke der Brandung» wurde die Menge des ausgeschiedenen Chlorsilbers «immer geringer».

Für die Fernwirkung ist das Spektroskop nicht massgebend, da die Bunsenflammen überall die Natriumlinie zeigen. Aus meiner Studienzeit ist mir in Erinnerung, dass eines Sommernachmittags bei plötzlichen Böen aus W alle «Bunsen» des chemischen Laboratoriums in Zürich plötzlich und für kurze Zeit gelb aufleuchteten.

Prof. v. Bemmelen in Leiden teilt mir mit, dass er diesen Vorgang einmal provoziert habe, indem er einen von Katwyk (an der Küste) kommenden Studierenden dessen Kleider schütteln liess. In Wagennigen, 100 km von der Nordsee, in dem flachen und waldarmen Holland, kann man nach Weststürmen ab und zu Salz im Niederschlag an Fensterscheiben nachweisen. Nach diesen Daten muss der Salzgehalt der Luft ein sehr minimer sein, selbst nahe der Küste und kann sich derselbe nur bei grosser Windstärke und offenem Gelände weiter binnenwärts bemerkbar machen; auf alle Fälle sind dann Salz und Wind wirksam. Ob Salz überhaupt an und für sich schädlich wirkt, ist nicht konstatiert. Halophyten lieben es, wenigstens als Bodensalz. Das Schwarzwerden der Blätter durch den «giftigen Westwind» auf Sylt und anderen Küstenorten darf nicht ohne weiteres auf den Salzgehalt zurückgeführt werden. Allerdings konnte Friedrich (l. c. S. 15) durch «fortgesetzte Zerstäubung von Salzwasser (Meerwasser) auf Geranien, Chrysanthemum, Heliotrop» dasselbe Verfärben konstatieren, allein in diesem Falle handelt es sich um eine unnatürlich starke und anhaltende Einwirkung von

Salzwasser. Einige Versuche, welche Hansen (l. c. S. 35) mit gleicher experimenteller Beweiskraft «mit Seewasser und Baumblättern» anstellte, «gaben nicht das geringste Resultat in Fockes' Sinne». Die von Anderlind (l. c.) 1886 und 1893 in Kissingen gemachte Beobachtung, dass 15—25jährige Bäume, besonders *Abies pectinata*, *Tilia*, *Larix* bis auf 25 Schritt von den Gradierwerken eine «beginnende bis vollendete Bräunung» der Blätter aufwiesen, «in geringerer Ausdehnung» auf der abgewandten Seite, kann unsere Auffassung nicht stören.

Wichtiger ist die Thatsache, dass sich die Windformen nicht auf Küsten salzreicher Meere beschränken. Auf Oesel sind sie nach Kupfer (B.) in der extremsten Ausbildung vorhanden, obgleich der Salzgehalt der Ostsee östlich Bornholm bloss 0,771 % beträgt gegenüber der Nordsee mit 3,5 % (Segelhandbuch der Ostsee, Teil I, Heft 1, Berlin 1891, 2. Auflage) und bei Riga im Juni bis Anfang August auf 0,507 % fällt (Corr.-Bl. nat. Ver. Riga XXXIX, 1896), d. h. auf einen Siebentel der Nordsee, geringer als die physiologische Chlornatriumlösung (!), wobei zu beachten ist, dass hier nicht etwa vorherrschend ablandige Winde den Zutritt des Salzgehaltes erschweren. Bevor wir die Frage weiter verfolgen, mag vorerst der physiologischen Wirkung des Windes überhaupt gedacht werden.

b) Physiologisch wirkt der Wind durch Austrocknung (vielleicht je nach der Oertlichkeit auch ein wenig durch Temperaturmischung im Sinne einer Erhöhung oder Erniedrigung der lokalen Temperatur, worüber ich zu keinem Entscheid gekommen bin, da dieser Faktor durch den eben genannten, viel kräftiger wirkenden verdeckt wird), wie es besonders Kihlmann 1890, Warming 1896 und Schimper 1898 überzeugend und zusammenfassend dargelegt haben. Die noch durch andere und häufig primär wirkenden Ursachen erzeugte xerophile Struktur der Pflanzen ist mit einer der nächsten Konsequenzen dieses Vorganges. Hierin liegt

die Erklärung für die kleinen Blätter, deren Schwarzwerden, den Laubfall und das Absterben der krüppeligen Zweige auf der Seite des giftigen Westwindes auf Sylt, für die Thatsache, dass dort Bäume bloss im Schutz der Häuser gedeihen etc. Bereits Friedrich (l. c. S. 14—15) erkannte, «dass der geringe Salzgehalt nebensächlicher Natur ist, dass vielmehr der rein mechanischen Wirkung des Windes, der Verdunstung und Kälteerzeugung der Hauptteil an der — dies sei betont — nur nach heftigem Nordwest eingetretenden Schädigung der Vegetation zukommt»; in der Hauptsache scheint der schädliche Einfluss des Windes auf die Belaubung der Bäume «auf einem Vertrocknungsprozess» zu beruhen (Seite 14). Die Windwirkung zeigt sich nach Hansen auf Norderney (l. c. 32) zuerst an der Spitze und am Rande des Blattes, an Orten, die durch das Auslaufen der dünnsten Blattnerven und durch ihre geringe Dicke, also schon durch ihre eigene Struktur, am meisten gefährdet sind. Ist der Wind weniger konstant oder weniger heftig, so kann es bei diesen geringen Beschädigungen bleiben. Die Blätter erscheinen dann an der Spitze und am Rande, ja oft nur an einem Teil des Randes rein braun und vertrocknet. Greift der Wind dauernd und heftiger an, so geht vom Rande aus die Vertrocknung weiter, aber stets ohne das ganze Blatt auf einmal zu ergreifen. Die Vertrocknung kann an beiden Seiten bis zur Mitte jeder Blatthälfte bei symmetrischen Blättern gehen, während das mittlere Blattgewebe vollständig lebendig ist und weiterfunktioniert. Durch diese Erscheinungen unterscheidet sich die Windbeschädigung scharf von durch Hagelschlag oder andere mechanische Verletzungen hervorgerufene oder durch Parasiten bedingte Schäden, die in Form von Flecken unregelmässig auf der Blattfläche zu erscheinen pflegen. Ferner ist die Windbeschädigung scharf zu unterscheiden, durch die charakteristische, völlig vertrocknete Ränderung der Blätter, von manchen Beschädigungen durch Rauchgase. Besonders ist der

Windschaden nicht zu verwechseln mit herbstlichen Absterbeerscheinungen, bei denen das ganze Blatt bekanntlich gelb und pathologisch verändert erscheint, aber keine trockenen Ränder besitzt. Es kann aber der Windschaden natürlich auch als sekundäre Erscheinung die herbstlichen Blätter ergreifen. Ist der Wind heftig und konstant zugleich, wie auf den Nordseeinseln, so kann endlich, immer vom Rande fortschreitend, das Blatt gänzlich vertrocknen und endlich auch vom Winde mechanisch zerrieben werden, sodass es verschwindet.»

Von Bedeutung ist nun die auch von Hansen (l. c. 35) erwähnte Thatsache, dass dieser Prozess auch im Binnenland — ohne Salzstaub — in ungeschützten Lagen beobachtet werden kann. Mir ist sie schon lange als Föhnwirkung bekannt an jungen Blättern von Himbeeren, Stachelbeeren, Rosen. An denselben Gewächsen fand ich im Frühling in Trogen (Appenzell) in 880—900 m gelegentlich bei Ostwind, ohne nächtlichen Reif, die Blattränder «verbrannt». Sehr schön war die Erscheinung in der Ostschweiz nach dem oben erwähnten stürmischen Wetter vom 17. und 18. Mai 1902 bei SW₄ und W₃, d. h. bei mittleren Geschwindigkeiten von 10 bis 14 m per Sek. An *Pirus communis*, *Prunus domestica*, *Sambucus nigra*, *Philadelphus coronaria*, *Symporicarpus racemosus*, fand ich je bloss an der Westseite der Pflanze, ferner bloss bei nach Westen ungeschützten Exemplaren, endlich in unverletzter Form bloss bei Blättern, die nicht an peitschenden Zweigen sassen, die Blattspitze braun, oder Spitze und Ränder braun, oder vereinzelt beide Ränder eingerollt, dürr, brüchig, gelegentlich an den Flanken von *Prunus domestica* je nur die Blattzähne rotbraun, als ob man sie absichtlich bemalt hätte, nie bei rigiden Blättern, und dies alles bei einem feuchten, salzfreien, atlantischen Wind, dem «Regenwind». Sicher hat man fast jeden Frühling Gelegenheit, diesen Austrocknungsprozess da und dort zu sehen, eine Erscheinung, die von Zerreissen oder Welken ganz und gar verschieden

und blass auf die trocknende Wirkung eines anhaltenden Windes zurückzuführen ist. Unsren Frauen ist der Effekt für die Wäsche längst bekannt. Das Ausapern des Getreides in schneearmen Wintern ist mit in erster Linie auf den Wind zurückzuführen. Wo der Wind tagelang bläst, muss die Beschädigung entsprechend auffälliger sein; das ist an den Küsten der Fall. Daher kennt man die Erscheinung von dort zuerst.

Für unsere Untersuchungen ist nun entscheidend, dass nicht blass dieser «Trockentod» der Blätter, sondern die ganze Deformation der Holzpflanzen auch fern von den Küsten, in den Binnenländern beobachtet werden kann, d. h. in einer salzfreien Luft, dass wir für die «Windformen» den Wind allein verantwortlich zu machen haben. Naturgemäß muss sich das Phänomen an denselben Pflanzen um so auffälliger zeigen, je geringer die Zahl der Calmen und je grösser die Windstärke; diese nimmt bei gleicher Topographie zu mit der Küstennähe und der Erhebung über dem Meere. Ist die mittlere Geschwindigkeit des Windes in Liverpool im Jahre 4,4 m per Sek., so sinkt sie in Wien auf 2,2 m, in Irkutsk auf 1,4 m, um in Wladiwostock auf 5,3 m zu steigen. Wer aus der Schweiz einen Aufenthalt am Meere macht, wundert sich sofort ob des anhaltenden Windes; dasselbe erfährt jeder auf den Gebirgskämmen. Die Zahl der Windstillen beträgt für die Insel Borkum im Sommer 1,8 %, im Winter 2,8 %; für den Säntis 2500 m in den Jahren 1895—1899 bzw. 5,2, 6,3, 10,5, 10,4, 8,7 %, im Alföld (Ungarn) ca. 23 %. Die ausgeprägten Windformen sind daher zuerst in Küstengebieten beobachtet worden wie die Dünen; erst später lernte man sie im Binnenlande kennen, wie die Kontinentaldünen. Hier zeigen sie sich selbstverständlich in Ebenen, auf Plateaux, Gipfeln, Rücken, kurz überall in exponierten Lagen, nie im Lee der Erhebungen oder innerhalb der Dörfer. Der Nanismus zeigt sich an Küsten wie auf Gebirgen, und dies nicht blass an Holz-

pflanzen (Zwergföhre, Zwergarve etc.), sondern auch an Stauden. An den stets umwehten Küsten ist bei Holzpflanzen besonders schön eine extreme Windform entwickelt, welche Middendorff (59) in den Heckenlärchen, dann Kihlmann (l. c. S. 70) an Fichten der polaren Waldgrenze in Lappland gefunden und mit den Schneedünen verglichen hat. Sie entsteht dadurch, dass leewärts hintereinander stehende Sträucher oder gedrängte Bäume sich gegenseitig decken, dass jeder hervorragende Zweig schief binnewärts gedrückt und durch Wasserverlust zwergig-knorrig wird, jedoch bei vergrösserter Reibung mit fortwährend geringerer Kraft, so dass ein landeinwärts schief ansteigendes Dickicht von verworren durchwachsenen Zweigen entsteht, welches 3 und > 3 m hoch sein kann und so steif, dass es das Gewicht eines Menschen trägt. Das Ganze hat Pultdachform, bildet bald die Luvseite eines Waldes, bald isoliert ein Individuum mit sanfter Böschung im Luv, steiler im Lee. Eine treffliche Abbildung dieser «Heckendüne» oder besser *Gesträuchdüne* (Kihlmann B) bietet M. Rikli (77) von Bonifacio auf Korsika. Vielleicht wäre der meines Wissens von Middendorff (59) zuerst gebrauchte Ausdruck *Windhecke* zu empfehlen, da hier nicht eine Akkumulation von fremden Körpern stattgefunden hat und die Genossenschaft nicht den Habitus einer unter der Schere gehaltenen Hecke hat, eher nach Prof. Heims Beobachtungen auf Neu-Seeland wie ein gekämmtes Hundsfell. Genauer wäre der Vergleich mit einem Rundhöcker (*Wind-Rundhöcker*), indem ja der Strauch das Anstehende, Primäre repräsentiert. Diesen Vergleich macht bereits R. Credner in Greifswalde (16). Die Windhecke geht bei grosser Intensität des Windes in eine vollständig überstossene oder geschobene *Schildform* (Teppichform) über. In Lappland sollen solche grüne «horizontale Sträucher» mehr als einen Meter weit über Felsenkanten, dem Lee des Gebirges, herausragen.

Jedenfalls fällt die Windhecke im Lee nicht steil ab wie eine Düne, sondern zeigt wieder gleich einem Schneeschild eine gewisse Ueberdachung. Von der Seite gesehen, machen die Gebüschrücken den Eindruck von durch einen scharfen Wind getriebenen und oben überschobenen Haufenwolken. In diesen Merkmalen liegt zugleich der Unterschied einer Windhecke gegenüber den durch den Zahn des weidenden Wiederkäuers entstandenen Gesträuchformen.

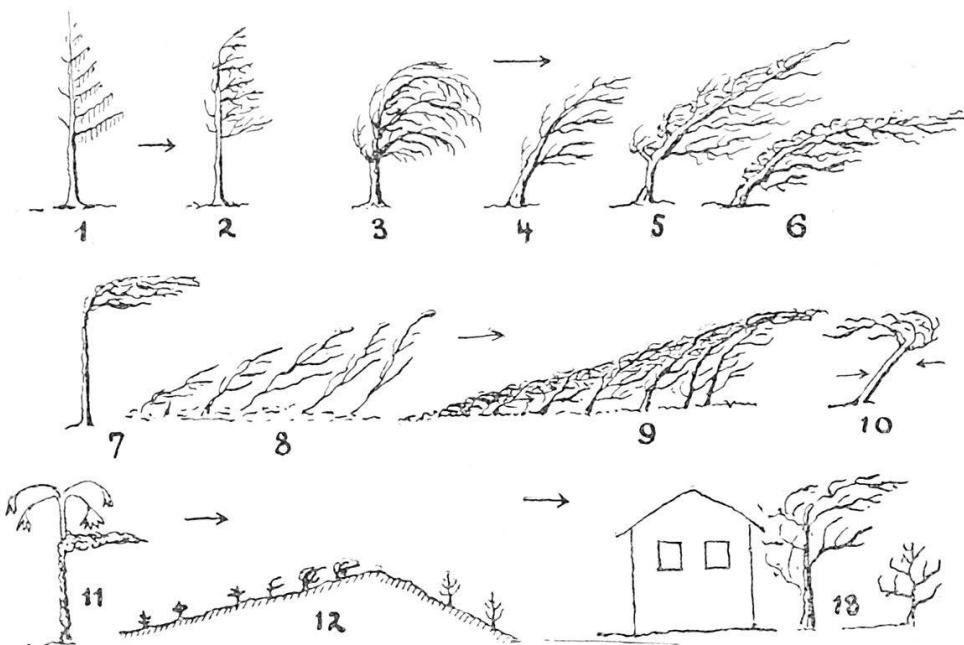


Fig. 3.

Schematische Skizzen: 1—3 Asymmetrische Rottanne (*Picea excelsa* Lk), Lärche (*Larix europaea* L), Kirschbaum (*Prunus avium* L); 4—6 geschobene, schiefe und asymmetrische Schwarzpappel (*Pop. nigra* L), Weißdorn (*Crataegus*, von der Ost- und Nordseeküste); 7 Tischbirke (*Betula*); 8 lichenes, geschobenes Erlengebüsch (*Alnus incana* DC); 9 Windhecke, 10 Wirkung ungleicher Winde; 11 Palme (*Hyphaena*) und Lianenfahne (*Ficus*), südlich des Congo, nach Pechuel-Loesche; 12 und 13 Wirkungen des Windschutzes.

Die Bildung der namentlich für Afrika charakteristischen, in Savannen und Buschformationen vorkommenden Schirmbäume aus den Familien der Mimosen, Caesalpiniien, Burseraceen, möchte Hansen auf die austrocknenden Winde zurückführen. Ich kenne

diese Gestalten nur aus Abbildungen (cf. Schimper l. c. 329, 373—74); es gelang mir nicht, dieselben als Wirkung örtlich vorherrschender Winde zurückzuführen. Die Form wäre mir in diesem Fall unverständlich. Jedenfalls ist der Wind nicht die entscheidende Ursache. Der Afrikareisende Passarge bestätigt mir diese Auffassung (B) und Warming (l. c. 1892 S. 578) findet in ihnen «absolut keine Windanpassungen».

Isolierte Bäume können ihre asymmetrischen Kronen ebenfalls horizontal ausdehnen. Kihlmann (l. c. 73) stellt die hochinteressanten «Tischbirken» von Russisch-Lappland dar. Darwin l. c. spricht von «Windfahnen».

Aus unseren Betrachtungen ergibt sich, dass salzfreie bewegte Luft mechanisch und physiologisch besondere Windformen züchtet, die man in zwei Gruppen zerlegen kann:

1. Windbruch und Windwurf inkl. Harfenbäume durch kurzdauernde Windstösse, Winde von grosser Intensität und aus irgend einer Richtung.
2. Asymmetrische Kronen bei aufrechter Hauptaxe, geneigte Axen mit asymmetrischen Kronen, Tischkronen, Windhecken und Gesträuchschildern durch vorherrschende bis konstante mässige Winde aus einer bestimmten Himmelsgegend. Dadurch erscheint das Gewächs gleichsam polarisiert wie eine Kompasspflanze; sie zeigt den Gegensatz von Luu und Lee, wie eine Düne, kann deshalb zur lokalen Orientierung über die vorherrschende Windrichtung dienen und zwar, wie mich einlässliche Studien hierüber überzeugt haben und es jüngst noch von E. v. Cholnoky (13) gezeigt worden, ungleich sicherer als Dünen mit ihrem sehr beweglichen Material. Selbst die von dem trefflichen J. G. Kohl (53) meines Wissens zuerst beschriebenen speziell im Lee scharf und etwas ausgetieften

Kreise oder Halbkreise, welche die Blätter von Calamagrostis epigeia, Elymus, Carex arenaria etc. um den Halm als Mittelpunkt im Sande beschreiben und mit denen Dünen oft reichlich bedeckt sind, gestatten eine viel zuverlässigere Richtungsbestimmung der vorherrschenden Winde, als vielfach unbestimmt verwehte Kontinentaldünen mit launig treibenden Wellenfurchen. Die deutschen und niederländischen eiszeitlichen Sandr geben hiefür instruktive Studienflächen.

Im Gebirge beobachtete bereits J. J. Scheuchzer (80) 1706 auf dem Pilatus («2800 Schuhe über der Stadt Luzern») Tannen, bei denen die Aeste nicht auf alle Seiten stehen, «sondern sind gegen Mittag zu gedräht, was zu sehen ist, wie gross die Kraft des Nordwindes ist, welcher den Gipfel dieses Berges ganz frey bestreichen kann, sintemal derselbe die Aeste der Bäumen auf die Seite treiben und in solcher Stellung steif machen kann So viel Aeste hier sind, so viel Magnet-Steine und Magnetnadeln sind es auch».

A. G. Schrenk erfuhr 1837 auf seinen Reisen, dass die Samojeden die Windformen der Bäume und Gesträucher gut kennen und dass sie oft viel dazu beitragen, «sie in der Gegend zu orientieren» (84) und Ch. Darwin (17) erkannte vor mehr als 60 Jahren bei der Berührung der Cap Verdeschen Inseln, dass die dortigen «natürlichen Windfahnen die vorherrschende Richtung des Passatwindes» angeben müssen.

Wie der Flechten- und Moosbesatz der isolierten Baumstämme in der nördlichen gemässigten Zone die feuchte Seite, die Wetterseite anzeigt, daher nach Middendorff in Sibirien daran die Nordseite erkannt und «zur Orientierung» benutzt wird, wie nach Warming (l. c. 90) Wind- und Leeseite eines Waldes sich durch Mangel resp. Reichtum an Feuchtigkeit, Humus und Würmern auszeichnen, so dienen Luv und Lee von Pflanzen oder Pflanzenver-

einen zur Bestimmung der vorherrschenden Windrichtung. Herr Forstinspektor Sarauw in Kopenhagen erinnert sich aus seiner Studienzeit an eine Exkursion bei Regen und dicker Luft, wodurch die Orientierung verloren gieng. «Man hat nur auf den Wald (Luv im W!) zu schauen», beruhigte der leitende Lehrer. Für A. O. Kihlmann (B) sind «Tische und Gesträuchdünen» natürlich sehr gute Kompasspflanzen in ganz offener Lage, wenn man die Windverhältnisse der Gegend kennt». Nachdem mit Berücksichtigung der oben beschriebenen Korrekturen und der ganzen Leistungsfähigkeit zweifellos ein zuverlässiges Instrument gefunden, um auf Reisen in Gegenden ohne meteorologische Stationen ein sehr wichtiges klimatologisches Element in seiner Wirkungsweise festzustellen, durften die Erscheinungen von einem engern Kreis auf die ganze Erde angewendet werden. So dürftig aus naheliegenden Gründen heute noch die Materialien vorliegen, so überzeugend wirken sie gleichwohl.

Jeder Reisende kann hier einen Beitrag geben und dies nicht blass aus fernen, unerschlossenen Gegenden, sondern aus unserem intensiv kolonisierten Europa. Unschwer wird man auf dem Velo, auf der Eisenbahnfahrt, kurz immer dann, wenn man am gleichen Tag eine grössere Strecke zurückgelegt hat, mit steigender Deutlichkeit sich davon überzeugen können, dass — obgleich Bäume aus verschiedenen oben angeführten Ursachen nach allen Richtungen des Raumes schief stehen können — man stets unsere Windformen einheitlich nach derselben Himmelsgegend orientiert findet. Immer prägt sich unserem Gedächtnis eine bestimmte dominierende Richtung ein, sobald wir exponierte, nicht geschützte Orte in Betracht ziehen. Allmählich gelingt es, die Landschaft von diesem Gesichtspunkte aus einwandlos abzulesen und die Kartierung der Beobachtungen ergiebt dann eine ausgezeichnete Uebereinstimmung zwischen den Windverhältnissen und der Topographie des Landes. Dabei hat man direkt aufs Ziel loszusteuern, nicht erst von meteoro-

logischen Stationen eine Orientierung zu nehmen, um etwa dieselbe bestätigen zu wollen. Die Station selbst hat ihre lokalen Fehler, daher eine geographische Korrektur nötig. Die Verifikation soll, wo es überhaupt möglich ist, nachher geschehen. Meine Darlegungen verfolgen, wie bereits gesagt, die Aufgabe, ohne weiteres in der Natur die Abbildung der vorherrschenden Winde zu finden.

Noch ist auf einen Umstand hinzuweisen. Dünen bilden sich als Küsten- und Kontinental-Dünen (inkl. Schneedünen) auf der ganzen Erde gleichartig, da sie immer ein trockenes Material von bestimmter Korngrösse oder bestimmtem Gewicht voraussetzen. Anders die Windformen.

Allerdings werden alle nicht vollständig geschützten Pflanzen vom Winde beeinflusst. Selbst der Bani anenbaum (*Ficus indica*) mit seinen zahlreichen Strebepfeilern wird vom Passat zugeschoren. Allein wenn für Dünen eine Auslese der toten Materialien nach spezifischen Gewichten oder Korngrössen stattfindet, ist dieselbe bei den lebenden Pflanzen im allgemeinen noch schärfer. Es giebt empfindlichere und widerstandsfähigere Indikatoren; zu letzteren gehören vorab Gramineen und Palmen. Selten findet man eine geradschaftige Dattelpalme mit angeblasener Krone. Man wird, darf ich annehmen, in der gesamten Litteratur kaum eine entsprechende Zeichnung finden; dagegen ab und zu auf den objektiven Darstellungen durch Photographien! Diesen Eindruck bestätigt mir Prof. Trabut in Alger neulich wieder (B).

Für das binnenländische Mitteleuropa fand ich folgende zur Beobachtung geeignete Pflanzen:

a) Obstarten.

In erster Linie die Kirsche (*Prunus avium* L.), Pflaume, Zwetschge, Aprikose, Pfirsich weniger. — Kernobst, sehr verschieden nach Varietät. — *Morus*, sehr empfindlich in Südtirol

(durch Schnitt empfindlich gemacht?). — *Nussbaum* (*Juglans regia*): Nuziders (Vorarlberg), Orbe (Waadt). — Oliven (Südtirol). — (Rosskastanie, *Aesculus*, bei Staufen nach Prof. Hauser im Rheinischen Gartenfreund cit. in «Schweiz. Gartenbau» 6. III. 1901.)

b) Andere Laubhölzer.

Zuerst ist zu nennen die *Schwarzpappel* (*Populus nigra*). *Populus pyramidalis* fand ich höchst selten schief und dann nur auf Moorboden (bei Weesen), dagegen kann durch Zusammenschlagen der Knospen auf der Windseite, am Gipfel ein gewisser Grad, bei grösserer Intensität vollständige Asymmetrie entstehen. — *Salix alba*. — *Betula* (Finnland!). — *Alnis incana* und *A. glutinosa*. — *Sorbus aucuparia* (Sterzing, Tirol). — *Acer pseudoplatanus* (Augsburg). — *Tilia* (Augsburg, Colmar, Darscheid und Gerolstein in der Eifel mit schiefen Axen). — *Ulmus campestris*, scharf asymmetrisch (Augsburg, Berlin-Hamburg). — *Fraxinus excelsior* (auf Berghöhen). — *Robinia pseudacacia* (Südfrankreich, Ungarn). — *Fagus sylvatica* (östlich von Bludenz in Vorarlberg, Thurmberg bei Danzig). — *Quercus* (scharf asymmetrisch Hamburg-Berlin, östlich des Mosenberges in der Eifel). — *Platanus* (Colmar, Münsterthal im Elsass). — *Populus tremula* (Thurmberg bei Danzig).

Ueber andere Laubhölzer vergleiche im zweiten Abschnitt.

c) Coniferen.

Sehr empfindlich fand ich überall *Pinus sylvestris*, die gemeine Föhre, in Deutschland und der Schweiz. Dasselbe wird von Finnland berichtet. — *Pinus strobus* (Weymouthskiefer). — *Pinus halepensis* (Flahault). — *Larix europaea*, oft sehr empfindlich.

Für küstennahe Gebiete fand Borggreve (l. c.) nur zwei Holzpflanzen, «welche nicht krumm wachsen können», die nach Metzger (57) statisch ausserordentlich vollkommen gebaute, als Solitärbaum in der abholzigen, aufrechten «Wettertanze» erscheinende Rottanne

(*Picea excelsa*) und die Edeltanne (*Abies pectinata*). Das gilt für die Schweiz im striktesten Sinne. Für Dänemark bezeichnet Warming (l. c.) als windhärteste Bäume die nordamerikanische *Picea alba* Lk. und *Pinus montana* Mill., Welch letztere daher zur Befestigung von Flugsandflächen mit grossem Erfolg verwertet wird.

Juniperus communis wird nahe der Küste leicht in Schilder umgeformt.

Zweiter Abschnitt.

Die Abbildung vorherrschender Winde durch Windformen.

A. Allgemeine Winde.

I. Gebiet der tropischen Passate.

Zu meinem grossen Bedauern war es mir bis jetzt nicht möglich, ausreichende Litteratur zu erhalten, um die Abbildung der Passate ausführlich zu belegen. Hiefür müssten grössere Inseln geeignet sein wie St. Helena, Ascension mit scharfer Regenküste im SE und einer Trockenseite im NW oder Hawaii mit einem feuchten Luv im NE und einem trockeneren Lee im SW und korrespondierenden oberen Waldgrenzen in 3600 und 2400 m (Challenger Report, Botany Vol. I.). Hier ist sicher ausgezeichnetes Material vorhanden. In Christi Canarischen Inseln findet sich keine einzige unser Thema beschlagende Angabe. Der Botaniker der «Gauss» (18) berichtet 1902 von der Kapverdischen Insel Sao Vicente, dass in einem vom Passat gebildeten Dünengebiet SW von Mindello «niedergedrückte Tamarixsträucher» und «polsterartige Struppen» von *Zygophyllum*, eines dickfleischigen Halbstrauches, vorkommen. Man kennt das meerwärts gerichtete Fortschreiten von NNW-SSE streichenden Dünen bei Mogador (Th. Fischer, Pet. Mitt. Erg. Nr. 133, 1900 S. 51), die Staubstürme längs der Saharaküste, erzeugt durch achtmonatlichen NE-Passat zwischen Mogador und Senegambien. Von 1046 Windbeobachtungen in Mogador 1894—98 fallen 392 auf NE, 246 auf N und 100 auf S, d. h. 64 % kommen auf N-NE!

Hrn. Prof. Dr. E. Tavel in Bern verdanke ich eine am 29. April 1899 ca. 20 km SE Mazagan in Marokko (Ouled Fry) aufgenommene Photographie mit einer etwas schiefen Dattelpalme und einem grossen Laubbaume mit ausgezeichneter Krone. Der Schatten gestattet, auf anhaltenden Wind von N-NE zu schliessen. Endlich sei an Ch. Darwins (l. c S. 3) klassische Beobachtung nahe dem Dorf S. Domingo auf den Kapverdischen Inseln erinnert; er sagt: «auf einer kleinen Ebene, welche wir durchkreuzten, wuchsen einige wenige verkümmerte Akazien; ihre Gipfel waren durch den beständigen Passatwind in einer eigentümlichen (!) Weise gebogen worden, einige von ihnen selbst im rechten Winkel zum Stamm. Die Richtung der Zweige war genau NE bei N und SW bei S. Diese natürlichen Windfahnen müssen die vorherrschende Richtung des Passatwindes angeben».

Von den westindischen Inseln wird die scharf ausgesprochene Luvküste des NE-Passates vielfach beschrieben, leider selten mit genauer Physiognomie des Pflanzenkleides. Nach Schimper (l. c. S. 387) ist der Osten von Jamaica voll Dorngehölz (Mimosen) und Cereus, ebenso die kleinen dänischen Inseln. Das zeigt nur xerophilen Charakter an, der ohne weiteres durch Angabe von Kalkboden verständlich wäre. Warming (B) kennt von Westindien die asymmetrischen Windformen in der Richtung von NE-SW. Von der Insel New Providence (Bahama J.) in ca. 25° n. habe ich aus der Umgebung von Nassau eine grosse Photographie eines grossen Banyantree (Ficus), welcher trotz der 6 m vom Stamm leewärts getriebenen 2 m hohen Luftwurzeln eine fast tischförmige Krone hat, indem die Aeste vom NE-Passat scharf bearbeitet worden sind.

Längs der Küste von Venezuela weht der Passat beständig und scharf vom September bis Juli aus NE-E-SSE (Ann. der Hydrographie 1902 S. 49). Nach K. Martin (55) sind die Küstengebiete der Inseln Curaçao und Aruba mit verkrüppelten, niedern Mangrovebäumen versehen, im übrigen fast ohne Pflanzen ausser

haushohen Cereus. Auf Aruba kann man auf 10 m² nur einen einzelnen Strauch «Kamari» (*Coccoloba puncta*) finden, «und dieser hat sich ängstlich vor dem Passate zu Boden gelegt, ist an der Windseite grau und blätterlos und an den abgewendeten Teilen belaubt und selten bis 1 m hoch» (Windhecke?). Der nördliche Teil der Insel Bonaire E Curaçao zeigt hinter Küstenerhebungen, d. h. im Schutze gegen den Passat «einen üppigen Pflanzenwuchs». Sapper (B) berichtet von stark asymmetrischen Bäumen und Büschen von Tehuantepec und Tonala in Mexico, vom Cerro del Hule südlich Tegucigalpa in Honduras «in nördlicher Richtung». Am Nicaragua-See sollen nach Fröbel (31) die Bäume durch den NE-Passat wie «Windfahnen» nach SW gebogen sein. Der Challenger Expedition (P. M. 1874 S. 293) fiel der verkrüppelte Wuchs der Bäume auf der Ratteninsel nahe der Ostküste von Fernando Noronha auf (NE C. de S. Roque in ca. 31 $\frac{1}{3}$ ° W und 3 $\frac{5}{6}$ ° S).

Wie viele Beiträge könnte man aus der Sahara, Südafrika, Persien, Innernaustralien erwarten? A. H. Schindler (82) beschreibt aus dem mittleren Persien, nahe der N-Grenze der ablandigen N- und NE-Winde die Schutzmauern, welche man gegen die WNW-ESE streichenden Wanderdünen errichtet, spricht von *Elaeagnus angustifolia*, *Tamarix*, aber nicht von Windformen. Seistan im Westen von Belutschistan ist längstbekannt als das Land der 120tägigen NEwinde. Sollten sich unter den Dornbüschchen in Deutsch-SW-Afrika nicht entsprechende Zeugen finden, dort, wo K. Dove (20) vom Oberen Olifantfluss, Schaap Kop etc. Savannen und Büsche auf Plateaux, dichte Bestände auf Leeseiten der Hügel und in Thälern beschreibt und die erhebliche Beschattung der laubarmen oder entblätterten Büsche hervorhebt «wegen der ausserordentlich dichten Verzweigung und Verästelung».

Hier mögen einige bereits zum Monsungebiet übergehende extratropische Länder angereiht werden.

a) Im Küstengebiet des Kaplandes weht im dortigen Sommerhalbjahr (Oktober bis März) der SE- und S-Wind vorherrschend, umgekehrt im Sommer der NW- und N. Jener erzeugt das «Tafeltuch» auf dem Tafelberg, macht sich noch in Graaf Reinet & Grahamstown bemerkbar, in der Nähe der Küste durch nach Norden deformierte Baumkronen und ausgezeichnet schiefe «Pinien», wie solche von der deutschen Tiefsee-Expedition vom Lions-head bei Kapstadt abgebildet worden sind (14) und die Notwendigkeit der Schutzhecken für Obstgärten (cf. Hann, Klimatologie III, 1897, S. 356).

b) Gebiet der NW- bis NE-Winde am Mittelmeer.

1. Das stürmische Küstengebiet Algeriens gehört mit zu den instruktivsten für das Studium der Windwirkungen überhaupt. Jedermann fallen dort die schiefen Bäume, zugeschorenen Kronen neben den stolzen geradschäftigen Dattelpalmen auf. Die Kulturen, vor allem die fruchtbaren Gärten, müssen nach der Meerseite mit Mauern oder Schutzhecken aller Art (Arundo Donax, Bambusa, *Acacia eburnea*, *Opuntia* etc.) versehen sein. Wie war ich zuerst erstaunt, wenn ich hinter Dünenlandschaften luvwärts wandernd, im Niederwald allmählich nicht weiter dringen konnte, in vollständige Barrikaden von Windhecken geraten war. *Pinus halepensis* ist oft sehr scharf angeblasen. Am meisten fesselte mich der Anblick von Rasen auf der Meerseite von Gehängen. Auf Bouzareah, dem 402 m hohen Rigi W Alger, ist der Rasen gelegentlich geschlossen, ganz kurz, voll von Plantagineen und Flechten; im Lee der Hügel findet sich die buschige, lichte Macquisformation. Allein auch tiefer, kaum 50—100 m über Meer, wunderte ich mich in einem lichten Wäldchen von *Callitris quadrivalvis* Vent., dass der Boden mit einem sehr kurzen teppichartigen Rasen mit *Evernia* belegt war. Zahlreiche Exkursionen führten endlich zu den bereits von Hardy (38) so trefflich beschriebenen Thatsachen: Der Wald

bedeckt wesentlich die schattenreichen Nordgehänge. Mehr oder weniger isolierte Gesträuche und Bäume werden zu Krüppelgebüschen, oft mit verdornten Gipfeln. Die Äste wachsen trotz gutem Untergrund horizontal. Bloß in geschützten Lagen, also innerhalb der Häuserbezirke, in Thälchen, hinter Hügeln und Bergrippen, Wäldern bilden sich jene vielfach bewunderten subtropischen Pflanzenvereine Algeriens. In der Ebene von Boufarik südlich Algier sind Pappeln scharf nach S gewendet. Ueberall Zeugen «de l'influence pernicieuse du courant polaire qui cause cette perturbation». Daher schlug Hardy in seinem Gutachten an die französische Regierung die Errichtung von Windbarren vor, welche landeinwärts in folgender Reihenfolge zu pflanzen wären: Zu äusserst ein Wall von 12—15 m hohen Cypressen, dann Oliven, Maulbeeräume und endlich Obst.

2. Aus Aegypten verdanke ich Herrn Direktor W. Mackenzie of the School of Agriculture in Gizeh folgende hochinteressante Mitteilungen: Im Versuchsgarten von Gizeh sind alle 7—8jährigen Pappeln nach SSE geneigt. Auf dem Delta sollen sozusagen sämtliche freien, ausserhalb der Dörfer längs der Kanäle und Strassen stehenden Bäume nach derselben Richtung (SSE) gebogen sein. Zahlreich sind die Fälle, wo Pinien, Casuarna, Eucalyptus und Salix polwärts schwächer entwickelte Kronen aufweisen. Daselbe gilt von *Acacia arabica* var. *nilotica* (der «Sant»), *A. sirisa*, *Albezzia Lebbeck* und der *Sykomore* (*Ficus Sycomorus*, arabisch «*Gammaiza*»). In Zagazig, im SE-Ende des Deltas, sollen Sykomoren vorkommen, deren Kronen nicht bloss asymmetrisch entwickelt, sondern oben abgeflacht, wie beschnitten sind. Gärten sind durch Wälle geschützt. Nur der Feigenbaum (*Ficus carica*) gedeiht frei, allerdings mit niederer, halbkugeliger Verzweigung. Die Dattelpalme, welche sich wesentlich auf Dörfer und deren Umgebung beschränkt, wächst gewöhnlich gerade. Wenn sie schief steht, ist die Neigung gering. Selten findet man in sehr exponierten

Lagen ihre Krone von Nord nach Süd angeblasen. Man will die Wahrnehmung gemacht haben, dass die männliche Palme stärker vom Wind beeinflusst wird, als die weibliche (Anpassung an Bestäubung? Der Verf.).

In Ober-Aegypten sollen Palmen ebenfalls ein wenig nach Süden geneigt sein können; in Luxor zeigt sich das sehr ausgeprägt an dem persischen Paternosterbaum, *Melia Azedarach*, ziemlich allgemein an dem verbreitetsten Strauche, der Tamariske.

Diese Daten bestätigen mithin aufs schönste die von den meteorologischen Stationen konstatierten vorherrschenden N- und NW-Winde, welche im Mai bis Juni von NE-Winden vertreten werden.

3. Von Menorca (Balearen) sagt Willkomm: «Die Stämme der auf freien Höhen stehenden Bäume erscheinen alle wegen der vorherrschenden und oft sehr heftigen Nordwinde schief nach Süden, was der Landschaft eine sonderbare Physiognomie verleiht» (90). Auf Mallorca bildet die Sierra der Nordküste einen Schutz.

4. Die ausgezeichneten Windhecken von Bonifacio, aus *Phyllyrea media* L. hat Rikli (l. c.) beschrieben; derselbe gibt Abbildungen der vielen Schutzmauern, Schutzhecken von *Arundo Donax* um die Kulturflächen. Nach den Stereoskopbildern (Thal von St-Julien), welche ich dem Naturforscher verdanke, erscheinen sie aus der Ferne, am Horizont von Plateaux oder Rücken wie Sägezähne, mit einer mittleren Neigung von 15—40 Grad. Höhe im Lee ca. 3 m. Aus der Entfernung Dünen im Querprofil nicht unähnlich, ergeben sie in der Nähe für mich den Eindruck von treibenden Haufenwolken.

5. Von den Flachküsten und ungeschützten flachen Gebieten Sardiniens sind die wilden, an unsere Bergföhrenreviere erinnernden Olivenhaine oder *Olivastri* bekannt, in denen der Maestrale alle Bäume von NW nach SE gepeitscht hat, während im Gegensatz dazu die gegen Norden geschützten Gärten von Millis (N Oristano) berühmt sind (cf. Reclus, Geogr. univ. I, 588).

6. Die vielen Gartenmauern in Sizilien und besonders in Malta sollen doppelt schützen: mit den Glasscherbenkronen gegen unberufene Gäste, sonst in allen exponierten Gegenden gegen N- und NE-Winde. *Ceratonia siliqua* ist in dem über Mauern aufragenden Teil scharf umgebogen. Freilandpflanzen erscheinen aus der Ferne mehr oder weniger kugelig abgerundet, während sie im Schutz der Wadi normalen Wuchs zeigen (Henslow B).

7. Aus dem Gebiet des östlichen Mittelmeeres mit den aus dem klassischen Altertum bekannten Etesien (NE-Winde des Sommers), dem nach Norden ausholenden Passat, giebt Th. Fischer in seiner ausgezeichneten klimatologischen Studie (23) keine Beispiele, obschon sie sehr zahlreich sein müssen.

a) Man wundert sich, dass Partsch, welcher vom sömmerlichen Maestro auf Corfu (64) und den zahlreichen Windmühlen von Leukas und Meganisi (65), Kephallonia und Ithaka (66) spricht, keine entsprechenden Angaben über die «sanft welligen Olivenwaldungen» macht. Von Kythera (Cerigo) beschreibt Leonhard (54) den schädlichen Einfluss der mit Grad 4 wehenden Winde auf die Vegetation; die geringe Höhe der Oelbäume und die niedern Häuser sind Folgeerscheinungen der anhaltenden Winde.

Auf dem ca. 300 m hohen Plateau im Innern werden zahlreiche Windmühlen verzeichnet, ebenso auf der Insel Kythira oder Cerigotto in der Richtung NW-SE ohne nähere Angaben über Bau und Stellung derselben und ohne Daten über Windformen an Holzpflanzen.

β) Von der griechischen Inselwelt hebt Philippson (67) die rauhe, feuchte Nordseite der Eilande hervor, obschon der Regen von Süden kommt. Im Sommer sind die Etesien so stürmisch, dass sie «auf Höhen den Baumwuchs hemmen und das Gehen fast unmöglich machen». Auf meine Anfrage teilt mir der bekannte Erforscher Griechenlands

mit, dass Windmühlen an der Ost- und Westküste von Griechenland, ebenso in Kleinasien sehr häufig sind. Ihr Rad schaut konstant nach Norden. Windschiefe Bäume sollen sehr verbreitet sein, ohne dass bei der allgemeinen Verbreitung des Phänomens auf Ort und Art derselben besonders geachtet wurde. «Auf den Höhen der Kykladen sind die NNE-Winde (Etesien) so stark, dass auf einigen Inseln dort oben gar kein Baumwuchs möglich ist, höchstens Feigenbäume (s. Aegypten!) reichen im Schutz von Mauern bis zur Höhe dieser letztern».

γ) «In Westkleinasien — fährt N. Philippson fort — fiel mir im Herbst 1900 in der Ebene von Akhissar (NE von Magnesia, ca. 90 km Küstenabstand) auf, dass sämtliche einzeln stehenden Bäume der Ebene, meist Oliven, vom Nordwind in der Richtung nach Süden gebogen und ihre Kronen in dieser Richtung gewachsen sind».

II. Gebiet der Monsune.

a) Im Küstengebiet Kaliforniens müssen sicher ausgezeichnete Windformen vorhanden sein, nicht bloss wegen der kräftigen Seebrise, mehr noch wegen der monsunartigen, oft vom Mai bis September fast ununterbrochen wehenden Westwinde. Ueber den Habitus der vielfach erwähnten «Chapparrals», eigentümlicher Gehölzdickichte, konnte ich mich nicht ausreichend informieren (cf. Schimper l. c., S. 568 und Abb. der schirmförmigen *Cupressus macrocarpa* von S. Francisco, S. 570).

b) An der Westküste von Ecuador lenkt das scharf erwärmte Land den südlichen Passat zu einem fast beständigen, besonders am Tage scharf wehenden SW-Wind ab, durch den die Baumkronen «schräg abgeschnitten» werden (36).

c) Eine monsunartige Ablenkung findet sich an der afrikanischen Westküste von Guinea bis zur Walfischbai. Hier blasen überall

kräftige SW-Winde. Herr Prof. Pechuel-Loesche teilt mir aus dem Vorland von Kinsembo, ca. 100 km südlich der Congomündung folgende sehr verdankenswerten Beobachtungen mit: Eine um eine 10 m hohe aufrechte Palme (*Hyphaena*) kletternde Ficus-Art ist unterhalb des Blattschopfes der Palme zu einem an ein Nest oder einen Reisighaufen erinnernden Dickicht verflochten und gleich einer Flagge landeinwärts geblasen. In der Nähe sind stolze Adansonien, allein bei Kinsembo giebt es welche, die stammlos, in unzähligen, ca. 5 m hohen «Klumpen, Zweigen, Stumpfen» durch die «Seebrise» flach auf die Erde gelegt sind; 1875 waren es 5 solcher Adansonien, 1882 noch 4, «jetzt sind es noch 3», da sie von den Faktoristen nicht geschont werden. Glücklicherweise hat Herr Pechuel-Loesche ein Aquarell, ca. 20 m umspannend, angefertigt, wovon er mir gütigst eine Pause zur Einsicht gegeben.

d) Aus dem indischen und ostindischen Monsungebiet kenne ich keine Belege. Dort, im Küstengebiet mit den vielen Cyklonen und den gewaltigen Regenwäldern werden die Windformen dem Reisenden ohne weiteres leicht verdeckt bleiben. Die Kokoswälder zeigen naturgemäß häufig genug Stammneigungen nach allen Richtungen. Allein in Vorderindien, wo das anhaltende Gewell auf den Bewässerungsteichen (Tanks) dem Bewohner die Herrschaft des Monsuns verkündet und speziell oben auf den Ghats der Westküste, den Nilghiris etc. dürften Windformen ebenso wenig fehlen, als der Gegensatz von SW- und NE-Monsungebieten landschaftlich auf Vorderindien und Ceylon scharf ausgeprägt ist.

e) Besser bekannt ist der Einfluss des während der Vegetationszeit arbeitenden Monsuns auf die Vegetation an der Ostküste von Russisch-Asien durch Th. v. Middendorff (59), F. Schmidt (83), Radde u. a.*).

*) Die ausführliche Arbeit von Knipping über die Winde Japans in den Abh. d. Leop. Carol. Akad. LXI, No. 3, Halle 1894, enthält nur eine Verarbeitung meteorologischer Aufzeichnungen.

Hier sind zwei Thatsachen zu erwähnen:

1. Direkt an der Küste, speziell auf Küstenebenen, wo der Wind in ungeschwächter Kraft zum Schurfe kommt, fehlt — wie überall — der Wald oder selbst das Gesträuch auf Hunderte von Metern bis einige Kilometer. Er fehlt an der Wurzel und der Südspitze der Halbinsel von Kamtschatka. Bloss als Zwerpform, als liegender Strauch, lebt *Pinus Cembra pumila* Regel auf den im Sommer vom Monsun scharf bestrichenen Kurilen, beispielsweise auf Raschua (Rastua) und Katoy (Ketoj; Midd. 563). Am Amur Liman hat die Vegetation nach Schmidt fast denselben Habitus wie im Innern des Landes an der Baumgrenze der Gebirge z. B. im Bureja-Gebirge.
2. Im übrigen beginnt der Küstenwald nicht gleich hoch- und gleichstämmig, sondern dachartig und «ein paar Hundert Schritt weit» landeinwärts erhebt sich derselbe unter dem Einfluss der Seewinde. Middendorff möchte den Staubregen verantwortlich machen, da natürlich in unmittelbarer Küstennähe die Coniferen selbst bei schönem Wetter frisch bestäubt erscheinen können, zumal bei hohem Seegang. Allein dieselben Formen kehren wieder und dies weit im Innern noch, selbst auf der Insel Onon am Baikalsee und auf dünenreichen Inseln der Angara nahe dieses Sees (Midd. l. c., S. 680). In dieser so oft berührten Frage des Meer- oder Salzstaubes ist es überaus wertvoll, dass Middendorff selbst dem Wind ohne weiteres den Haupteinfluss zuerkennen musste und zwar durch Beobachtung der südlichen Waldgrenze im europäischen Russland gegen die Steppe zu, wo die Vorposten in den Gouv. Poltawa & Charkow viel mehr Aehnlichkeit mit den «Heckenformen des Ochotskischen Meeres» haben als mit Baumleichen der polaren Grenze, mit «von dürrheissen Winden entwipfelten, gekappten, gleichsam unter der Schere gehaltenen, zugerundeten, ja sogar ge-

schorenen Kronen». Es wäre höchst wertvoll, hierüber Genaueres zu kennen wegen der höchst eigentümlichen, monsunartigen Winde im südlichsten Russland nahe des Schwarzen Meeres. Von grosser Bedeutung ist zunächst der frappante Gegensatz von Luv und Lee der Hügel und Berge, von einer oceanischen und kontinentalen Seite. Auf dieser können die Bäume sehr zwergig sein, unbedingt oben im freien Spiel der Winde, also an der obren Baumgrenze, während im Windschutz stets kräftige und aufrechte Formen vorkommen. Instruktiv ist im südlichen Ochotskischen Meere die grosse Schantar-Insel. Hinter Hügeln soll *Larix sibirica* «3½ Fuss dicke» Stämme zeigen, im Luv ist sie liegend oder als «Heckenläarche» entwickelt, als Windhecke «mit einem Laubgewirr, das den schönst beschnittenen Wänden unserer Hecken nicht nachgiebt». Die Baumleichen fehlen fast total im Gegensatz zur polaren Waldgrenze. Lediglich die Folge sturmbewegter, zumal den Seewinden ausgesetzter Lage (daher Betonung des Staubregens bei Middendorff) sind überall in der Nähe der Küsten oder auf Höhen am Ochotskischen Meer die Spalierläarchen, kaum ½ Fuss über dem Terrain und demselben anliegend. Zu oberst bildet *P. Cembra pumila* die dichtesten «Barrikaden-Netze», welche die Wegsamkeit fast völlig aufheben und da ähnliche auch auf den niederen Kurilen vorkommen, müssen — vom Schneedruck abgesehen — beide der Wirkung der Winde in erster Linie zugeschrieben werden. Auch *Picea obovata* Ledeb. wird an der Mündung des Udj-Flusses (W des Amur) «breit wie Laubholz, gekrümmt mit windschiefem Gipfel» (Midd. l. c. 545). Alle diese Verhältnisse bestätigen die anemometrisch gewonnenen Resultate in Ostasien, wo nach Woeikof der Winter 70 % der Winde aus N, NW und W, der Sommer 55 % aus S, SE und E aufweist (91). Am kräftigsten weht der Seewind im Juli.

III. Gebiet der extratropischen Westwinde der südlichen Halbkugel.

a) Südamerika. Bekannt sind die baum- und humusfreien Flachländer des südlichen Patagonien, beispielsweise N und S von Rio Santa Cruz. Pferde flüchten vor den strammen NW- und W-Winden in Vertiefungen von Trockenthälern. Nach den mir von unserem Landsmann Dr. Santiago Roth in La Plata gütigst vermittelten Aufnahmen weisen Dünen und asymmetrische bis schiefe Weidenbäume (*Salix* oder *Tamarix*?) und «Cypressen» am Rio Limay und Lago Nahuel Huapi (ca. 600 m) übereinstimmend auf scharfe und anhaltende westöstliche Luftströmungen hin. Die älteste mir bekannt gewordene Anzeige von windschiefen Bäumen findet sich in der Reisebeschreibung von Jac. Hermitae nach Indien (46). Im Februar 1624 an der Ostküste von Feuerland vorbeisegelnd, schreibt er von derselben: «Les montagnes qui à leurs aspect du côté de la mer paraissent arides, sont toutes couvertes d'arbres qui panchent tous vers l'Est, où les pousse la violence des vents de l'Ouest qui souflent ordinairement en ces païs-là.» Darwin (l. c. 240—241) beobachtete, wie die dem Westwind ausgesetzten Gehänge kahl, die geschützten auf 1000—1500 Fuss bewaldet sind. «Die Bäume sind niedrig, dick und gekrümmmt infolge der Höhe und der stürmischen Winde.» Was aus der Ferne «wie ein Teppich schönen grünen Rasens erschienen war, stellte sich als eine kompakte Masse kleiner, ungefähr 4 oder 5 Fuss hoher Buchenstämme» heraus. «Sie standen so dicht aneinander wie Buchsbaum in den Rändern der Gartenbeete und wir waren genötigt, über die flache, aber verräterische Ebene uns durchzukämpfen.»

b) Die Falklands-Inseln sind baumlos, obschon, wie Darwin (l. c. 54) bemerkt, der Wind feucht und durch denselben Samen von Feuerland angetrieben werden können. In der That

fehlen die SW-Winde hier nicht (Ann. d. Hydr. 1875 S. 377 und Met. Z. 81, 298). Allein die Inseln bieten orographisch zu wenig Schutz. Gemüse wird oft ausgerissen wie Stroh (Reclus XIX 787). Moorflächen und Seen charakterisieren das Land.

c) Süd-Georgien mit vorherrschenden Winden aus NW, W und WSW zeigt vermöge seiner vertikalen Gliederung eine feuchte südwestliche, oft mit Schnee bedeckte Seite und eine trockene, öde, gelegentlich mit Föhnwinden bestrichene NE-Seite und ist baumlos. Das Tussokgras (*Dactylis caespitosa* Forst.) und Zwergsträucher (*Acaena*) bilden hier charakteristische Merkmale der ärmlichen Pflanzendecke (6).

d) Die ausserordentlichen Windwirkungen und Vegetationsverhältnisse sind von den Kerguelen durch die «Gazella» und neulich durch die deutsche Tiefsee-Expedition (Chun. I. c.) beschrieben und pflanzengeographisch verwertet worden. Die ganze Landschaft ist eine ausgesprochene Windlandschaft, trägt die schärfsten Züge der unermüdlich einwirkenden Westwinde. Eine «Windwüste mit Oasen in den Windstille» (Schimper B.) Wie instruktiv sind die Bilder mit den Azorellapolstern bei Chun. I. c., wie viel wertvoller müssten sie durch die Angabe der Himmelsgegenden sein!

e) Von der vulkanischen, vorherrschend von W- und NW-Winden gepeitschten S. Paul-Insel fehlen mir Daten. Dagegen erinnerte sich Schimper (B) noch gut, dass auf Neu-Amsterdam die Heidemyrte (*Phylica nitida*?) auf den Westseiten «geschoren», im Windschatten normal gewachsen war.

f) Ausserordentlich scharf ist die Wirkung der NW- bis SW-Winde im südlichen Australien, auf Tasmanien und Neu-Seeland. Herrn Dr. Hundhausen verdanke ich zwei Photographien von der Ostküste von Port Philip (Melbourne), wo hinter Quarzsand-Dünen teils angeschürfte Baumleichen, teils grossartig entwickelte von W-E mit 30 Grad ansteigenden

Windhecken von *Leptospermum* weite Strecken bedecken. Nur kräftige Dünen lassen den gewaltigen Schurf aus Westen weniger aufkommen. Nicht Sturm, sondern vorherrschende Winde erzeugen diese Landschaft.

Allen Oceanfahrern ist der Kampf mit den Westwinden bekannt, den man auf der Rückreise von der Südinsel von Neuseeland nach dem australischen Kontinent zu bestehen hat. Bei Invergill und im SW der Südinsel, am Eingang der Sounds (Fjorde) glaubte Prof. Heim aus der Ferne durch Rothes montannées sanft gerundete Felsen zu erblicken. In der Nähe erwies sich das Ganze als eine mehr oder weniger geschlossene Decke, als ein riesiges, vom Wind gekämmtes Fell, als eine Summe von flachen Wind-Rundhöckern. Das ist die eindrucksvollste Erscheinung, welche mir bekannt geworden ist (mündl. Mitt. meines verehrten Lehrers). Wie grossartig wird sie im Gebiet der Cookstrasse sein!

Nach obigen Thatsachen sind die «braven Westwinde» im Pflanzenkleid der Inseln und Halbinseln ausgezeichnet abgebildet.

IV. Gebiet der extratropischen Westwinde der nördlichen Halbkugel.

Die britischen Inseln und der europäische atlantische Küstenraum.

Hier ist der Ort, auf eine allgemein verbreitete Thatsache hinzuweisen. Ueber dem Ocean treiben die Luftwellen immer kräftigere Windseen an. Plötzlich vermehrt sich die Reibung an der Küste. Die Windseen schneiden die über das Niveau emporragenden Teile der Erdkruste ab (Abrasion), doch in schief landeinwärts ansteigender Form, so dass wir von den äussersten punktförmigen Klippen zu immer grösseren Unebenheiten, schliesslich zum Cliff kommen. So verhält es sich mit der Vegetationsdecke. An dauernd bestrichenen flachen Küsten fehlt der Wald fast ganz.

Gestrüpp oder bloss Rasen deckt das Land. Alles ist zwergig. Selbst der Rasen fällt uns auf durch seinen sehr niedrigen «abgeweideten» oder alpinen Habitus. Das ist der Eindruck, wenn wir aus der Schweiz in die baumarmen Marschländer und die Wattenküsten der Nordsee kommen. Wieder finden wir so viele Rosettenpflanzen. «Die Wattenwiesen sind kurz», sagt Buchenau, «nicht nur wegen des weidenden Viehs, sondern wegen des fast beständig ungebrochen über die ebenen Flächen streichenden Windes; sie teilen diese Eigentümlichkeit mit den Gewächsen aller dem Winde stark ausgesetzten Flächen, z. B. auch der welligen Hügel bei Brighton und der SW-Abhänge der Insel Wight» (11). Wo Dünen fehlen, stellt sich stets auf eine bestimmte Strecke dieser Rasen oder Gesträuchhaide ein. Hansen (l. c. 28—29) fand von 262 Pflanzen der ostfriesischen Inseln 82 aufrechte, meist mit xerophilem Bau und 180 niedrige oder niederliegende Pflanzen.

Wie breit der waldfreie oder bloss mit Gestrüpp und Rasen bedeckte oder in Windhecken schräg angeschürzte Küstensaum ist, hängt ganz von örtlichen Verhältnissen ab.

Die Rias von Vigo im nordwestlichen Spanien hat erst im Hintergrund Bäume.

Die Schären Norwegens, eine alte, gehobene Abrasionsfläche, sind waldfrei und eine Aufforstung hätte hier mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen. Dann folgt gleich die Steilküste mit den stillen Fjorden, in deren Schutz der Wald, vorherrschend Nadelholz, geborgen ist. Daher sind hier windschiefe Bäume ziemlich selten, am ehesten durch Birken vertreten, beispielsweise nahe Farsund mit Verbiegungen nach SE.

Scharf weicht der Küstensaum auf spitzen Halbinseln zurück, wofür die Bretagne, Grossbritannien, Alaska, Kamtschatka treffliche Beispiele liefern. Am ausgeprägtesten muss sich dieses Phänomen auf Inseln mit kleinen Küstenabständen zeigen. Grossartig ist das Bild der baumlosen, moor- und seenreichen Orkneys- und

Shetlands-Inseln*). Atolle tragen hauptsächlich und primär eine Baumart, die elastische Kokospalme.

Höchst lehrreich ist die Bretagne. Auf der Insel Ouessant (Ile de l'Epouante) fehlt jeder Baum, nur verkrüppelte Bachweiden bilden einen Schmuck. Kleine, niedere Häuschen mit einem Vorrat von Brennmaterial aus westindischem Treibholz und verunglückten Schiffen, herrliche Wiesenteppiche, hasenartige Schafe und kleine Pferde und Gärtchen mit mannshohen Mauern sind beredte Zeugen der heulenden atlantischen Winde. Ludwig Rütimeyer wurde bei seinem Aufenthalte auf der Bretagne gefesselt durch den eigentümlichen Föhrenwald mit landeinwärts gebogenen oder abgescharten Wipfeln. Gegen das Meer zu ist die Kiefer «ein Gebein» (79). Welch schönes Bild entwirft H. Credner von der Armorica (Bretagne) (15). «Auf dem sich nach Win's Meer schiebenden Plateau erblickt das Auge keinen Baum und diejenigen, welche in Thaleinsenkungen Schutz gefunden haben, hat die Kraft der Winde schräg oder schweifartig landeinwärts gebogen. Die sanft hügelige Fläche selbst überzieht ein kurzer Rasen, aber bunt, blütenreich, von unglaublicher Farbenpracht. Die niedern Kräuter Purpurheide, Ginster, Adlerfarn, alles sonst mannshoch, sind zu handgrossen Zwergen zusammengeschrumpft.»

An solchen Küsten sind Windhecken, mehr oder weniger ausgeprägt, eine allgemeine Erscheinung. Zugleich scheint mir analog zur Bildung der Küstendünen überall die Thatsache aufzutreten, dass diese Gesträuchdünen sich mehr oder weniger vertikal zur Küstenlinie einstellen. Das ist der Fall in England, an den Ost- und Westküsten, an der europäischen Westküste; selbst Sarothamnus scoparius ist beim Leucht-

*) Nach Lessing, Reise durch Norwegen. Berlin 1831, S. 56 (cit. von Schrenk A. G., Reisen auf dem Nordosten des europ. Russlands, 1837, II, 1854) giebt es auf Farö, Orkneys und Hebriden armsdicke Birken im Torf. Der Mensch hat die Bäume zum Teil zerstört.

turm auf Borkum zu niedrigen, «einer Düne ähnlichen Polstern» umgeformt (Hansen l. c. 49). Nördlich Groningen sind die Bäume NW-SE asymmetrisch und schief und noch in einer Wegstunde vom Meer erscheinen Nordränder von Wäldchen schief angetrieben (B). Die prachtvollen Tische und Fahnen an *Pirus communis*, *Crataegus*, *Pinus sylvestris*, Buchen und Eichen am hl. Damm in Mecklenburg und um den Darss bei Stralsund, wie Müritz, Dierhagen und Wustrow W Darsserort, bei Prerow am Darss (E. Geinitz und Pechuel-Loesche B. und Bilder) sind landeinwärts und quer zur Küste gerichtet, d. h. NW-SE oder N-S.

Die Erscheinung ist allgemein an der pommerschen und preussischen Küste (Bad Dievenow, Crantz (86); cf. P. Gerhardt, Dünenbau l. c.).

Das Phänomen tritt allgemein auf in Kurland, Livland und Estland. Die Kiefern auf den Strandwällen neigen zum Nanismus, erhalten asymmetrische Kronen. Nach K. R. Kupfer (B) sind in Kurland zwischen Strandhof und Sernaten (Libau-Windau) *Pinus sylvestris*, *Picea excelsa*, seltener *Prunus padus*, *Betula verrucosa* und *Pop. tremula* W-E angeblasen, d. h. senkrecht zur Küste. Besonders ausgeprägt zeigt sich daselbst die Windwirkung an der Kante des Diluvialplateaus, das in einer 15—25 m hohen Steilküste abgebrochen ist. «Wo, statt einzelner Bäume, geschlossener Wald an den Abhang tritt, da entsteht die Windhecke. Der Wind arbeitet wie die Schere des Gärtners. Die Hecke ist undurchdringlich, deren Gezweig so dicht, dass kein Vogel, kein Lichtstrahl eindringen kann. Dabei ist die Oberfläche dieser natürlichen Hecke so gleichförmig gewölbt und schliesst sich so genau dem von der Küste ansteigenden Windstrom an, dass es von der Ferne unmöglich ist, zu entscheiden, wo das feste Land aufhört und die Vegetation anfängt. Nur hie und da ragt aus dem quasi sorgsam geschorenen Gezweig die 1—2 Jahrestriebe lange verdorrte (!) Spitze eines vorwitzigen Fichtenbäumchens hervor, welches sich einmal

durch die milde Witterung eines schönen Frühlings zur Emanzipation verlocken liess. Die Windhecke besteht an der Aussenkante aus *Juniperus communis*, dann folgt eine Zone von 3—4 m hohen *Picea excelsa* und zu innerst *Pinus sylvestris*, die allmählich in den normalen Hochwald übergeht.»

An derselben Küste und im NW von Oesel ist *Juniperus communis* gelegentlich auf flache 3 m breite und 0,5 m hohe Schilder oder Calotten reduziert, während Schafe durch Frass an derselben Pflanze flach konische, in der Mitte mit Säulen versehene Formen erzeugen.

Prachtvoll ist die normale Stellung von Windhecken aus *Crataegus* und andern Gewächsen im «Gosford Park» zwischen Firth of Tay and Aberdeen, bis 20 m lang, mit Neigungen von ca. 20 Grad. Von einzelnen entfernt hintereinander stehenden Individuen steigt die einseitige Krone des küstennächsten Exemplares mit 35, die seines Schützlings mit 45 Grad an. Die Asymmetrie beträgt beim ersten 1 : 3, beim letztern 1 : 4 (Photographie von W. G. Smith). Hier ist der Ort, noch interessante Beobachtungen einzuflechten, welche die Allgemeinheit der Erscheinung demonstrieren sollen und welche mir A. Philippson gütigst von der Westküste Kleinasiens überlassen hat. «Fast überall, wo eine Sandküste vorhanden ist und hinter dem Sandstrand immergrünes Gebüsch (*Quercus*, *Pistacia* u. dgl.), ist dieses Gebüsch durch den Seewind (also in diesem Fall nicht Etesien, sondern Seebrisen, d. Verf.) wie mit der Schere geschoren zu einer dichten, landeinwärts ansteigenden Masse. Seewärts glatt, landeinwärts verzweigt. Es ist dabei gleichgültig, nach welcher Seite sich die Küste wendet. Man lässt daher oft solche Gebüschtreifen stehen zum Schutz gegen Versandung der Küstenebenen. An Felsküsten habe ich derartige Einwirkung des Seewindes nicht beobachtet. Es ist also wohl Sandschliff.» Das Ganze ist ein prachtvolles Beispiel von Windhecken, zu deren Bildung ab und zu Flugsand mitgewirkt haben mag.

In flachen Ländern zeigt sich die Windstärke noch in erheblichem Abstand von der Küste. Wald tritt erst hinter den Dünen auf. Wo letztere eine Lücke offen lassen, werden Eichen in Holland rutenförmig und weisen nach dem Innern des Landes hin (44). In Langdörfern reihen sich die Siedlungen hinter den französischen, belgischen und holländischen Dünen an. In Dunkerque gedeihen die Kirschen bloss hinter den Sandwällen in mit ihnen gleichhohen 4—6 m erreichenden Bäumchen. Auf Sylt, Föhr etc. kommen Bäume bloss im Schutz der Gebäude vor; deren Höhe ist ihre obere vertikale Wachstumsgrenze; von hier an beginnen sie landeinwärts flatternde Windfahnen zu bilden, wie es Focke und Borggreve (l. c.), vor ihnen J. G. Kohl in seiner klassischen Beschreibung der Elbherzogtümer dargestellt haben, eine Schrift, die man heute noch als Muster hinstellen muss (l. c. I 93—98, II 104—106, III 12—32) und die von vielen Forschern entweder nicht bekannt oder nicht gewürdigt worden ist. Dasselbe Bild an allen Gartenmauern, Dämmen, hinter deren Kante die Kronen in der Windrichtung flatternd umbiegen oder absterben. Pechuel-Loesche (B) berichtet von dem schon erwähnten Preow, wie Buschwerk hinter einem Küstendeich in scharfer Grenzlinie in der Höhe der Deichkante abschneidet und gleichsam einen zweiten Wall bildet.

Daher kommt es, dass beispielsweise die flachen Länder um den Kanal und die Nordsee allgemein *Winddeiche*, *Windbrecher* kennen.

Auf der Bretagne siedelt man sich, wenn möglich, im Osten einer Terrainwelle an. Jedem Besucher des Landes fallen die zerstreuten Höfe, die vielen, oft noch Sarothamnusheiden umschliessenden Mauern als Einfriedigungen auf und die zerzausten, nach Osten schauenden Kiefern. Oft sind Mauern durch Wälle ersetzt, deren Kronen Buschwerk und Kiefern tragen. Das sind für die Kulturen wohlthätig wirkende Windbrecher. Ganz charakteristisch sind für

das flache Belgien die unzähligen Grünhecken. Sie sind die Signatur von Schleswig-Holstein, hier als Knicks bekannt, in Form von 2—3 m hohen Erdwällen mit auf gepflanzten lebenden *Corylus Avellana* und *Crataegus* oder als einfache geschorene Grünhecken zum Schutz der Saaten wie um Glücksburg, Tondern. Es sind Windbrecher; Knick m. = Biegung, Bruch oder Knack = Einhegung der Felder, «Hecke, gröner dorntun, hage», auch Landwehre (Grimm). Trefflich sind sie von J. G. Kohl (l. c. III, 32) beschrieben, der bereits konstatiert, dass Husum als grösste Stadt den meisten Schutz nach NW gewähre und deshalb die höchsten Bäume habe, von R. Credner (l. c. S. 2, 4, 16) und Hansen (l. 85). Dass sie der Landwirtschaft dienen und zwar als Windschutz, leitet letzterer richtig aus Thaer, System der Landwirtschaft S. 90 ab. Sie erscheinen bekanntlich wieder als charakteristische Grundzüge der englischen und schottischen Landschaft. Die vielen linearen und zerstreuten Wäldchen, welche der englische Survey auf den topographischen Karten innerhalb der Hofsiedelungen verzeichnet, sind unmöglich zufällige Rodungsreste. Meitzen (56) hält die Einzelhöfe westlich der Weser mit den Wällen, Hecken und Gräben als ein keltisches Siedlungsprinzip. Sie finden sich aber auch auf Bornholm, wie wir früher andeuteten, in den Mittelmeirländern, kurz sie erscheinen einfach als Anpassung des Kolonisten an anhaltende Winde. Für Aufforstungen in windreichen Ebenen sind Wälle mit Gräben zur Aufnahme der Pflänzlinge sehr wirksam.

In denselben Elbherzogtümern kennt man schon lange die «Eindeichung der Wälder gegen die Luftfluten» (J. G. Kohl, III, 31), d. h. die Erstellung von Windmänteln im Luvrand der Wälder, nicht weniger in Dänemark, wofür alljährlich ein grosser Betriebsposten ausgesetzt werden muss u. a. O. Vorzüglich eignen sich dazu *Pinus montana*, *Picea alba*, *Crataegus*, *Corylus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Aesculus*, *Robinia*.

Im Innern von England macht sich der Einfluss der Winde noch überall geltend, ungleich abgeschwächter als an der Westküste, allein in schwach welligem bis ebenem Gelände noch deutlich darin, dass sich von W nach E oder SW-NE schauende asymmetrische Kronen entwickeln, z. B. um Leeds in Yorkshire, d. h. in einer bestimmten Richtung, wodurch die vorherrschenden Westwinde, nicht Stürme, zum Ausdruck gebracht werden, welche von allen Himmelsgegenden her kommen. Die Ebene von Salisbury, auf kalkiger Unterlage, in ca. 220 m auf dem Isthmus zwischen der Bristolbai und der Themsebucht ist bekanntlich relativ öde, unfruchtbar, baumlos, mit dünnem Graswuchs bekleidet. Soll denn hier nicht der Wind den Kalkboden mindestens in einer gleichsinnigen Wirkung unterstützt haben?

Dänemark - Skandinavien - Finnland.

a) Schon eine Atlaskarte in 1:15 Mill. ergiebt einen grossen Gegensatz der W- und E-Küsten der jütischen Halbinsel; dort feiner Ausgleich, hier noch ursprüngliche postglaciale Formen, dort seit alten Zeiten ein vielfaches Stranden der Fahrzeuge, hier grössere Ruhe, dort kleine und zerstreute Siedelungen in reizlosen Gegenden, hier Verteilung sämtlicher grossen Städte in malerischen Buchten. Zieht man eine Waldkarte zu Rate, z. B. im Massstab 1:500,000, wie die herrliche Karte des deutschen Reiches (Blatt 1), so ist auffällig, dass der grüne Streifen je etwa den östlichen Drittel oder Viertel einnimmt, während der Westen nur Parzellen, sonst vielfach Oedland in Form von Heiden und Mooren aufweist. Ohne weiteres möchte man eher die umgekehrte Verdichtung von Osten nach Westen erwarten. Die Thatsache erklärt sich nicht bloss aus dem postglacialen Sandr im W und den tiefgründigen Moränen im Osten, sondern entscheidend durch den Mangel an Windschutz im Westen. Ueber die meridionale schmale Halbinsel

streichen beinahe konstant Winde aus dem Westen, mehr aus SW-NE im Winter, aus NW-SE im Sommer, wie überhaupt im Gebiet des Kanals und der Nordsee, und zwar nach Aufzeichnungen in Kopenhagen zu 55 % zwischen W-N, wovon SW 20 %, W 18 %, NW 11 % mit mittleren Geschwindigkeiten von 3—4 m per Sek. Man kennt nur 3 % Calmen.

Die Halbinsel verhält sich den fegenden Winden gegenüber wie ein flacher Isthmus. Die Wirkung auf die Vegetation ist hier grössten Stils ausgedrückt. J. Müller hat in seinen «Humus-Formen» (62) auf S. 130—132 die Ansicht von der SW-Grenze eines Waldes reproduziert aus «Tidschrift for Skovbrug» Bd. VII — 1884 S. 15 Fig. 3. In Vester Langskov bei Halv N Aarhus ($56\frac{1}{2}^{\circ}$ n.) befindet man sich in ca. 100 m auf einem bewaldeten Plateau, 16 km von der Ostsee, 120 km von der Westküste. Kaum 1 km nach Osten ist der Laubwald normal mit schönem Unterholz; 400 m westlicher ist er licht, Unterholz fehlt fast total, Bäume mit einseitig nach E entwickelten Kronen. Man ist hier ca. 50 m über Meer. Nach W löst sich der Wald immer mehr auf. Die einzelnen Individuen zeigen leichenartige, gekrümmte Stämme aus der Mitte eines niederen, als Stockausschlag entstandenen Busches. Endlich fehlt auch eine centrale Axe; man sieht noch vereinzelte, inselartig zerstreute, niedere Büsche, den «Kratt», «Krattbusch», den Purkrat der dänischen Forstleute, dann folgt die öde Heide. Nach Forstinspektor G. Sarauw in Kopenhagen (B) umfasst das Purkrat namentlich auf den hügeligen Partien der jütischen Heide (scharfer Wind! D. Verf.) ca. 2800 Hektar, als Ueberbleibsel alter Eichenwälder. Im übrigen werden fast alle Holzarten gedrückt; am hartnäckigsten sind *Pinus montana* Mill. und *Picea alba* Lk. *Picea excelsa* und *Abies pectinata* krümmen sich wenig oder gar nicht, werden aber auf der Windseite kahl.

Im Jahre 1792 wurde ein Wald bei Tisvilde-Hegn auf Seeland angelegt. Das Westende zeigt nach 100 Jahren nur Knieholz,

200 m einwärts mehr aufgerichtete aber scharf deformierte und in 500 m Abstand etwa 6 m hohe Bäume. Sobald Terrainwellen auftreten, tritt Normalwuchs auf. «Die Fichte wird zu Tode gepeitscht.» (Mündens forstl. Hefte, herausgegeben von W. Weise, 1898, 13. Heft.)

b) R. Credner in Greifswalde, der treffliche Kenner der Ostsee, teilt mir gütigst mit, dass nach Osten asymmetrisch entwickelte Baumformen dort eine ganz verbreitete Erscheinung darstellen, um Darss, dann auf der Westküste von Hiddensö und Rügen im Osten des Greifswalder Boddens. Schief zugeschorene und selbst mit den Zweigen verwachsene Kronen auf Jasmund (= Rügen). Die «Rundhöcker gleichenden» Windformen sah er von Sylt über Schleswig-Holstein, Mön, Seeland, Südschweden und Bornholm stets von W nach E ansteigend (cf. Tischformen von *Crataegus oxyacantha* nach einer Aufnahme Warmings auf der Nordküste von Seeland in Schimper l. c. S. 86).

c) Nach a) und b) darf man ohne weiteres Windformen in Südschweden, dem flachen Lande südlich der grossen Seen, erwarten. Das wird mir vollauf bestätigt durch die Freundlichkeit der Herren Dr. A. Nilsson von der Forstakademie in Stockholm und J. Henriksson in Mellerud nahe des westlichen Ufers des Wenersees.

1. Aus der Provinz Christianstad (mit Helsingborg) ist nach Nilsson besonders bemerkenswert das Flygsand fäl von Engelholm (N Helsingborg). Man hat hier von der Küste nach Osten folgendes Profil:

- a) 30 m Sandstrand mit Halophyten.
- β) 25 m Dünen mit *Elymus* und *Psamma*.
- γ) 120 m Heide mit Pflanzungen von *Pinus montana*.
- δ) 60 m stellenweise Büsche von *Salix cinerea*, *S. caprea*.
- ε) Dann Laubwald von *Alnus glutinosa*, *Betula odorata* et *verrucosa*, *Populus tremula*, *Sorbus aucuparia*, ziemlich stark nach Osten geneigt.

2. Auf Hallandas vorherrschend Callunetum. Kiefern auf der SW-Seite weniger entwickelt; in Skedala (Halland) nach NE geneigte Birken.
3. In Småland finden sich bei Lilla Vrå asymmetrische und nach E geneigte Kiefern. «*Picea excelsa* wächst dagegen immer senkrecht, obwohl die Krone auf der Windseite schwächer entwickelt ist». Interessant ist eine Notiz aus Bohmen (Kronberg) von Düben in «Botaniskerk-Notisen 1845» S. 52: «Auf der Windseite sind Gesträucher (*Crataegus*, *Prunus spinosa*, *Rubus* dicht an die Felsen gedrückt und über dieselben als ein Espalier ausgebreitet . . . Haine kommen gewöhnlich nur an der Leeseite vor . . . In einem Haine der Insel Groton, der Windschutz entbehrt, sind sämtliche Bäume vom Winde weggewendet und sämtliche Zweige sprossen seitwärts.»
4. Zwischen Göteborg und Warberg an der Westküste ist bei Askim und Baka *Betula verrucosa* sehr stark nach Osten geneigt.
5. Nach Henriksson sind auf der mehr als 200 km langen Strecke von Mellerud über Jönköping hinaus fast überall Laubhölzer (Apfelbäume, *Betula*, *Sorbus scandica*, seltener *Pinus sylvestris*) nach NE schief und sind ihre Kronen im SW (seltener im NW) wenig entwickelt, so bei Oedeborg, Mellerud, Wedum-Herrljunga, Odenberg, besonders bei Warofta, Mullejö und von Kortebo nach Jörnköping am Mälarnsee entlang.

Im übrigen Schweden zeigt sich die Erscheinung viel weniger häufig, dagegen nach Klinge (50) und (B) im Ostbalticum allgemein von WSW-ENE, oft an ganzen Wäldchen wahrnehmbar. So haben wir von Grossbritannien über die jütische Halbinsel und Südschweden eine ausgezeichnete und übereinstimmende Entwicklung von Windformen, welche auf vorherrschende SW- bis NW-Winde

hinweisen, was mit den anemometrischen Aufzeichnungen vollständig übereinstimmt. Diese Gegend ist besonders geeignet, um zu zeigen, dass nicht Stürme, sondern vorherrschende, gleichsinnige, mittelstarke Winde die Erscheinung hervorrufen. Wir befinden uns hier allerdings im Gebiete der Zugstrassen barometrischer Minima, allein die Pflanzenwelt zeigt keine auf Cyklone zurückführbaren Erscheinungen. Die Zahl der Calmen beträgt durchschnittlich in küstennahen Gebieten 3 %, an der Küste 1,8—2 %; die mittlere Geschwindigkeit 3—5 m, so dass per m² ein Druck von über 12 kg ausgeübt wird. Wie Sand und Schnee im Luv hart gedrückt werden, so arbeitet der Wind auch auf die Pflanzen nicht bloss physiologisch, sondern auch mechanisch. Windformen zeigen sich am häufigsten an Laubhölzern. Die Zahl der sog. Sturmtage innerhalb der Vegetationszeit, April bis September, ist sehr klein, z. B. nach H. Meyer (58) für Shetland mit einer Gesamtzahl von 281 nur 5,7 %, Ostküste von Schottland (229) 6 %, NE-England (172) 11 %, Ost-England (160) 7 % und deutsche Küste (143) nicht ganz 21 %.

Gebiet nahe und innerhalb der polaren Waldgrenze.

Wenn man den Verlauf und die Charaktere derselben nach der fleissigen Zusammenfassung durch K. Roder (78) auf einer grösseren Karte verfolgt, ist man sofort frappiert von der Uebereinstimmung mit der Physiognomie der Waldgrenzen ohne Windmantel in viel wärmeren atlantischen Küstengebieten, so dass man sich des Eindrucks von dem eminenten (natürlich nicht ausschliesslichen!) Einfluss der Winde nicht entwehren kann. Es folgen im westlichen Europa Matten oder windgepeitschte Heiden, dann mehr oder weniger hohes Gestrüpp mit Windhecken, der Krattbusch, endlich ange- schürfte Wälder. Sieht man von der notwendigen Umgestaltung

der Flora durch das arktische Klima ab, so hat man im Norden äquatorwärts die mannigfachen Fjeldformationen (Steppen, Tundren mit xerophil gebauten Sträuchlein), dann Waldinseln, hierauf den «Pionierwald», endlich den Nadelwald der nördlichen Hemisphäre. Für die Physiognomie ist nebst den Temperaturverhältnissen vor allem «der mehr oder minder vollständige Schutz gegen die aus der Nordhälfte der Himmelsgegend wehenden Lüfte entscheidend» . . . «Windschutz von mehreren Klaftern Höhe fördert den Baumwuchs mehr als 50—100,000 Klafter geringerer Breite» (Middendorff, Sibirien l. c. 592 und 683). Barren grounds sind offene Tundren, offene Felder («Fjelds»). Jede Terrainwelle ist entscheidend für den Baumwuchs auf der äquatorialen Seite derselben und die geringe Verbreitung der Menschen gegen die Arktis zu ist mit in erster Linie an den Mangel schützender, W-E ausgedehnter Gebirgsrücken geknüpft. Nur da, wo lang anhaltende Schneedecken sich einstellen, sind die kleinen Pflanzenformen wirksam gegen die Winde geborgen. Sonst sieht man sie überall sehr beeinflusst und die Polster- und Teppichformen sind der charakteristische Ausdruck hiefür. Sehr beweisend sind die arktischen Rautenfelder. Sie erscheinen in zwei Typen. Einmal entstehen sie durch Risse in lehmigem, ebenem oder sanft gewölbten Boden wie auf der Taimyr-Halbinsel (Midd. l. c. Sibirien S. 505 und 677), im Gebiet der Petschora und Jugrischen Strasse, von wo sie Schrenk (l. c. 350) beschrieben als ein Netzwerk von Polygonen ähnlich wie Bienenzellen oder das Ausgehende von Basaltsäulen. Nur in den 4—6 Zoll breiten Rissen spriesst die Vegetation. Häufiger sind die Spalten und Risse in Steinboden, durch Verwitterung erweiterte Diaklasen etc. Diese cirkumpolar sehr verbreitete Form haben Kjellmann und Andersson beschrieben; letzterer solche von König Karlsland auf Spitzbergen abgebildet (3). Auf die Uferwälle folgt ein nackter Steinboden mit sparsamen braungrünen Flecken, dann ein Mosaikboden aus grossen hellen

Fels- und kleinen dunkeln Rasenplatten, hierauf die von kleineren Steinflecken unterbrochene Tundravegetation. Nach Andersson sind die Mattenformen von *Carices* oder *Cerastium* schon hinreichend, um bloss auf ihrer Leeseite Blüten entwickeln zu lassen. Am wirksamsten ist das Bild beim plötzlichen Unterbruch des offenen Fjelds durch Thäler.

Im Schutze der letzteren schiebt sich der Wald trotz Zunahme der Breite weit nach Norden, in der Taimyr-Halbinsel bis $72^{\circ} 40'$. Die polare Waldgrenze verläuft daher zickzackförmig. Jeder Zacke entspricht eine lineare Schutzvorrichtung, gleichsam ein Deich, ein Knick, in der Regel ein Thal. Ist das nicht das nordische Gegenbild zu den blumenreichen Wadis der Passatwüsten, zu den linearen, grünen Streifen der Galeriewälder der Steppen? Kehrt nicht dieselbe Erscheinung genau wieder in dem Plateau der warmen Bretagne, in den buntgeschmückten stillen Thälern mit Camelien, Rhododendren und ersten Gemüsen für den Pariser Markt? Weit entfernt, die fundamentale Bedeutung von Licht und Wärme unterschätzen zu wollen, darf man nicht mehr zögern, die Beobachtungen des arktischen Reisenden über den eminenten Einfluss der austrocknenden Winde neuerdings hervorzuheben. Er ist hier noch wirkssamer wegen der anhaltenden hohen Intensität, der nicht sehr hohen Temperatur und stellenweise geringer Niederschlagsmenge.

Daher ist man bei der Kartierung der Waldgrenze auf einer grössern Karte von Alaska erstaunt von dem gewaltigen Küstenabstand derselben.

Für uns kommen speziell noch die Windformen in Betracht. Nach Middendorff (Sibirien l. c. 588 u. 677) ist die S. Lorenzo-Insel kahl und flieht der Wald die Küste auf den Aleuten schon in 51° . Nur geschützte Gebiete an der Wurzel der Halbinsel Alaska haben Wald. Von der Missionsstation Nulato an der Yukon-Mündung giebt P. Tosi im Globus LXIV S. 15 innerhalb 250—300 km Abstand folgendes Bild: Vom Meer an Moostundra, allmählich krüppelige

Birken, erst im Innern Fichten. In S. Michael am Nortonsund in 63° n. gedeiht die Fichte nur auf der SE-Seite der Gehänge, d. h. im Lee der NW-Winde. In der Escholtzbai am Kotzebuesund fanden die englischen Reisenden 18 Fuss hohe Birken «und so dicht, dass man nicht in den Wald eindringen konnte» (Beechy Voyage I 1831 S. 294). *Alnus viridis* und *Salix villosa* bilden bei C. Lisbourne in $68^{\circ} 52'$ etwa $\frac{3}{4}$ Fuss hohe, krüppelige Bestände mit vielen toten (!) Blattknospen (Roder 1. c. 61).

Oestlich des Mackenzie R. fand J. Richardson (75) in $67^{\circ} 17'$ n. kleine Fichten, bei denen bloss die untern Zweige am Boden lang entwickelt, von den obern nur die nach S und SE ausgebildet waren (53). Samuel Hearne berichtet, dass sie (1767) die Zwerglärchen am Churchill R. anfänglich allgemein für *Juniperus* gehalten hätten (40).

Von Grönland ist bekannt, dass Birken, Erlen und Weiden bloss im Innern der Fjorde aufkommen (cf. Schären und Fjorde in Norwegen!) in 3—15 Fuss hohen Exemplaren.

Die Wirkung des Föhns von der Ostküste haben wir bereits früher erwähnt. Dieselbe muss auch im Westen auftreten. Die Grönland-Expedition von E. v. Drygalski berichtet von einer Blockhalde am Umanak-Fjord in 71° n., welche von Birken- und Weidengestrüpp so dicht umsponnen war, dass man die Steine nur merkte, wenn man zwischen den Büschen hindurchtrat (21). Bedauerlicherweise wurde auf die Orientierung der flächenreichen Winddecke nicht geachtet. Allgemein wird (S. 356) betont, dass Kälte und trockene Winde die grönländischen Zergsträucher, Weiden und Birken, zwingen, sich dem Boden anzuschmiegen. «Nur auf der Leeseite senkrechter Felsen oder grösserer Blöcke können sie sich am Umanak-Fjord zu niedrigen Spalierbäumchen erheben. Ihre, die schützenden Blöcke überragenden Zweige werden vom Föhn bald getötet, und wo auf feuchtem Grund zwischen Blöcken zahlreiche Büsche dicht nebeneinander

gedeihen, entsteht durch fortgesetzte Bildung neuer Sprosse ein dichtes Gestrüpp.»

Aus Canada und den Nordstaaten der Union fehlen mir genauere Angaben. Doch weisen die vielen Flugsanddistrikte im Verlauf ihrer Dünen und der von diesen begrabenen Bäume allgemein auf NW-SE-Richtung der vorherrschenden Winde hin. Prachtvoll zeigt sich dies auf South Manitou Island im Michigan-See. Dasselbe lehrt die Verteilung der Sheds oder Bretterwände und Windbreaks oder offenen Schuppen in den nordwestlichen Weidegebieten. In Wisconsin, wo Acer Negundo und Pappeln W-E gebogen und asymmetrisch entwickelt auftreten, greift man zum Schutz des Kulturbodens immer mehr zur Anpflanzung von meridionalen Hecken oder Waldstreifen. Die Getreidefelder erscheinen dann je im Lee dieser Schutzhecken am geschlossensten und ertragreichsten (Prof. King, Madison B; cf. Cowles, William Bray und Ganong cit. Warming 1902, S. 569). Norwegen hat eine stürmische, waldlose Schärenküste und eine ruhige innere Fjordküste. Die Siedlungen sind ausnahmslos innere, im Schutz der Inseln und Vorgebirge und der Kontrast des Pflanzenkleides auf wenige Kilometer westöstlicher Entfernung sehr gross. Leopold von Buch hörte 1807, dass alle Inseln am Westmeer kahl seien wegen der «Salzluft» und fügt hinzu: «Die Weststürme mögen wohl mehr Anteil daran haben» (10). Es fiel ihm auf, dass ausser bei Tromsö die Birke nur mit Mühe aufkommt, während im Innern Getreide gebaut wird und dass im Gegensatz zu den kahlen Aussenküsten von Magerö, auf den SE-Seiten und in Fjorden die Birke noch erscheint, «nicht wie ein Busch, sondern wie ein Kraut auf dem Boden bis 400 Fuss über dem Meer». «Die Winter sind hier weniger der Kälte wegen, als wegen der Stürme gefürchtet, deren Wut über alle Beschreibung geht. . . . Dem deutschen Konsul in Hammerfest ist es sogar gelungen, in einem Garten, der durch hohe Bretterwände gegen die Stürme geschützt ist, Ebereschen,

Azaleen, Schneebeersträuche und sogar ein zwei Fuss hohes Lärchenbäumchen zu ziehen» (Ruge, 85).

Bereits Scheuchzer (l. c. II, 240) ist auf die Bemerkung von Linné in seiner *Flora lapponica* aufmerksam geworden, dass es dort Tannen gebe, «welche alle gegen Norden ganz kahl sind» und schon K. E. v. Baer kennt von Pjalitsa an der Südküste von Kola die landeinwärts folgenden Stufen von sehr verkrüppelten und buschförmigen Birken von kreisförmigem Umfang, wobei sich Durchmesser und Höhe zu einander verhalten, wie 3 : 1, zu asymmetrisch gebauten und schiefen, endlich zu aufrechten und mehr geschlossenen Bäumen (4). Wie Kihlmann l. c. gezeigt, sind die Schneedünen gleichenden und im Lee bis 3 m hohen Windhecken von Fichten und Birken an dieser Südostküste sehr schön entwickelt, besonders bei Tschawanga, auflandige Winde anzeigend. Grossartig ist der Kontrast der Tundra im N der Halbinsel bis zu einem Küstenabstand von 80 und 90 km und dem bewaldeten Gebiet im Süden. Auch hier stösst der Wald in Thälern weit nach N vor, z. B. im Thal des Woronje 50 km weit! Mit Ausnahme der Südküste zeigt sich nach freundlichen, genauer orientierenden Mitteilungen von Kihlmann überall kräftig der Einfluss der in der Vegetationszeit vorherrschenden NW- und N-Winde.

Dachartig von NW nach SE angeblasene Bäume finden sich bei Woroninsk. Windhecken oberhalb der Baumgrenze des Lujawrurt in $67\frac{3}{4}^{\circ}$ n. Seine Tischbirken (S. 73 und Taf. 11 u. 12) und verbogenen Kiefern (S. 75) sind nach SE gerichtet. Ueberall zeigt sich in offenen Gebieten die Tendenz zur Prävalenz der Aeste nach SE (l. c. 68), selbst seine Mattenformen können so scharf nach SE gestreckt sein, dass der elliptische Umriss Axen von 10 : 1 aufweist (Seite 68).

Die Schneeschilder gleichenden Teppiche von Fichten (S. 70) ragen bei Ponoj (Ostküste) nach SE und E frei über die Unter-

lage hinaus. Ueberall macht sich der schützende Einfluss des Terrains geltend. Auf dem 80 km von der Küste entfernten Plateau von Saiht-urt (S. 77) zeigen sich «geschorene Hecken», im Thal des Wuhtsjok, eines rechten Zuflusses des Jowkiok sind dieselben Birken aufrecht, obschon die Böschungen so sanft sind, dass sie mit Renntierschlitten befahren werden können. Selbst in den lichten Wäldern giebt es noch viele nach SE geneigte Bäume.

Alle diese Erscheinungen geben ein prägnantes Bild der tatsächlichen sümmerlichen Windverhältnisse von Russisch-Lappland, unabhängig von den Monsunerscheinungen am Weissen Meer.

In Finnland sollen Windformen nicht selten sein, besonders an Seen, auf Bergen, meistens an *Pinus sylvestris* und *Betula*. Nach einem mir gütigst vermittelten Auszug aus «Finska Forstföreningens Meddelser» XV 158 müssen in Enonlekis im Gebiet des Inara-Sees ausgezeichnet entwickelte, nach SE strebende Tischbirken und geschorene Hecken vorhanden sein, die man schon aus der Ferne erkennen kann. Die finnischen Schären zeigen den Einfluss der SW-Winde des Ostbalticum an. Besonders interessant sind dichtästige Teppiche von Fichten oder Wachholder, bald auf dem Boden oder im Lee eines erratischen Blocks vorspringend (Kihlmann).

Ein Blick auf Blatt 45 im Stieler-Atlas (Edition 1891) mit Angabe der polaren Waldgrenze im nördlichen Russland lehrt drastisch den Gegensatz des offenen Landes zum Windschutz der Thäler und Hügel. Nirgends finden wir so klar die Wirkung eines mitten in der Tundra von W-E verlaufenden Rückens dargestellt, wie NE der Petschora im Grosslandrücken und dem Paechoi-Gebirge, deren Südgehänge «Waldinseln» aufweisen, nicht nur wegen der südlichen Exposition, sondern durch die Leeseite. An der Dwina-Mündung flieht der Wald die Küste, um sofort hinter Hügeln üppig aufzutreten (K. E. v. Baer l. c.). Nach A. G. Schrenk (l. c. 444—479) wird *Juniperus communis* in die Zwergform *J. nana*

umgeprägt. Fichten haben die stärksten Aeste nach S und die Stämme freistehender Exemplare sind von N-S exzentrisch im Verhältnis von 5 : 2. Der Waldrand ist nach N weniger grün und weniger dicht belaubt, dachförmig N-S ansteigend. Fichten sind zu Polster- und Tischformen umgestaltet (ib. 475—479, Roder l. c. 23, Orientierungsmittel für die Samojeden). Als wesentliche Ursache bezeichnet er den Wind, nicht die Kälte, unter Hinweis auf die Vegetationsverhältnisse und den Getreidebau um Jakutsk innerhalb einer ruhigen winterlichen Anticyklone mit verhältnismässig grosser Trockenheit der Luft.

Im nördlichen Sibirien zeigt sich die Wirkung der monsunartig in die Vegetationszeit hereinbrechenden NW- und N-Winde besonders in der Verteilung der Holzpflanzen im Windschutz der Thäler und der Ostgehänge der Gebirge östlich Jana, Indigirka, Alaseja und Kolyma (Middendorff l. c. 676—678), der in ihren allgemeinen Grenzen «schräg den Nordwinden entgegen geneigten Wand» (ib. 612), d. h. der angeblasenen Dachform der polaren Waldseite, der Verstrauchung der Erlen in den Thalrinnen (Roder l. c. 29), dem Auftreten typischer «Heckenformen der Lärche» am Obi-Busen (Midd. l. c. 680) und vereinzelter Gebüsche und Bäume auf der äquatorialen Seite von Kuppen, deren Scheitel kahl, oft völlig von Vegetation entblösst ist (ib. 597), wie die amerikanischen Geologen innerhalb der Tundra Alaskas oft erst auf solchen Kahlköpfen die Gesteine untersuchen konnten. Die Winde bringen noch Feuchtigkeit genug. Gleich Rauhreif setzen sich an isolierten Bäumen die Flechten im Luv an, so dass sie den Einwohnern als Orientierungsmittel dienen (ib. 602).

Centralasien.

Bei der Betrachtung einer Karte von Osturkistan (Stieler Ed., 1902, No. 62) fällt sofort die östliche Verschiebung der Flüsse auf. Uebereinstimmend ist nach Hedin (41) das linke

Ufer das flache, das rechte das höhere. Er denkt an das Baer'sche Gesetz. Es ist hier unnötig, auf den geringen Effekt der Erdrotation hinzuweisen. Nach Middendorff (Sibirien IV, 244) hat der Sibirier Slowzow schon 1844, d. h. 16 Jahre vor Baer den Einfluss der Winde auf das seitliche Rücken des Jenissei erkannt; Klinge (l. c. 299) hat denselben klar für Flüsse des Ostbalticums nachgewiesen. Windschutz erklärt je die Ausnahmen. Der fast uneingeschränkten Herrschaft der von Kämtz (48) und Finsch (22) nachgewiesenen westlichen bis nördlichen Winde verdankt man in erster Linie die östliche Verschiebung der durch vielfach unbewaldete Flachländer fliessenden meridionalen Gewässer der arktischen Meere (cf. Köppen Nr. 52 und v. Vilovo Nr. 87). Hedin giebt uns selbst Materialien, um für Ostturkestan dieselbe Erklärung anwenden zu dürfen. Obgleich er selbst zugiebt, dass man bei der Verwertung von Dünen zur Bestimmung der vorherrschenden Windrichtung vorsichtig sein muss (l. c. 180 und «Durch Asiens Wüsten», II, 76), so ergiebt sich aus seinen Angaben, dass das Tarimbecken durch den Chotan Darja in zwei Gebiete zerlegt wird, worin im östlichen Winde aus NE bis E, im westlichen solche aus W bis N vorherrschen. Das zeigt sich überall im Streichen und der Orientierung der Steilabfälle der regelmässigen Dünenkämme und der Barchane, sowie von menschlichen Bauten. Die Brunnen in Ak Rabat zwischen Kaschgar und Jarkand sind nach N durch Mauern, die Hütten des Beg von Abdal am Lob-Nor durch Schilfwände nach E gegen den vorherrschenden Wind geschützt. Das Wandern der Dünen bei so oft ohnmächtigen Zuständen der Flüsse lassen das Bild in der Hauptsache ohne weiteres verständlich erscheinen. Von besonderem Interesse sind zwei Thatsachen. Die Ränder der Galeriewälder sind vom Wind bearbeitet. Vom Jarkand Darja gegen E zum Chotan Darja reisend, zeigte der erste Wald viele alte trockene Stämme und Zweige und bildete ein «undurchdringliches Dickicht» (S. 245). Die Erscheinung muss sehr

häufig sein. An einem jungen frischen Wald des untern Tarim sucht man «vergebens die von Wind und Zeit übel zugerichteten Pappeln des Urwaldes» (S. 99). Wie wertvoll wären hier Angaben über Luy und Lee. Dann wird so oft der Tamarixhügel gedacht. Tamarixsträucher sind Sandfänger. Um so entstandene Hindernisse bilden sich gerne Barchane oder durch Rückprall des Flugsandes ausgezeichnete Ringdünen (S. 34).

Die Hörner der Barchane können abgeblasen werden, so dass das Gebüsch wieder isoliert dasteht. In einer Reihe von Tamarix umklammernden Bogendünen und freien Gebüschen sollen letztere die Richtung der fortschreitenden Vermehrung angeben. Zu unserem Bedauern fehlt überall eine Angabe über Asymmetrie der Gesträuche und Hügel. Sie muss stellenweise sehr ausgesprochen sein. Ich schliesse das aus den trefflichen Abbildungen bei Futterer (33) und Guest (35) aus der Oase Kharjah bei Assyut in der libyschen Wüste. Wie ungleich wertvoller wären diese bei wolkenlosem Himmel mit scharfen Schatten gezeichneten Bilder, wenn die Tageszeit der Aufnahme hinzugefügt wäre.

Nach Middendorff (Fergana l. c. S. 53) wird Buchara von aus NW-SE fortschreitenden Barchanen und Reihensande bedroht und die Verteilung der Dünengebiete (Kum) in Transkaspien einerseits und der Lössgebiete in den nach S, SW und SE ansteigenden Vorbergen zeigt hier ebenso gut als für die Gobi und das nördliche China die Richtung der vorherrschenden aus Centralasien ausströmenden Winde an.

Um den Untergang der Pappeln durch Abpeitschen der Knospen bei vorwaltenden NW-Winden zu verhüten, bindet man in Kasalinsk am unteren Syr Darja die Baumkronen im Winter zusammen (Midd., Fergana l. c. S. 304). Unzweifelhaft ist die Abbildung des Windes an Salsolaceen in der transkaspiischen Wüste N Krasnovodsk und am Karabugas nach den schönen in Schimper l. c. reproduzierten Aufnahmen von Andrussow. Richtung? Welch

schöne Beispiele wären aus der Sturmstrasse zwischen dem grossen und kleinen Balchan zu erwarten? Von Merw am Kuschk (Murgab) aufwärts wandernd, konstatiert Radde (70) die beständigen Nordwinde, indem Tamarixgebüsche «an den Seiten, die gegen N gerichtet waren, gar kein oder nur wenig Laub getrieben hatten», noch höher oben war er zwei Mal in einer Umbelliferenzone (Ferula), wo alle Individuen «nach S (oder SE) geknickt» waren; «sie liegen gleich den Windfällen im Walde» (cf. Murgab bei Walter, 87 a).

Das Innere des westlichen Europa.

Die anemometrisch gewonnenen Windrosen weisen übereinstimmend vorherrschende atlantische Komponenten auf, im Parallel der Mittelschweiz dominierend aus SW und W, in denjenigen von Berlin-Hamburg aus W bis NW, in dem Sinne, dass im Sommer der Wind nach NW dreht. So lauten die Aufzeichnungen vom Puy de Dôme bis Ben Newis und Monte Rigi, und vom Säntis zum Sonnblick und Hoch Obir.

Die Kartierung der zahlreichen Beobachtungen von Windformen stimmt hiemit vollständig überein und zeigt im übrigen den grossen Einfluss der Topographie auf Richtung und Stärke der Winde und Windformen, die Abschwächung des Phänomens durch den vielseitigen Windschutz und die grossen Reibungswiderstände entsprechend der grossen Zahl der Calmen der meteorologischen Beobachtungen, so dass es ohne weiteres begreiflich ist, wenn die Windformen zuerst im Küstenland erkannt worden sind.

Naturgemäß zeigt sich die Erscheinung am schärfsten auf freien Bergen, dann auf Plateaux, in Ebenen, an Seen, in breiten Thälern, welche richtungsbestimmend wirken können.

a) Verschärfung mit der Höhe. Diese Thatsache ist so allgemein bekannt, dass es hier genügt zu erinnern an die ana-

logen Abstufungen von den Luvseiten der atlantischen Wälder, der polaren Waldgrenze in die Arktis und der oberen Waldgrenze der Gebirge zu den Felsenwüsten. Dieselbe Tendenz zur Auflösung in Vorposten oder Pioniere, zum Nanismus, zur Polster- und Mattenbildung. Nicht bloss die Temperaturabnahme und der Schneedruck, nicht Mangel an Isolation, sondern wesentlich auch das zügellose Treiben der austrocknenden und stossenden Winde ist schuld hieran. J. Scheuchzer hat, wie schon erwähnt, in unsren Alpen zuerst asymmetrische Tannen beobachtet. Das ist keine seltene Erscheinung und Günther Beck hat 1884 an der Raxalp (Klosterboden) durch Einmessen der durch trockene Gletscherwinde halbseitig beasteten Coniferen die Richtung der vorherrschend schädlichen Winde mit SW und W bestimmt (5). Auf die zahlreichen alpinen Beispiele kann hier nicht weiter eingetreten werden.

Die Auvergne ist bekannt durch die rauen Weiden und sparsame Siedelung. Das Observatorium auf dem Puy de Dôme in 1460 m ist mit der Front nach SE gekehrt, sonst gegen W und NW kräftig geschirmt. Bezeichnend ist der Name Causse de mas de l'air. Der Baum fehlt und Ackerbau gelingt bloss in Döllinen. Die Fruchtbarkeit der Limagne ist nach Alluard den daselbst durch die W- und SW-Winde von der Auvergne hergebrachten vulkanischen Aschen zu verdanken (1). Die Vogesenkämme, beispielsweise in den Anfängen des Münsterthales, in 1100—1200 m und tiefer von 800 m an aufwärts, zeigen aufrechte, aber auf der Westseite schlecht beastete, oft an Ziegenfrass erinnernde Tannen.

In Hochbelgien zeigen sich zahlreiche gleichsinnig W-E oder SW-NE gestossene Bäume mit halbseitig entwickelten Kronen oder halbgekappten Gipfeln allgemein ebenso gut als in der Ebene bei Gand.

Nach einer verdankenswerten Enquête von Hrn. Forstinspektor Crahay in Brüssel sind es namentlich speziell Randbäume der Wälder und Alleenbäume, *Pinus sylvestris*, *Larix europaea*, *Sorbus*

aucuparia, *Populus*, welche die vorherrschende Windrichtung abbilden, so in der Provinz Liège bei Trehalm 500—600 m, Comblainau-Pont 250—300 m, in der hohen Venn, z. B. längs der Strassen von Baraque S. Michel, Jalhay-Belle Croix 400—600 m, in der Provinz Namour bei Beauraing 470 m, in Luxemburg ausgezeichnet um Bouillon 200—280 m, bei Poliseul 350—500 m, Habay-la-Neuve. Photographien von dem 1851 angesäten Pinetum vom Hertogenwald bei Noize Flohay in der Venn (635 m) zeigen einheitliche Neigung SW-NE von 60—65° oder Umformung der *Pinus sylv.* zu strauchigem Dickicht und Legföhren. Um die meteorologische Station Monte Rigi südlich Aachen 675 m zeigen Dorn- und Buchenhecken, *Sorbus aucuparia* und *Prunus Padus* längs waldfreien Strassen deutlich die vorherrschende Windrichtung SW-NE an (1899: W 265!).

In der Eifel lehren die Anlage von Schneezäunen und Schutzhecken, die schiefen und asymmetrischen Baumformen von Obstbäumen, *Populus nigra*, *Tilia*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Larix* allgemein ein anhaltendes Blasen aus SW-NE, W-E und NW-SE, so Lacher-see-Manderscheid, Mayen-Gerolstein, scharf um Station Dockweiler, auf Kuppen um das Winterfelder Maar, um den Mosenberg und bei Battendorf N Wittich. Auf der Wasserscheide zwischen Ober- und Niederlittigen erscheinen Eichen und Eschen längs der Landstrasse nur noch peitschenförmig und scharf nach NE geneigt. Auf dem Ellerberg bei Cochem a./Mosel stehen an der Landstrasse beim Aufstieg nach NE schief und an den Gipfeln scharf horizontal gekappte *Larix*.

Auf der Schneifel (bei Kaltenherberg, Kaltenborn, Reiffenscheid) bestehen die strohgedeckten Häuser nur aus einem Erdgeschoss, das die offene Front mit Eingang und Fenster nach SE wendet, während auf der Wetterschlagseite das Dach fast bis zur Erde reicht. Haus und Hof sind mit einer bis zum Dachfirst reichenden lebenden Buchenhecke umgeben, deren dicht verflochtene Aeste die Schneestürme abhält (26).

Um Bonn und Linz (Hoheneif, Rolandseck, Sternenhütte etc.) sind isolierte Föhren, Eschen, Vogelbeeren allgemein in der Richtung SW-NE oder W-E deformiert.

Von der Pferdekuppe auf dem Rhöngebirge kennt schon Middendorff (l. c. Sibirien IV S. 780), dass ungeschützte Bäume auf der Windseite astlos sind, eine verworrene Krone haben, «gleich einer ungekämmten Frisur».

Um von isolierten Hügeln und Bergen der Schweiz einige Beispiele zu geben, finden sich auf Plan des Isles 1165 m Ormondessus und am Napf in 1000—1300 m isolierte und auf der Westseite angeblasene Obstbäume, schärfer *Pinus sylvestris* mit Asymmetrie aus NW auf dem Wessenberg 730 m bei Mandach im Aargauer Tafeljura, *Fraxinus* und *Sorbus* auf Rigi-Scheideck, allgemein die verbreiteten Eschen und Lärchen auf den zahlreichen, 900 bis 1200 m hohen Bergen des Toggenburgs und Appenzellerlandes. Auf der Westseite der Hasenmatt im Jura ist *Pinus montana* bergauf gelegt (A. Magnin B), ebenso Kirschen und Kernobst auf der westlichen und nordwestlichen Luvseite von Wasserscheiden bei Ober-Raat (Kt. Zürich), Lengnau (Aargau), beim Bahnhof Eschlikon (Thurgau), bei Unterterzen a. Walensee etc. Man wird beim Anblick dieser Vorkommnisse unwillkürlich an die Verteilung des Schnees bei Gestöbern erinnert: dünne bis fehlende Decke im Luv, reichliches Sediment im Lee! Sehr deutlich asymmetrisch und gestossen sind Kernobstbäume und Föhren aus SW auf dem Albiskamm bei Zürich in 748 m (Medikon-Hinterberg) u. s. f.

Im S und W des Schwarzwaldes zeigt sich an Buchen und Fichten sehr häufig eine ausgesprochene Wetterseite im W und SW. Auf dem Hochfeld (Belchen-Feldberg) in 900—1000 m haben Buchen eine sehr undurchdringliche Verästelung ähnlich den Bissformen der Tiere (B). Vom Keilberg im Erzgebirge sagt Frank (29), dass die W-Seite von 1180 m an bis zur Kuppe in 1200 m immer kleinere Krüppelfichten aufweist, während die E-Gehänge einen normalen, geschlossenen Wald tragen.

b) Flachland, Ebenen, breite Thalböden. Längs der Staatsstrasse Paris-Perpignan sind nach Flahault (B) *Populus alba* et *nigra*, *Platanus*, *Ulmus*, *Robinia*, *Pinus halepensis* etc. nach E, SE und S geneigt durch die hier vorherrschenden W- bis N-Winde, welche die Dünen aufgeworfen, den Adour total verschoben und im Vorland der Pyrenäen asymmetrische Flussthäler mit steiler Ostseite gebildet haben (32).

Quer durch das Saônetal (Dijon-Dôle) sind Obstbäume W-E gebogen.

In den Niederlanden kennt schon Schookius (Tractatus de Turfis 1658 S. 90) in den Torfmooren vergrabene Bäume, deren Gipfel übereinstimmend nach NE schauen. Die geologische Kartierung Belgiens zeigt im N und NE übereinstimmende NW-SE oder W-E-Richtung der Sandschollen und Dünen. Auf eine entsprechende vorherrschende Windrichtung weisen so viele angeblasene Alleenbäume. Im Innern von Holland tritt die Erscheinung an Alleenbäumen und isolierten Bäumen auf den Heiden allgemein auf, sobald sie nicht durch Häuser, Dämme oder Waldflecken geschützt sind, an Obstbäumen, *Quercus*, *Betula*, *Larix*, *Pinus*. So zeigen Aufnahmen bei Gemert in Noord-Brabant aufrechte Eichen mit scharf asymmetrischer, nur nach E entwickelter Krone; ein *Pinetum* (*P. maritima*) daselbst ist auf 85° nach SE gestossen (E. D. van Dissel, B).

In der breiten oberrheinischen Tiefebene ist das Phänomen allgemein, wenn auch nicht sehr stark ausgedrückt an Obstbäumen, Eichen, Ulmen, in der Richtung SW-NE. Ueber Darmstadt nach Frankfurt sind Nordwestränder von Kieferwäldern oft hübsch angeblasen und Obstbäume entsprechend angetrieben in Uebereinstimmung mit dem allgemeinen Streichen der Dünen (cf. Blätter Mörfelden und Bensheim der grossh.-hess. Karte 1:25,000).

In der Schweiz sind im breiten Glatthal Bülach-Glattfelden die Obstbäume quer zum Thal, d. h. W-E oder NW-SE schief ge-

stellt, ebenso im Rheinthal vom Bodensee bis Diepoldsau, selbst im Grunde der viel schmäleren Thäler der Wyna, Suhr und Wigger ist die Einbiegung aufwärts in's Thal sehr gering und sind die Obstbäume im allgemeinen W-E oder ESE angetrieben (B).

Von Lindau nach Immenstadt ist der Westwind östlich der Wasserscheide klar abgebildet an *Populus nigra*, *Betula*, *Salix alba*, *Pinus sylv.*, Obstbäumen. Desgleichen an Alleen allgemein in Oberschwaben (Augsburg, Memmingen). Die Stangen der Hopfengärten werden nach W geneigt eingetrieben. An einer NW-SE streichenden Lindenallee in Memmingen ist die SW-Reihe schief nach NE, die NE-Reihe aufrecht. Die Anlage der Schneezäune lässt eine westliche Wetterseite erkennen. Thäler zeigen steilere Ostufer.

Auf der Strecke Nordhausen-Halle und Halle-Berlin scheinen mir 80—60 Grad geneigte vereinzelte Bäume (Pflaumen, Föhren, *Sorbus*, *Larix* mit schiefem Gipfel), Schneezäune und Stellung der Stockmühlen übereinstimmend einen Winddruck aus SW-NE oder W-E anzuzeigen.

Im Flugsandgebiet von Tegel-Eichbornstrasse-Schönhäusen bei Berlin stehen windschiefe Pappeln und scharf angeblasene *Pinus sylvestris* aus SW-NE. Die SW-Seite von mehr oder weniger offenen Sandwellen war teilweise bestockt mit niedern *P. sylv.*, *Juniperus*, *Festuca*, *Carex*, *Calamagrostis*, die Leeseite gleichförmig mit *Calluna*.

Zwischen Lüneburg und Hannover lehren die häufige Verwendung und Verteilung der Schneezäune, asymmetrische und schiefen Kiefern, endlich angeblasene Föhrenwälder (Station Bardowick) eine durchschnittliche Richtung der vorherrschenden Winde aus W-E oder WNW-ESE.

In Ostpreussen zeigen die Mehrzahl der Chausseebäume (*Tilia parvifolia* et *Sorbus*) eine schärfere Entwicklung der Aeste im Windschatten, hier E! Isolierte *Populus nigra*, *Alnus*, besonders

schön *Pinus sylvestris* zeigen dieselben Formen. Unweit des Luisendenkmals in Tilsit sind alle Kiefern W-E oder SW-NE geneigt (J. Scholz, B). In der flachen, waldlosen Ebene zwischen Thorn und Inowrazlaw soll die Biegung von Strassenbäumen von WE allgemein vorkommen (B.)

Unzweifelhaft müsste die ungarische Ebene interessante Beispiele an Chausseebäumen und Schutzpflanzungen um Kulturen aufweisen in Anbetracht der namentlich im Frühjahr kräftig und anhaltend wehenden Koschawa (SE), der vorwaltenden N- und S-Winde in der Mitte der Tiefebene (42). Nach Dr. Staub (B) kommen in der That schräg angeblasene *Robinia*-Wäldchen und Hecken vor, z. B. bei Kecskemet aus NW.

Es mag mit Ratzel (Anthrop. I 2. Aufl. S. 162) daran erinnert werden, dass heute noch im eigentlichen Alföld geflochtene Windschirme für Pferde gebräuchlich sind.

c) An flachufrigen Seen treten unter übrigens gleichen Verhältnissen Windformen stets etwas verstärkt auf, z. B. am Bodensee auf der vom West gepeitschten Strecke Friedrichshafen-Langenargen, wo auch Pfahlbauten wegen des hohen Wellenganges fehlen; bei Weesen sind *Populus nigra* und *P. italicica* scharf asymmetrisch W-E angeblasen, bei Walenstadt selbst *Picea excelsa*. Entsprechend sind hier die Zahl der Calmen kleiner, z. B. am Bodensee ca. 45 %, westwärts um Frauenfeld-Winterthur schon 60—65 %.

d) Die deformierten Pflanzen bestätigen die durch meteorologische Aufzeichnungen konstatierte Thatsache, dass die tiefsten Schichten der Luftströme den Thälern folgen, durch diese aus ihrer Hauptrichtung abgelenkt werden können. Nichts kann überzeugender wirken als die Kartierung der Windformen.

1. In der Schweiz sehen wir die SW-Strömung mehr oder weniger an Obstbäumen ausgeprägt am Fuss des Jura über das Nordende des Neuenburger-Sees und die Moorfläche St-Jean, dann

das Aarethal von Grenchen über Oensingen-Solothurn, Olten, Aarau, Brugg (Windisch). Von NW angeblasene Kirsch- und andere Obstbäume sind in der Richtung der Thalaxen orientiert im Emmenthal von Burgdorf bis zur Zollbrücke und der Langeten entlang von Dietwil bis Rohrbach. Bei Huttwil beginnt der Thalbiegung folgend eine Orientierung von SW-NE. Die vielen Barrikaden und Biegungen in den Thälern um den Südrand des Napf erzeugen eine ausgiebige Unentschiedenheit und Obstruktion. Von Luzern nach W reisend, ist der West bei Malters abgebildet, auf der Wasserscheide Schüpfheim und Escholzmatt zeigt sich entschieden der Einfluss einer östlichen Luftströmung. Zwischen Langnau-Gümlingen (Bern) tritt der W dominierend auf. Sehr schön ist das Phänomen in der Nord- und Ostschweiz. Von Rheinfelden an mit schief W-E gestossenen Querreihen von Obstbäumen über Frick-Eiken bis Koblenz, im Klettgau (Unterhallau, Wilchingen-Osterfingen) und östlich Schaffhausen über Godmadingen hinaus überall markante Wirkung eines W- und SW-Windes. Von Koblenz an entsprechend der Divergenz der Thäler ein fächerförmiges Ausströmen bis Sargans und Immenstadt in Bayern.

- a) Schaffhausen-Konstanz, besonders an flachen vorspringenden Punkten, den Hörnern, dem W-Ende der Reichenau u. s. f. an *Populus nigra*, *Pinus sylvestris* und Obstbäumen, deren Stützpfähle sofort die vorherrschende Windrichtung verraten.
- β) Rheinthal-Koblenz-Eglisau (Föhren), in den flachen Thalgründen von Marthalen-Oerlingen (Zürich), Dickethof und Schlatterwiesen bei Schlatt (Thurgau) und in ganz ausgezeichneter Weise im Thurthal von Frauenfeld bis Amriswil, an Obst- und Föhrenwäldern, *Populus nigra*, sowohl auf der Schotterebene als auf Moränen und Molasse. Lindau-Immenstadt ist oben erwähnt worden.

- γ) Von dem Plateau bei Tägerfelden (Aargau) durch das Surb- und Wehnthal und besonders das diluviale Thal von Räterschen bei Winterthur über Sirnach-Wyl bis St. Gallen; überall ist der West abgebildet an Obstbäumen, Nussbäumen, *Populus nigra*, *Salix alba* etc.
- δ) Im breiten Toggenburg weht der West quer durch's Thal.
- ε) Ausgeprägt ist die NW-SE-Strömung im breiten Glatthal von Wallisellen bis Bubikon, so dass hier vielleicht schon die im Sommer oft kräftig fühlbare Aspiration gegen die Alpen mitwirkt.
- ξ) Baden-Zürich-Weesen-Sargans: Das rechte, mehr exponierte Ufer des Zürichsees zeigt schärfere Wirkung als das linke und vorherrschend W-E. Ebenso Kempraten, Jonadelta, Uznach-Benken, Nordseite des oberen Buchberges, dann Lachen-Galgenen-Siebnen auf dem linken Ufer, mit vielen W-E schießen Obstbäumen. Zwischen Walenstadt und Sargans ausgezeichnet an Obstbäumen (Kirschen!), Nussbaum, *Populus nigra*, *Salix alba*, *Quercus*, im Winter an W-E angetriebenen Maisstoppeln.

Im Kettenjura fehlen empfindliche und freie, ungeschützte Obstbäume grösstenteils; doch lassen die wenigen Beobachtungen von Gänsbrunnen-Langenbruck und Brélin-court bei Delsberg die Wirkung der Bise (NE) oder des West (SW) erkennen. In der Vallée de Joux mit ca. 46 Calmen fallen nach Dingelstedt 123 Tage auf NW bis NE und 196 auf SW bis SE.

2. In Deutschland bietet das Havel-Elbthal von Spandau bis zum Sachsenwald ein treffliches Beispiel der gleichsinnig SW-NE, dann NW-SE arbeitenden Winde an schießen Bäumen, Alleen, Dünen, Schneezäunen. Im Thal der Lahn (Koblenz-Marburg) ist vielfacher Windschutz, doch fehlt es nicht an ausgeprägten, wenn auch schwächer entwickelten Windformen, z. B. um Lahnstein,

Limburg, Niederwalgern; ferner im Gebiet der Schwalm gegen Cassel, sehr schön westlich Treisa SW-NE, bei Zimmersrode, Borken, Guntershausen; im Thal der Werra bei Witzenhausen und Hedemünden mit W-E angetriebenen Alleen; längs der Leine SW-NE und W-E um Arenshausen, Uder, Heiligenstadt, Bodenrode, Leinefeld (Kirschbäume) und an der oberen Wipper um Sollstedt (Pop. nigra), Bleicherode und Pustleben (Pflaumenbaum W-E). Um den Thurmberg bei Danzig (331 m) sollen Rot- und Weissbuchen, *Populus tremula*, Salices, Obstbäume S-N asymmetrisch oder schief geformt sein (B).

B. Abbildung von Lokalwinden.

Hier können in Betracht kommen die unperiodischen Fallwinde und die periodischen Brisen. Von letzteren fallen sehr viele Seebrisen mit allgemeinen aufländigen Strömungen zusammen, so dass ihre spezielle Wirkung verdunkelt wird. Anders ist es mit sehr vielen Windhecken der Küste (beispielsweise in Kleinasien); immer würden diese die längst bekannte Superiorität der Seebrise gegenüber der Landbrise bestätigen. Darnach fallen nur noch die Thal- und Bergwinde in den Rahmen unserer Betrachtung.

I. Fallwinde.

a) Föhn. Für die Entstehung der Windformen ist die That-
sache von höchster Bedeutung, dass sich der Föhn an den-
selben nicht oder kaum beteiligt. Er kommt in der
Schweiz eigentlich nirgends zur Abbildung. Windbruch und Wind-
wurf sind seine gelegentlichen Schriftzüge. Es erklärt sich dies
wohl daraus, dass er wesentlich in der Ruheperiode der Pflanzen
thätig ist. Die Coniferen müssten doch beeinflusst werden. Viel-
leicht sind einige S-N geneigte Fruchtbäume bei Männigen-Silenen

(Uri) auf den Föhn zurückzuführen. Aus den Alpen kenne ich zur Stunde keine entsprechenden und unzweifelhaften Beispiele. Anders in Grönland (s. oben), wo er indessen überhaupt zu den kräftigsten ablandigen Winden gehört und an der Westküste wenigstens nach der deutschen Grönland-Expedition (l. c. II 506, 517) auch in der Vegetationszeit nebst andern gar nicht seltenen Landwinden auftritt.

b) Die Wirkungen des Mistral im französischen Rhonetal von Valence an und bei Narbonne müssen jedem Reisenden entgegentreten in der Schneide der Lokomotive für die Bergfahrt, in den zahlreichen Schutzhecken für Gärten und Eisenbahn (*Pinus marit. et halepensis, Cupressus, Arnudo Donax* etc.), die Belastung von Heuschobern und die an Schleswig-Holstein erinnernden herrlichen, eingefriedigten, sporadischen Siedlungen in der Crau, eine eigentliche *Knicks-Landschaft*. In Catalonien, wo er namentlich im Herbst und Winter wütet (Th. Fischer l. c.), fand Hansen (l. c. 54) bei S. Vicente zwischen Barcelona und Taragona scharf seewärts geneigte bis dachförmig deformierte und niedrige Pinien und *Ceratonia siliqua* (NW-SE). Gegen Seewinde werden Weinreben durch Agavenhecken geschützt.

c) Im Karst haben die Bäume nach J. Pucich (68) auf der Boraseite, namentlich in exponierten Lagen, gar keine oder nur verkrüppelte Aeste und Zweige, hie und da auch einen ganz schiefen und stark geneigten Wuchs (so besonders auf der «*Arabia petraea*» auf der Insel Cherso). Sie wirkt durch Entzug von Feuchtigkeit und bringt Pflanzen zum Welken (ib. S. 22). Auf der NE-Küste von Cherso sind die Holzgewächse häufig nach SW verbogen und niedrig, nicht wegen des von der Bora aufgewühlten Staubregens, sondern wegen der heftigen mechanischen und austrocknenden Wirkung derselben. In Cigale, einer nach E und N geschützten Lokalität, ist auch während der Bora Windstille und das Wachstum der hier gepflanzten Paroliniföhren ist ein kolossales,

während die Ostseite nach SW umgebogene *Juniperus oxycedrus* aufweist. Dass der Scirocco als aufländiger Wind an der dalmatischen Küste scharf leewärts gerichtete Sträucher und hinter Mauern schräg ansteigende Windfahnen erzeugt, darf nach früherem nicht mehr befremden. Als sehr windhart hat sich die Schwarzföhre erwiesen. Von Noworossisk an der Ostküste des Schwarzen Meeres in's Thal des Kuban reisend, fanden Radde und König (72) starke, aber in den Kronen durch die Bora stark verwitterte Bäume. *Juniperus oxycedrus* ist «undurchdringlich für den Wind». Bei vereinzelten *Juniperus excelsa* M. B. «ist die Windseite gegen NE total kahl, förmlich rasiert, während unter Wind der alte Baum als halbentwickelter und dabei gesunder stand».

II. Thal- und Bergwinde.

Den Effekt derselben auf Bäume sah ich zum ersten Mal vor 25 Jahren zwischen Villeneuve und St-Maurice oberhalb des Genfersees. Fournet, der Begründer einer wissenschaftlichen Theorie derselben (27) berichtet an einer Stelle (S. 391) de «l'influence sur la végétation en troublant la symétrie naturelle». Meines Wissens sind die Windformen dieser Luftströmungen im Binnenlande am schärfsten, wenn es auch zu keinen besonders buschigen Gestalten oder eigentlichen Heckenformen kommt wie an den Küsten, weil diese Brisen je nur ca. $1\frac{1}{2}$ Tag und nur bei allgemein ruhiger Wetterlage im Sommer arbeiten. Der letztere Umstand macht sie aber besonders wichtig für die Erklärung der Windformen, indem sie des bestimmtesten dafür sprechen, dass bloss anhaltend gleichsinnige Winde von mittlerer Stärke dieselben hervorrufen, nicht Stürme.

a) Schweiz.

1. Das Linththal zerfällt in 3 Teile: Unterland Weesen-Glarus, das durch Bergsturztrümmer aufgeschüttete Mittelland Glarus-Schwanden und das Hinterthal. Von der Station Ziegelbrücke an

bis Glarus zeigen Obstbäume, *Populus nigra* und *pyr.*, *Sorbus aucuparia*, *Pinus sylv.*, selbst vereinzelt *Picea excelsa* geringere Entwicklung der Krone auf der Nordseite als im S und sind oft scharf thaleinwärts gebogen, in erhöhtem Mass um Glarus auf den Hügeln um den Bahnhof. Sehr empfindlich zeigt sich hier *Pinus Strobus*. Abgeschwächt von Glarus bis Mitlödi, hauptsächlich an Kirschbäumen. Bei der höher gelegenen katholischen Kirche in Schwanden sieht man die letzten N-S angeblasenen Weymouthskiefern und Lärchen, im Hinterland konnte ich die Erscheinung kaum mehr konstatieren. Der in diesem Thal stürmisch arbeitende Föhn ist somit total ausgeschlossen. Es kann sich nur noch um Nordwind oder Lichtwirkung handeln. Glarus (471 m) zeigt für 1864—1880 9335 oder 70 % Calmen und 3980 oder 29,9 % Winde, die sich wie folgt verteilen:

N	32,8 %	SE	9,9 %	W	3,9 %
NE	5,4 »	S	7,4 »	NW	36,7 »
E	1,5 »	SW	2,1 »		

Das ist das Bild eines von N-S ins Thal schreitenden Windes, in dem sich N + NW mit 69,5 %, S + SE mit 17,3 % gegenüberstehen. Man könnte sich nun die nördlichen Komponenten als aus der allgemein vorherrschenden atlantischen Strömung abgelenkte vorstellen. In der That bricht ein West als «Klönthaler» speziell an Sommerabenden als ein kalt wirkender Wind nach Glarus durch. Zwischen dem Klöntal und Glarus wirkt der Sackberg als Windbrecher so, dass am Ostfusse desselben, auf der neuen Allmend nach Herrn Oberholzer in Glarus Bäume normal stehen, in Riedern sind Obstbäume nach SE gewendet, in Oberdorf-Glarus zeigten von 33 Obstbäumen 24 eine Neigung nach E + SE, in der breiten Thalsohle endlich ist die Orientierung allgemein nach S. Hier ist jedenfalls der West nicht mehr wirksam. Der Einfluss des Lichtes kann kaum in Betracht kommen, sonst müsste das Profil Neue Allmend-Glarus übereinstimmende S-Richtung ergeben. Dazu kommt

noch der Umstand, dass südlich Glarus Kirschbäume auf Nordböschungen nach S angetrieben, Obstbäume in Nidfurn an Südböschungen durchaus keine vermehrte Neigung nach S aufweisen und die ganze Erscheinung im Hinterthal verschwindet. Die Frage über die Herkunft des Windes wird schon durch die Niederschlagsarmut von Glarus, dann durch folgende Gruppierung aufgeklärt:

Von den 3980 beobachteten Winden fallen im Jahr auf:

	N	NW	S	SE
7 Uhr a.	106	258	78	126
1 » p.	1033	917	103	130
9 » p.	267	265	113	128
März bis Sept.	1047	1125		

Die Häufigkeit des Nordwindes fällt nicht in den stürmischen Winter, sondern in die Vegetationszeit, nicht auf beliebige Tageszeiten, sondern vorherrschend um den Mittag, und zwar bloss bei allgemein ruhiger Witterung. Er gilt überall als gutes Wetterzeichen und setzt im Sommer mit grosser Konstanz um die Mittagszeit ein.

Eine sehr wichtige Thatsache ergiebt sich aus der Windform hier und in andern Thälern: Der Thalwind ist der aktiver, kräftigere Wind.

2. Im St. Gallischen Rheinthal ist die Wirkung des Windes unentschieden; schräg von NW nach NNW abgelenkter West dürfte sich hier mehr bemerkbar machen; oberhalb der Cluse von Trübbach bis Chur durch die ganze Herrschaft ist ein kräftiger Thalwind deutlich abgebildet an einzelnen Bäumen, sowie kleinern Gehölzen von Erlen, besonders an Obstbäumen (Kirschen), Alleen von *Populus nigra*, asymmetrischen Pyramidenpappeln, *Salix alba*, *Betula verrucosa*, *Robinia pseudacacia*, Nussbaum, *Pinus sylvestris*, *Fraxinus*, nach S getriebenen Erlenwäldchen (*Alnus incana*). Neigung 80—50°!

3. Sehr abgeschwächt findet man eine N-S-Wirkung auf dem Thalboden Reichenau-Thusis: entschieden bei Rhäzüns, weniger bei Rothenbrunnen-Kazis an Obst, auf den Matten bei Thusis an Nussbäumen.

4. Ueberraschend war für mich die auf der Thalstrecke Chur-Reichenau gewonnene Thatsache von einer entschiedenen Einwirkung einer östlichen Luftströmung. Schon südlich der Landstrasse Chur-Schützengarten zeigen 20—30jährige Birnbäume entschieden Einbiegung der östlichen Aeste nach W, klar fand ich dasselbe an einem Nussbaum bei den Hügeln um die Kaserne, ebenso an *Salix alba*, *Alnus incana*, an Apfel- und Nussbäumen bei Sorts, im Feld W Casti. Hügel bei Ems scheinen Windschutz zu zeigen. Die Ostseite des Pinetum bei Vial ist angeblasen und um die Ecke von Munt furan etwas östlich Station Reichenau sind Lärchen nicht bloss schief nach W gedrückt, sondern an den Gipfeln etwas gekappt. Auf der Terrasse Campagnia und bei der Eisenbahnkurve westlich davon (um Reichenau) sind Lärchen und andere Pflanzen scharf nach W angeblasen. Dann folgt nach W der Thalriegel des Flimser Bergsturzes. Ich halte diese Erscheinung über der breiten Emserheide als Wirkung eines Thalwindex; jedenfalls tritt der Ostwind in seinem Einflusse zurück. Dann spielt der Thalriegel die Rolle eines Thalschlusses.

5. Das durch eine Clus in die Herrschaft sich öffnende Prättigau zeigt jedenfalls bis Küblis, d. h. auf eine Strecke von mindestens 20 km entschiedene Neigung und Deformation der Bäume thalaufwärts, d. h. im allgemeinen W-E. Erkennt man auf der Station Landquart die Richtung N-S, so ist sie innerhalb des Thales entschieden eine westöstliche, angezeigt durch Asymmetrie der Kronen und Schiefstellung des Stammes an Kirschen-, Apfel- und Birnbäumen, Lärchen, *Populus nigra*, *Sambucus nigra*, *Betula*, *Fraxinus*, Ahorn, Erlenwäldchen, Föhren, *Salix purpurea* etc., besonders schön bei Schiers, wo die Kronen älterer Kirschbäume wie

ein Wellenkamm nach E überhängen, wundervoll auf den Terrassen von Fideris und Jenaz, so ausgeprägt wie im Wallis.

Dieselbe Erscheinung, obgleich weniger typisch, auf der Thalstrecke Frastanz (Feldkirch)-Bludenz-Danöfen (Arlberg); besonders *Pinus sylv.* zeigt sich empfindlich, dann Obst (Kirschen!), z. B. ist östlich Dalaas eine Allee Obstbäume scharf W-E gedrückt, ferner Nussbaum, *Alnus incana*, *Salix alba*, *Fraxinus*, verschärft oberhalb der Thalenge Bludenz.

In beiden Thälern ist die Wirkung nicht in erster Linie dem Westwind zuzuschreiben, sondern vor allem dem aus erwärmten, breiten Thalsohlen entspringenden Thalwind, hat man ja am Arlbergtunnel konstatiert, dass nachts die Ventilation von E-W, tags umgekehrt von W-E stattfindet (Hann Met. Z. 1885 XX 139).

6. Im Reussthal (Uri), das so oft von dem Föhn durchtobt wird, sieht man von Altdorf bis südlich Erstfeld-Dorf an Kirsch- und Nussbäumen entschieden die Wirkung des Thalwindes von N-S, aber bei weitem nicht so kräftig, wie in dem engeren Glarerland. Bei Silenen sind die Bäume schon indifferent. Auf alle Fälle sind dieselben nicht in bemerkbarer Weise vom Föhn beeinflusst.

7. Im kleinen zeigt sich die Wirkung des um 10 Uhr beginnenden Schönwetterwindes im meridional streichenden Thale von Flühli im Entlebuch an Kirschbäumen, welche bis über die Thalmitte aufwärts d. h. N-S asymmetrisch geformt sind (B).

8. Lehrreich ist das Aarethal Bern-Thun. Schon 9 km südlich der Stadt, bei Rubigen, beginnen vereinzelte Kirschbäume gegen Süden asymmetrisch zu werden. Die Erscheinung verschärft sich nach Thun immer mehr. Schon südlich Münsingen tritt sie allgemein auf. Ganze Obstbaumgruppen sind gleichsinnig N-S geneigt und asymmetrisch. Auf dem Schuttkegel der Zulg sind Föhren am Nordrand des Waldes angeblasen und überhaupt zwischen Uttigen und Thun zahlreiche ganze Bäume schief gedrückt. Man sieht dies an verschiedenen Obstarten, *Populus*

nigra, *Pinus Strobus* (!), *Robinia*, *Fraxinus*, *Platanen*. Auf dem Bödeli sind die meisten Obstbäume nach dem Brienzersee geneigt (B).

9. Im Simmenthal sollen auf der Strecke Erlenbach-Boltigen Bäume E-W deformiert sein (B). Ob durch einen «Thalwind», wie aus Versehen in die beigelegte Karte eingetragen, ist vorläufig nicht erwiesen.

10. Die in der Thalrichtung sehr scharf asymmetrisch geformten oder wellenförmig überstürzten Obstbäume, Nussbäume, Pappeln, Föhren etc. aus dem schweizerischen Rhonenthal sind schon seit langem als Wirkung der Thalwinde erkannt und abgebildet worden (69). Eine Thatsache ist noch zu erwähnen. Auch hier liegt das Intensitätsmaximum oberhalb des untern breiten Thales, in unserem Falle oberhalb der cañonartigen Thalstrecke St-Maurice-Martigny. Von Leuk an ist die Erscheinung abgeschwächt, so dass sie von Brieg an im Oberwallis kaum mehr zur Geltung kommt. Die Seitenthaler bedürfen noch einer speziellen Untersuchung.

11. Im Thal der Grande Eau ob Aigle (Waadt) zwischen Sepey und Ormont dessous zeigt sich ein schwacher aufsteigender Wind auf dem linken, ein kräftigerer Bergwind auf dem rechten Ufer, wodurch hier Bäume abwärts gedrückt werden (Kreisförster H. Golay.)

12. Aus den Querthältern des Jura macht sich der in das schweizerische Mittelland herauswehende Joran vielerorts geltend; nach Oberförster Moreillon z. B. sind Nussbäume in Trelex und Mimoray N Nyon (Waadt) nach S schief gedrückt, bei Baillaigues (Orbe) nach E, ebenso bei Beaume und die Obstbäume in der Balsenthaler Clus (Solothurn) nach E und SE. Hier dürfte die Wirkung durch den Westwind wesentlich hervorgerufen werden.

13. Jenseits des Gotthard machen sich die Thalwinde sehr bemerkbar im Kanton Tessin. Vom Ostufer des Lago maggiore an in östlicher Richtung über die Eisenbahnbrücke hinaus sind *Populus nigra*, *Salices*, *Alnus* und *Kirschbaum* nach E getrieben,

wahrscheinlich grösstenteils durch den Westwind. Von Bellinzona bis Bodio, d. h. auf ca. 20 km sind thalaufwärts geneigte Bäume überall vorhanden (*Salix alba*, *Populus nigra*, *Betula*, *Prunus avium*). Nie treten Gruppen mit der umgekehrten Neigung auf. Hier ist somit die Lichtwirkung durchaus nicht entscheidend. Nach Oberförster Merz in Bellinzona sind in der Valle Maggia zwischen Gordevio und Cevio thalaufwärts asymmetrische Formen vorhanden, d. h. von SE-NW.

Im Thal des Cassarate oberhalb Lugano sieht man bei Cannobio Cedern und Lärchen vom Nordwind nach S schief umgebogen. Ebenso ist E der alten Festung Schwyz oberhalb Bellinzona *Pinus Strobus* N-S angeblasen, während dieselbe Conifere auf dem Monte S. Salvatore und *Populus nigra* bei Fugione und Laveno im westlichen Lagonersee aus E und NE angetrieben sind.

Man darf sich fragen, ob der Bergwind nirgends Windformen erzeugt. Das ist doch der Fall. Wie ein Schlitten beim Uebergang von einer Halde in die Ebene eine Vertiefung macht, so wird der Bergwind gegen den Ausgang eines Thales wirksamer, namentlich wenn das Durchflussprofil kleiner wird. Das trifft zu für die Clusen. Aus der Schweiz sind mir folgende zwei Beispiele bekannt:

1. 100—300 m ausserhalb der 1 km langen Prättigauer Clus (vor Station Valzeina) sind *Salix alba*, *Populus nigra* entschieden E-W d. h. thalauswärts geneigt, innerhalb der Clus bleibt alles indifferent, doch sieht man oben an Gehängen *Pinus sylv.* thaleinwärts angeblasen.

2. In der Trübbacher Clus des St. Galler Rheines nördlich Sargans sieht man dieselbe Erscheinung auf der Eisenbahnfahrt. Herr Oberförster Schnider hat folgendes konstatiert: In der Ebene zwischen Rhein und Schollberg oder in der eigentlichen Enge sind *Salix alba* und *Populus nigra* allgemein von SW nach NE gebogen; der Niederwald, besonders *Alnus incana*, steht in derselben Rich-

tung schief. Aufrechte Bäume wie *Prunus avium*, *Betula*, *Pinus sylv.* sind auf der Leeseite stärker bestet. Umgekehrt sind oberhalb der Clus, in der Sarganserau, fast alle oft in Reihen stehenden Obstbäume von NW-SE angetrieben; die Krone ist auf der Windseite etwas schwächer entwickelt; das letztere gilt auch von der aufrechten Pyramidenpappel. An einem herrlichen Sommerabend bläst oft der «Bergwind» von 9—10 Uhr abends an auf der Station Trübbach so kräftig, dass man an den Ausbruch des Föhn erinnert wird. Der Thalwind gleicht der kräftigen Brandungswelle, der Bergwind dem ungleich schwächeren rückläufigen Sog. Wo sich ein Thal gegen den Ausgang verengt, ist jener oberhalb, dieser unterhalb der Cluse am wirksamsten.

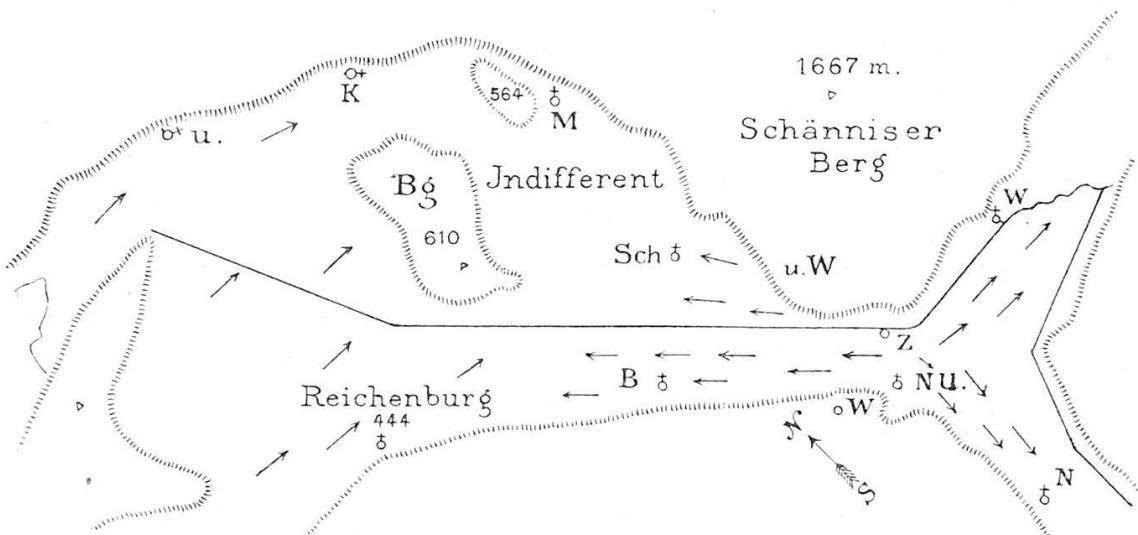


Fig. 2.

U = Uznach, K = Kaltbrunn, M = Maseltrangen, Sch = Schännis, u. W und o. W = unteres und oberes Windegg, B = Bilten, NU = Nieder Urnen, N = Netstall, Z = Ziegelbrücke, W = Wesen, Bg = Oberer Buchberg.

Hier mag der Ort sein, auf zwei interessante Beispiele des Kampfes von Ost- und Westwind innerhalb Thalengen hinzuweisen.

1. Eines der lehrreichsten Beispiele bietet das Querthal Ziegelbrücke-Niederurnen-Schännis-Bilten westlich des Walensees. NW- und SE-Ende der eigentlichen Cluse

heissen Unterer und Oberer Windegg. Unterhalb des ersten erweitert sich das Thal trompetenförmig nach NW. Als eine quer im Thale stehende SW-NE streichende Insel erhebt sich gegenüber Reichenburg der obere Buchberg 610 Meter. Man sieht nun den Einfluss der Westwinde bis zum Querschnitt des Thales am Buchberg. Im Lee desselben erscheinen die Bäume auf der rechten Thalseite zwischen Maseltrangen und Schännis indifferent. Erst bei Ziegelbrücke beginnen sie nach dem Walensee und um das obere Windegg nach dem Glarnerland zu neigen. Auf wenige Meter Abstand ist das Bild innerhalb der 4 Kilometer langen Cluse geändert. Durchweg sind die Bäume von Osten nach Westen deformiert. Oberhalb Reichenburg, auf der Kantonsgrenze, treten scharf asymmetrische und schiefe Obstbäume, Föhren, Eschen, Eichen auf. Bei Biltens sind auf den Moorflächen Birkenwäldchen auf 60 Grad nach W gestossen. Kirsch- und Kernobstbäume haben sehr scharf wellenförmig überbogene Kronen; Lärchen, Schwarzerlen, Eichen, selbst Pappeln und Rottannen sind am Thalrand kräftig E-W asymmetrisch gebaut. Auf der rechten Thalseite dasselbe Bild von der Nagelfluhrippe bei der unteren Eisenbahnbrücke bis Dorf Schännis. Ueberall sind Obstbäume deutlich, oft scharf von Osten her deformiert. Noch auf der sanfteren Ostböschung des Biberlikopfes sollen nach Bezirksförster Hersche junge Eschen von SE-NW bergan getrieben sein. Der «Oberwind» dominiert in dieser Thalenge. Ob wesentlich Ostwind oder Föhn oder Bergwind oder die Summation von ersterem und letzterem in bestimmten Jahreszeiten in Betracht kommen, muss an Ort näher geprüft werden. Von Biltens aus soll man in halber Höhe des Schänniserberges oft den Kampf von Unter- und Oberwind («Gäsiberger» = Kerenzenberger) an einem Nebelstreifen beobachten können. Vielleicht gelingt es, an solchen Stellen die Höhe des Querprofils festzulegen, innerhalb dessen der Thalwind noch kräftig arbeitet.

2. In dem vom Mt. Vuache 1111 m und Mt. Credo 1624 m im W abgeschlossenen Kanton Genf bläst auf den Höhen der West vorherrschend. In Chancy soll sich der aus einem Thal blasende Joran durch östliche Neigung der Obstbäume abbilden. Im übrigen Gebiet ist der NE-E-Wind, die Bise massgebend, scharf um Collonges-Fort l'Ecluse, in dem engen Thal des Fort und hinter dem Vuache (Prof. Suss, B), ferner auf den Höhen von Peissy-Satigny-Bernex, um Saconnex bei Genf (Oberförster Borel, B).

b) Ostalpen.

1. Die Ora (vento di Lago) oder der Thalwind vom Gardasee, welcher besonders im Frühjahr und Sommer vom Mittag an bis Sonnenuntergang, nach Richter etwa von 11 Uhr an (76) bei schönem Wetter mit grösster Regelmässigkeit und oft mit grosser Intensität thalaufwärts weht, macht sich von Riva bis gegen Bozen durch gleichsinnige, nach Norden gerichtete Windformen bemerkbar. Von Arco durch das Sarca-Thal bis Terlago sind alle nicht geschützten Obstbäume inkl. Oliven (bis Station Massonza), ferner *Populus italicica*, *Pinus sylvestris* und namentlich Maulbeerbäume nach N geschoben oder im Luv weniger entwickelt. Deutlich zeigt sich ein westöstliches bis nordöstliches Abfliessen von Terlago über die Buco di Vela gegen Trient (Prof. Danzian, B). Klar ist die Erscheinung um den Lago di Molveno, bei S. Michele und auf dem Plateau von Eppern und Gìrlan W Kalteren, dann auf den Wiesen um Leifers und St. Jakob bei Bozen (W. Pfaff, B).

2. Im Thalbecken von Sterzing, südlich des Brenner, machen sich die vorherrschenden Bergwinde geltend durch grössere Ausbildung der Baumkronen auf der Südseite an *Populus italicica*, *P. nigra*, *Sorbus aucuparia* (B).

3. Im Unterinnthal (Tirol) sind bei Jenbach und andern Orten, besonders solchen, welche auf Erhöhungen, z. B. Schuttkegeln stehen, Obstbäume vielfach auf der thalaufwärts gerichteten Seite besser entwickelt. Der vorherrschende Wind ist in der That der

bei gutem Wetter regelmässig um 10 Uhr a. einsetzende und bis Abend, im Frühling oft 3—5 Wochen als «Gregoriwind» wehende Thalwind (Dr. Tollinger, B).

4. Im meridionalen Querthal zeigen sich eigentümliche lokale Vorgänge. In Niederaudorf nördlich Kufstein dringen die Nordwinde am Passe zwischen Kranzhorn und Wildhorn mit Macht in das sich erweiternde Innthal ein. Das Geäst der Nordseite der Baumkronen sieht so aus, als «wäre es zugeschnitten». Dagegen soll sich bei Oberaudorf und Erl der ein Trockenthal durchquerende Erlerwind aus dem Spitzsteinthale als SE-Wind geltend machen und den Baum nach NW schieben. Als Zeichen guten Wetters gilt es, wenn er 10—12 Uhr a. beginnt (ähnlich Oberengadin?).

5. Am Walchensee, in Wallgau und Krimm sind die Vogelbeerbäume in Alleen dem Gebirge zu geneigt, bei Fischbach im Innthal sind die Baumäste durch den nachts bis 10 Uhr a. kräftigeren Bergwind («die Windschnur») nach N gedreht (Forstmeister Eder, Mittenwald).

6. Herrn Prof. Fugger in Salzburg verdanke ich folgende interessante Mitteilungen: An den Nordgehängen des Zwölferkogels 1520 m südlich St. Gilgen in dem WNW—ESE streichenden Thalzuge Fuschlsee-Abersee-Ischl erscheinen alle Fichten (*Picea excelsa*) auf der Westseite fast astlos, von St. Gilgen aus wie Bergleute mit Rucksäcken. Bei der Station Anzenau (Ischl-Hallstadt) und der Enge von Lueg an der Salzach (S Hallein) sind alle Bäume nach Süden geneigt oder asymmetrisch, dort Allee von 1870 gepflanzten *Populus nigra*, hier Lärchen, Fichten, Föhren.

c) Westalpen.

1. Nach vieler Mühe bin ich endlich davon überzeugt worden, dass in der bekannten Vaucluse bei Nyons und zum Teil zwischen Nyons und dem höher gelegenen Remusat regelmässige Brisen existieren; wirksam ist nur der «kalte» Bergwind und dieser ist noch als ein nächtlicher NE-Wind beschränkt auf die Enge bei Nyons.

Als «Pontias» vermag dieser Bäume thalauswärts umzugestalten. Ausserhalb Vaucluse dominiert der Mistral (cf. Remy, Monographie de la ville de Nyons, Ed. Grattier, Grenoble. Jahr?)

2. An der mittleren Durance zeigen die im Osten und Nordosten kräftiger entwickelten Kronen der Obstbäume in der Thalebene um Barcelonnette 1133 m die häufigen, aber nicht sehr starken W- und SW-Winde an.

3. Windformen aus der oberen Isère (Vallée de Maurienne) hat bereits Fournet (l. c.) angedeutet.

4. Oberhalb Ivrea (Dora baltea), zwischen Verrex und M. Jovet zeigen nach Fournet (l. c. 365) die Bäume «au vent dominant un vaste développement de feuillage, tandis que l'exposition inverse ou nocturne en est presque dégarnie». Da hier nocturne doch wohl als Adverbial der Zeit aufzufassen ist, liegt die überwiegende Wirkung des Thalwindes vor.

Die Thäler auf der Ostseite der Westalpen dürften jedenfalls sehr interessante Erscheinungen bieten.

Vom Bisagnothal ausserhalb der östlichen Mauern und anderer Stellen oberhalb Genua giebt es prachtvolle, aufrechte Aleppo- und Meerkiefern mit scharf südwärts gerichteten, flachen Kronen, so dass sich N : S verhalten kann wie $3\frac{1}{2} : 1$ oder $2\frac{1}{2} : 1$. Stets sind die nördlichen Aeste viel kleiner. Das kann nicht ausschliesslicher Effekt des Lichtes sein, die nächtlichen Bergwinde tragen ebenso gut zur Umformung bei.

d) Westliches Deutschland.

1. In Staufen südlich Freiburg i. B. blieben unter dem Einfluss des kalten (und trockenen) NE-SW herabsteigenden Belchenwindes die östlichen Zweige von Zwergobst stets hinter den westlichen zurück, auch nach Herstellung des Gleichgewichts durch Schnitt in vier aufeinanderfolgenden Jahren. Die westlichen Zweige wuchsen im vierten Jahr auf die doppelte Länge der östlichen sich nach W in die Krone hineinbiegenden Aeste (Prof. Hauser im «Rhein. Gartenfreund» l. c. und B.).

2. Ob für den Höllenthalwind bei Freiburg ähnliche Belege vorhanden sind, ist mir unbekannt.

3. Am Ausgang des Münsterthales bei Colmar scheinen die SW-Winde verschärft, besonders am Abend, aufzutreten. Deformation auffallend. Auf der Luvseite von Linden soll die Borke rissiger sein (zum Teil Sonnenbrand?)

4. Ich bedaure, dass alle meine Versuche, mich über den Einfluss des namentlich von Berger (7) näher beschriebenen Wisperwindes auf Pflanzen unterrichten zu lassen, gescheitert sind.

e) Argentinien und Patagonien.

Die Cordilleren-Winde sind berüchtigt als stürmische, trockene, kalte und nächtliche Bergwinde, die oft Sand mit sich führen. Dass sie Windformen erzeugen wie die vorherrschenden Westwinde, von denen sie mancherorts eine Modifikation darstellen dürften, ist zweifellos. G. Niederlein (63) fand an der Laguna Matansilla am Rio Negro ein «Gemisch hoher und niedriger, ovaler, runder, langgestreckter oder noch anders geformter, lichter oder dicht verwachsener Dornhaufen Eine Strauchart steigt kräftig, freilich auch mit dem Ausdruck verkümmter Existenzen empor, eine andere kriecht, eine dritte ist zu Boden gedrückt, eine vierte zur Zwerpform gepresst, ein fünfter straucht sich zu Polstern» . . . Nicht selten findet man die älteren Zweige abgestorben. Wachs, Kork und Gummi sind nebst dem knorrig-zwergigen Wuchs Schutzmittel. Eine Orientierung wird nicht gegeben.

Herr Dr. Wehrli teilt mir mit, dass in Oasen argentinischer oberer Flussthäler die Bäume abwärts gebogen seien.

f) Centralasien.

Trotz vieler Mühe war es mir unmöglich, Angaben über den Einfluss der Thalwinde des Himalaya zu finden. A. Hill (47) begnügt sich mit allgemeinen, bereits von Strachey mitgeteilten Thatsachen. Sicher muss am gebirgigen Südrand von Turkestan eine Fülle schönster Belege vorhanden sein. Die vorherrschenden

allgemeinen Windströmungen sind allerdings nach SE-SW divergent ausstrahlende. Allein über den grossen Flugsandflächen muss sich bei ruhiger Witterung notwendig und leicht ein viel steileres barisches Gefälle nach den südlichen Hochrändern der schalenförmigen Gebiete einstellen, als es über den bepflanzten Vorländern der Alpen der Fall sein kann. Kräftige Thal- und Bergwinde müssen sich in den nördlichen Furchen der über 5000 m hohen Ränder entwickeln. Aus Ferghana beschreibt Middendorff l. c. 259 einen mit der Längsaxe des Landes zusammen fallenden verstärkten trockenen W, der den Löss aufwirbelt, Barchane gegen Kotan schiebt und Blüten vernichtet, dann Berg- und Thalwinde der Gehänge, z. B. bei Namangan (S. 118). Irgendwelche Angaben über Windformen fehlen. Leicht verständlich sind die Mitteilungen von Hedin (Erg. Hefte l. c. S. 8) über im Sommer N-S und S-N wehende Brisen bei Kargalik und Oase Dort Imam Schulla im Tarimbecken entgegen der aus WNW vorherrschenden allgemeinen Winde. Angaben über Windformen fehlen auch hier. Solche müssen hier und in Pandschakent, 65 km oberhalb Samarkand, vorhanden sein, einer russischen meteorologischen Station, aus deren Aufzeichnungen Hellmann (45) zuerst während Mai—Oktober scharfe Thalwinde aus SW (66 %, NE 0,6 %!) erkannt hat. Im Thal des in der Oase Tedschen ausmündenden Herirud konstatiert Radde (Erg. N. 126 l. c. S. 29) ausgezeichnete an Intensität überwiegende Thalwinde von N-S zwischen Serachs und Sulfikar. Hochinteressant ist das den westlichen Elburs zum Kaspischen Meer durchbrechende Thal des Safidrud. Küstenebene und Delta bilden um die Stadt Rescht eine über 30 km vorspringende Fläche, durch deren intensive Erwärmung fast permanente NE-Winde, d. h. Thalwinde erzeugt werden, welche mit Ungestüm aufwärts arbeiten. Die meisten Oliven des einzigen persischen Oelwaldes sind nach SW gekrümmmt, ebenso im Innern um Mandschil vereinzelte Oliven. Auf diesem frequentierten Handelswege nach Teheran überschreitet man im

Gebirge die Brücken erst gegen Morgen, wenn der schwache Bergwind eingesetzt hat, aus Furcht, über die Brüstung geworfen zu werden. Im Winter müssen hier gelegentlich plötzlich Föhne auftreten, warme, obgleich von Schneegebirgen herabkommende Südwinde, die alles austrocknen, so dass jedes Feuer im Lande gelöscht werden muss; 24 Stunden darauf folgt fast unausbleiblich Schnee und Regen (51).

Radde und König (72—73) berichten von kräftigen, Sand 30 m hoch aufwirbelnden Winden in dem Thal des Tschoroch südlich Batum, z. B. 1 km unterhalb Bortschcho, beim Dorf Zri oberhalb Artwini 630 m, von Schutzmauern gegen dieselben, von regelmässigen Thal- und Nachtwinden. Sollten da Windformen fehlen? Im Daghestan (östl. Kaukasus) konstatiert Radde (71) die trockene Luft durch den Mangel an Moos- und Flechtenbesatz an Bäumen. Zwei Ailanthusbäume bei Gumb (47° E. Gr. 1387 m) hatten «gedrückte Kronen, wahrscheinlich infolge des Windes» (welcher Wind?); an der Baumgrenze waren vereinzelte 60 cm dicke Acer Trautvetteri Medw. «in den Kronen stark verwittert», Windfall wies auf östliche und südöstliche Strömungen hin und in der Mattenregion gab es nur noch «verwitterte Juniperus».

Rückblick.

Die fundamentalsten geographischen Thatsachen erklären sich aus der Kugelgestalt der Erde, der einer bestimmten Entwicklungsstufe entsprechenden Verteilung von Land und Wasser und einer gewissen Grösse innerer Energie. Die übrigen Erscheinungen lassen sich, von den Gezeiten abgesehen, auf das örtliche Mass der Bestrahlung und Ausstrahlung zurückführen. Dieser Kraftumsatz wird hauptsächlich durch die Atmosphäre vermittelt, sei es in der Verdampfung und Verfrachtung des Wassers, sei es in der direkten Uebertragung der lebendigen Kraft in die verschiedenen Teile der

Erde. Immer strebt das Getriebe nach einem Ausgleich aller Unebenheiten unseres Planeten, der in den Küsten-, Fluss-, Gletscher- und Windlandschaften zum Ausdruck gelangt. Auch das Pflanzenkleid wird in Mitleidenschaft gezogen, am deutlichsten in offenen, hohen oder tiefen, küstennahen feuchten oder küstenfernen regenarmen Räumen.

Die Windformen sind verschieden nach der Stärke der Winde und der Niederschläge, der Coincidenz und Alternenz ihrer Extreme. Schliesslich spitzt sich alles auf die Frage des Windschutzes zu.

In grossen Fronten treffen die aufländigen Luftströme das Festland mit einem Maximum der Geschwindigkeit und Feuchtigkeit. Gleich den Inseln im Ocean werden die Gebirge umspült und bearbeitet, je höher, desto kräftiger, wie die Bilder oberhalb der Baumgrenze in den «Wildenen» lehren. In denselben Abstufungen als ein Land gegliedert ist, schwächt sich die Luftwoge nach Kraft und Wassergehalt ab. Die vermehrte oder verminderte Reibung finden wir überall als Windschutz oder Exposition ausgedrückt in den Siedlungen der Pflanzen, des Menschen. Die Ebene, das Feld, hat wieder einen relativ kräftigen, anhaltenden und trockeneren Wind. Armut an Bäumen, Mistfeuerung, Armut an Wasser, Sodbrunnen und Unreinlichkeit sind im Innern der Kontinente geographische Konstanten. Wo sich Thäler quer zum Winde stellen, bieten sie den ausgiebigsten Windschutz und der Gegensatz zwischen den milden, grünen, baumreichen, dicht besiedelten Furchen und den leeren, offenen Plateaus ist auf topographischen Karten frappant.

Die Thäler selbst können asymmetrisch geformt werden. Häufiger lenken sie die untersten Schichten des breiten Luftstromes ab und bei engeren Profilen werden Bäume angetrieben und deformiert. Eindrucksvoll ist der grosse Unterschied in der Wirkung der sturmartigen cyklonalen Bewegungen einerseits und den gleichförmigen Passaten, Monsunen, Brisen, vorherrschenden

Wind en andererseits. Jene unregelmässig, vorübergehend, aber sehr stark und vernichtend, die Spuren indessen nur wenige Jahrzehnte hinterlassend; diese konstant, mässig und gleich den Driften der Weltmeere dauerhafte, sich örtlich immer wieder erneuernde Windformen hervorrufend.

Der Reichtum derselben, vom Nanismus der Polster-, Teppich- und Schildform bis zur Schirm-, Tisch-, Fahnen- und Heckengestalt bildet die landschaftliche Physiognomie jener Winde, geographisch konstanter gewisser Gebiete der Erde.*). Sie verraten das Luv und Lee. Wie man in den Rundhöckern ein ehemals vereistes Land erkennen kann, kennzeichnen Windhecken dauernd bestrichene Gebiete und wie man aus Schrammen die Gletscherthätigkeit beweist, vermag man den vorherrschenden Wind in abgeschwächten Stadien an asymmetrischen Baumkronen im Innern der Kontinente noch zu erkennen, kurz die Windwirkung ist in den Windformen mindestens empfindlicher ausgedrückt als in Regen-, Fluss-, Thalseiten im Luv der Gebirge.

«Der Wind ist der Erzeuger der Steppe, der Tundra» (Middendorff, Sibirien l. c. 798). Die Baumlosigkeit regenarmer Ebenen oder dauernd bestrichener Küstensäume ist nebst der primären Trockenzeit auf anhaltende Winde zurückzuführen. Wie ein Hafen durch Wellenbrecher gesichert wird, dienen Mauern, Dämme, Schutzhecken, Windmäntel als Windbrecher in Kulturgebieten, und wie es Buhnenküsten-, Deich- und Polderlandschaften giebt, so kennt man Knicks- oder Windbrecherlandschaften. Der Nanismus, die Heckenform, der Wald, sind sich selbst Schutz gleich der gedrängten Schaf- und Rinderherde, der ummauerten Stadt in der Ebene, der Ueberschichtung von «4—5 Schlafröcken» bei Steppenbewohnern (Middendorff, Ferghana l. c. S. 116). Wo Wald entfernt wird, gedeihen Obstbäume nicht mehr gut, blühen, ohne zu fruktieren.

*) Schon Scheuchzer sagt l. c. I. 92: «Ueberhaupt kann man sagen, dass die Kräuter (und Bäume) weit kleiner sind, wo die starken Winde wehen».

fizieren. Keine Oase ohne rauschenden Wald. Im Schutze der in weiten Ackerbauflächen zerstreuten Dörfer hält sich der Obstwald. Umgekehrt gelingt die Aufforstung mit Hülfe von Dämmen und Gräben gleich den Vordünen im Dünenbau, gleich den Schützengräben, welche im flachen Terrain den Angriff decken.

So entstanden der Luisen- und Victoriahain auf Sylt. Haushohe Schutzhecken helfen im Westerwald und der Eifel den Wald aufziehen und kräftige Schutzgürtel in je einem Kilometer Abstand liessen um Samara-Saratow-Stauropol kleinere Wäldchen aufkommen, dort wo die natürlichen Haine sich ängstlich im Windschutz von Schluchten oder dem rechten Steilufer von Flüssen ansiedeln und *Prunus chaemorus* und *Amygdalus nana*, d. h. Zwerpformen, offene Terrains anzeigen. Vereinzelte Pflanzen kommen um gleich den Vorposten an der Baumgrenze. Seitdem Preussen in geschlossener Phalanx aufforstet, ist Waldesstille an Stelle der grossen Flugsandflächen mit den zwerghaften, absterbenden Kiefern («Kuscheln») getreten. Die Bedeutung des Windes für die Entwicklung der Pflanzengestalt und Pflanzenvereine ist trotz der allgemeinen Ueberschätzung bei Hansen l. c. durch die Forschungen von Middendorff, Kihlmann, Warming, Schimper u. a. eine sehr grosse. Heute noch ist die Atmosphäre für die physikalische Geographie zu wenig gewürdigt; für diese und länderkundliche Darstellungen ist insbesondere zu wünschen, dass im Gegensatz zu Czerny die Wirkungen des Windes nicht bloss nach einem bestimmten Nutzeffekt oder nach auffallender Stärke behandelt, sondern räumlich, nach Lage und Richtung, kurz geographisch präzisiert werden, wie das hier im engen Rahmen für die Pflanzenwelt versucht worden ist.

Allen verehrten Mitarbeitern sei auch an dieser Stelle der herzlichste Dank ausgesprochen.

NB. Korrektur zur beigelegten Karte der Schweiz s. S. 137, Zl. 4 v. o.!

Litteratur.

1. Alluard, H., Comptes R. de l'Acad. Paris, Band 100.
2. Anderlind, Leo, Ueber d. Einwirkung des Salzgehaltes der Luft auf den Baumwuchs (Mündener forstliche Hefte Nr. 5 1894 p. 75—80).
3. Andersson, Gunnar., Zur Pflanzengeographie der Arktis (Hettner, Geogr. Zeitschrift VIII 1902 S. 16 u. Taf. 5).
4. Baer, K. E. v., Phys. Gemälde der besuchten Gegenden auf der Exped. Nowaja Semlja u. Lappland 1837 nach Bull. Acad. Petersburg III Nr. 8. Dec. 1837 in Foriep, Neue Notizen aus dem Gebiet der Naturheilkunde V 1838.
5. Beck, G., Flora von Hernstein in Niederösterreich S. A. Wien 1884 S. 63 ff. mit Karte.
6. Beobachtungsergebnisse der deutschen Polarforschung II 1882/1883.
7. Berger, Theorie der Berg- und Thalwinde (Met. Z. 1864 S. 481).
8. Böhm, Centralblatt für das gesamte Forstwesen Bd. XV S. 416.
9. Borggreve, B., Ueber die Einwirkung des Sturmes auf die Baumvegetation, Abh. d. nat. Ges. Bremen Bd. III 1872/73 S. 251, 3 Tafeln.
10. Buch, L. v., Gesammelte Schriften, von J. Ewald, J. Roth, H. Eck 1870 II S. 710—734.
11. Buchenau, F., Ueber die ostfriesischen Inseln u. ihre Flora (Verh. des elften deutschen Geographentages zu Bremen, Berlin 1896 S. 139).
12. Büsgen, M., Bau u. Leben unserer Waldbäume, Jena 1897 S. 33 ff.
13. Cholnoky, E. v., Die Bewegungsgesetze des Flugsandes (Földtani Kozlony XXXII 1902 S. A.).
14. Chun, C., Aus den Tiefen des Weltmeeres I. Aufl. Jena 1900 S. 160.
15. Credner, H., Armorica, in Hettner, Geogr. Zeitschr. VII 1901 S. 257.
16. Credner, R., Excursion der geogr. Ges. Greifswalde nach Ost-Schleswig-Holstein u. der Insel Sylt, Greifswalde 1900 S. 7.
17. Darwin, Ch., Reise eines Naturforschers, übersetzt von Carus 1875 S. 3.
18. Deutsche Südpolarexpedition auf dem Schiff «Gauss» (Veröffentlichungen des Institutes für Meereskunde u. des geogr. Inst. an der Univ. Berlin 1902 Heft I S. 30).
19. Dove, K., Deutsch-Südwest-Afrika. Ergänzungsheft zu Pet. Mitt. Nr. 120 1896 S. 39 ff.
20. Dove, K., ib. S. 47—48.
21. Drygalski, E. v., Grönland Expedition. Berlin 1897 II S. 350—356.
22. Finsch, Westsibirische Reiseberichte (Verein für deutsche Nordpolfahrt, Bremen 1871 S. 532—49, 672).

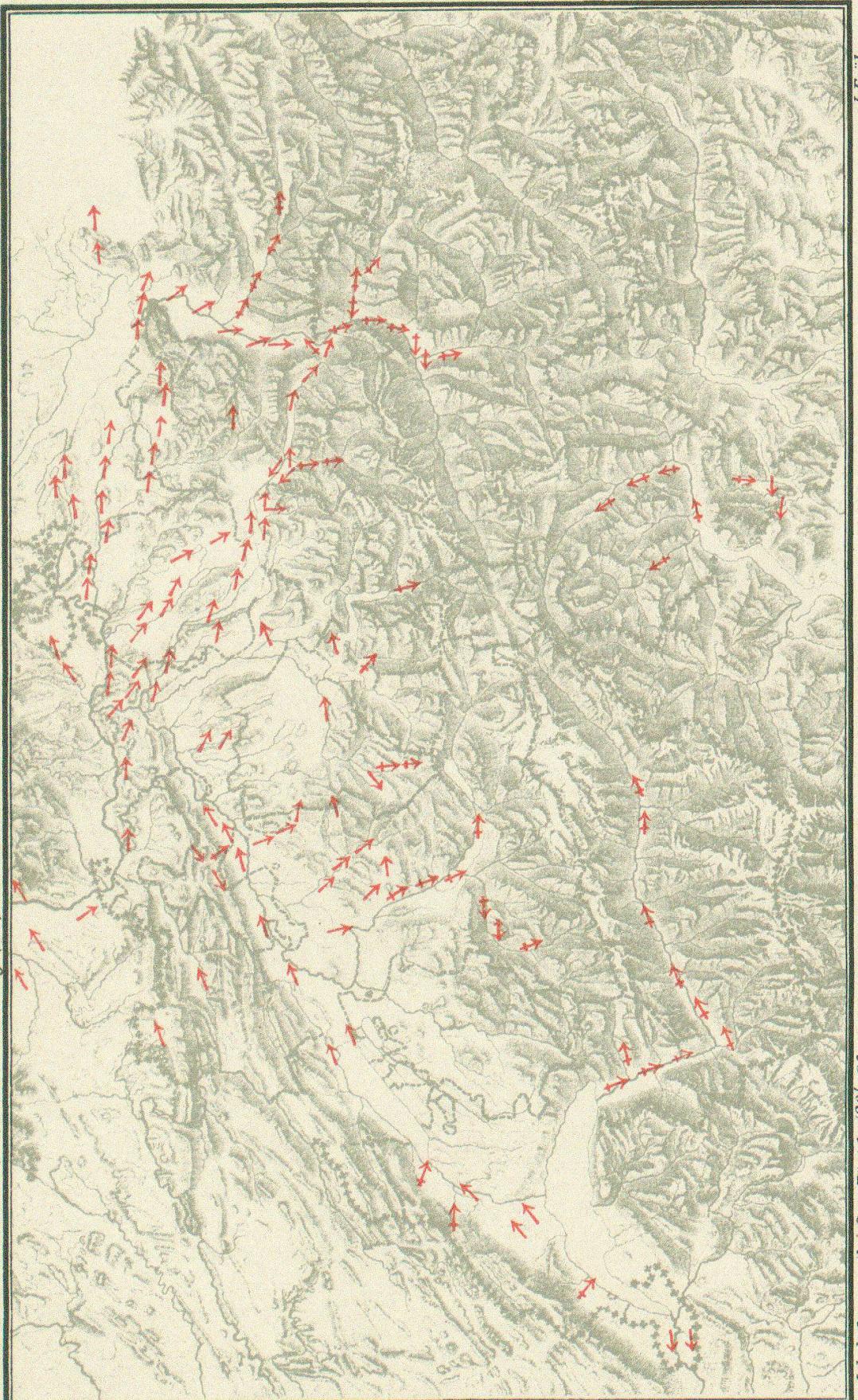
23. Fischer, Th., Klima der Mittelmeerländer (Pet. Mitt. Erg. XIII S. 18).
24. Focke, W. O., Untersuchungen über die Vegetation des nordwestdeutschen Tieflandes, Abh. nat. Ges. Bremen II 3. Heft 1871 S. 405—56.
25. Focke, W. O., ib. Band III 1873 S. 273 ff.
26. Follmann, Die Eifel (Kirchhoff, Forschungen VIII S. 202).
27. Fournet, J., Les brises de jour et de nuit autour des montagnes (Ann. de chimie et de phys. LXXIV 1840 S. 337—401).
28. Frank, A. B., Die Krankheiten der Pflanzen. Breslau 1880 S. 353.
29. Frank, A. B., ib. S. 355.
30. Friedrich, E., Ueber den Salzgehalt der Seeluft, die Fortführung der Salzteile aus dem Meerwasser und die therapeutische Verwertung der wirksamen Faktoren der Nordseeluft (SA. deutsche Medizinal-Ztg. 1890 Nr. 61—63. 8^o, 46 S.).
31. Fröbel, cit. in Czerny, Wirkungen des Windes, Pet. Mitt. Erg. Nr. 48 1876 S. IV.
32. Früh, J., Das Vorland der Pyrenäen (Hettner Geogr. Z. VII. S. 220).
33. Futterer, K., Durch Asien. Bd. I. Berlin 1901 S. 153, 176 Taf. XV.
34. Gerhardt, Handbuch des deutschen Dünenbaues 1900 S. 438.
35. Guest, A. R., The oasis of the Mudirieh of Assyut (Geogr. Journ. XVI 1900 S. 658).
36. Hann, J., Klimatologie II 342 und 343.
37. Hansen, A., Die Vegetation der ostfriesischen Inseln. Darmstadt 1901 S. 44—45.
38. Hardy, Notes climatologiques de l'Algérie au point de vue agricole (C. R. Acad. Paris 1847 S. 1011).
39. Hartz, N., Die dänische Expedition nach Ostgrönland 1891/92 (Petermanns Mitt. Bd. 43, 1897 S. 92 und 93 mit 4 Holzschnitten).
40. Hearne, S., Voyage du Fort de Prince de Galles. Paris An. VII S. 7.
41. Hedin, S., Ergebnisse seiner wissenschaftlichen Reisen 1894—1897 in Centralasien. Erg. zu Pet. Mitt. Nr. 131 1900.
42. Hegifoky, J., Ueber die Windrichtung in den Ländern der ungar. Krone (M. Z. 1895 Cit. 65).
43. Heim, A., Die Bodenbewegungen in Campo im Maggiathale, Kt. Tessin (Vierteljahrsschrift d. nat. Ges. Zürich, 43. Jahrg., 1898 S. 12).
44. Heimans, F., und P. Thijssse, In de Duinen. Amsterdam 1899 S. 141 (Abb.).
45. Hellmann, G., Met. Z. 1884 S. 284—85.
46. Hermitae, Jac., Reisebeschr. nach Indien in Recueil des voyages qui ont servi à l'établissement de la comp. des Indes-Orientales. Amsterdam 1705 p. 35.
47. Hill, A., The Meteorology of the N. W. Himalaya (Indian Met. Mém. I S. 377).
48. Kämtz, Bull. phys. Acad. St. Petersburg V., 1847 S. 294.
49. Kihlmann, A. O., Pflanzenphysiologische Studien aus Russisch-Lappland. Helsingfors 1890 S. 77.

50. Klinge, M. J., Ueber den Einfluss der mittleren Windrichtung auf das Verwachsen der Gewässer etc. (Engler bot. Jahrb. 11. Bd. 1889 S. 305).
51. Klöden, A. G. v., Handbuch der Länder- und Staatenkunde, Asien 4. Aufl. 1882 S. 352 und J. Allen in Globus XLV Nr. 14.
52. Köppen, Die vorherrschenden Winde und das Baer'sche Gesetz der Flussbetten. Met. Z. 1890 S. 34.
53. Kohl, J. G., Die Marschen und Inseln der Herzogtümer Schleswig-Holstein. Dresden 1846 II 148—49.
54. Leonhard, R., Kythera. Pet. Mitt. Erg. Nr. 128 1899 S. 29 und 39.
55. Martin, K., ref. von H. Zondervan in Hettner, geogr. Z. VI 1900 S. 570—71 u. ib. VII. S. 97 u. 103.
56. Meitzen, A., Siedlung und Agrarwesen. Berlin 1895.
57. Metzger, Der Wind als massgebender Faktor für das Wachstum der Bäume. Mündener forstl. Hefte 1893 S. 35 und 1894 S. 61 ff.
58. Meyer, H., Die Winde zu Keitum auf Sylt etc. (Ann. Hydr. 1890 S. 63).
59. Middendorff, Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens Bd. IV erster Teil. Petersburg 1867 S. 662.
60. Middendorff, A., v., Einblicke in Ferghana. Mem. Acad. St. Pet. 7ème sér. XXIX 1881.
61. Middendorff, A., v., Einblicke in Ferghana, l. c. S. 53.
62. Müller, P. E., Studien über die natürlichen Humusformen etc., deutsche Ausgabe. Berlin 1887.
63. Niederlein, G., Wissenschaftl. Resultate einer argentinischen Expedition nach dem Rio Negro (Zeitschr. der Ges. f. Erdk. Berlin XVI 1881 S. 89).
64. Partsch, J., Corfu. Pet. Mitt. Erg. Nr. 88 S. 51, 52, 89.
65. Partsch, J., Pet. Mitt. Erg. Nr. 98.
66. Partsch, J., Pet. Mitt. Erg. Nr. 95 1890.
67. Philippson, A., Zur Kenntnis der griechischen Inselwelt. Pet. Mitt. Erg. Nr. 134 1901 S. 155.
68. Pucich, J., Die Karstbewaldung im öst-illyr. Küstenlande. Triest 1900 S. 23.
69. Puenzieux, A., Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen 1896.
70. Radde, G., Transkaspien und Chorassan. Pet. Mitt. Erg. Nr. 126 1898 S. 1551—57.
71. Radde, G., Aus dem Daghestanischen Hochgebirge. Erg. Nr. 85 1887 S. 5, 49 und 64.
72. Radde, G. und König, E., Ostufer des Pontus. Erg. zu Pet. Mitt. Nr. 112 1895 S. 91—98.
73. Radde, G. und König, E., Ostufer des Pontus l. c. S. 12 und 37.
74. Ratzel, F., Anthropogeographie 2. Aufl. Stuttgart 1899 S. 570.
75. Richardson, J., Arctic. searching expedition I 1848—51 S. 326 cit. bei Roder S. 70.
76. Richter, E., Seestudien (Penck Geogr. Abh. 1897 2. Heft S. 10).
77. Rickli, M., Reisebilder aus Korsika (Verh. der schweiz. nat. Ges. Zofingen 1901 und Vierteljahrsschr. d. nat. Ges. Zürich 1902).
78. Roder, K., Die polare Waldgrenze, Diss. Leipzig 1895.

79. Rütimeyer, Die Bretagne, Schilderungen aus Natur und Volk. Basel 1882 S. 42.
80. Scheuchzer, J. J., Naturgeschichte des Schweizerlandes. Ausgabe von J. G. Sulzer 1746 II. S. 240.
81. Schimper, A. F. W., Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898.
82. Schindler, A. H., Reisen im südlichen Persien. Zeitschrift der Ges. f. Erdk. Berlin XVI 1881 S. 307, 319, 333.
83. Schmidt, F., Reise ins Amurland und Insel Sachalin, Mem. Acad. St. Petersburg 7ème sér. XII 1868.
84. Schenk, A. G., Reisen auf dem Nordosten des europäischen Russlands 1837 Band II 1854 (Archangelsk) S. 479.
85. Scobel, A., Monographien zur Erdkunde Bd. III. Norwegen v. S. Ruge, Leipzig 1899 S. 129, 134, 137—138.
86. Scobel, A., Geographische Monographien VII Ostseeküste von O. Wegener.
87. Stefanovic, v., Vilovo, Ueber das seitliche Rücken der Flüsse (Mitt. K. K. geogr. Ges. 1881 S. 167).
- 87a. Walter, J., Gesetz der Wüstenbildung 1900.
88. Warming, E., Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie, deutsche Ausgabe. Berlin (2. Aufl. 1902).
89. Warming, E., Der Wind als pflanzengeographischer Faktor (Entgegnung gegen Hansen) Engler bot. Jahrb. XXXI 1902.
90. Willkomm, M., Die pyrenäische Halbinsel (Wissen der Gegenwart XLIII. Leipzig 1886 S. 226).
91. Woeikof, A., v., Ueber das Klima von Ostasien. Met. Z. 1870 S. 39.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Vorherrschende West: (→), Thal und Berg (↔) = Winde der Schweiz.



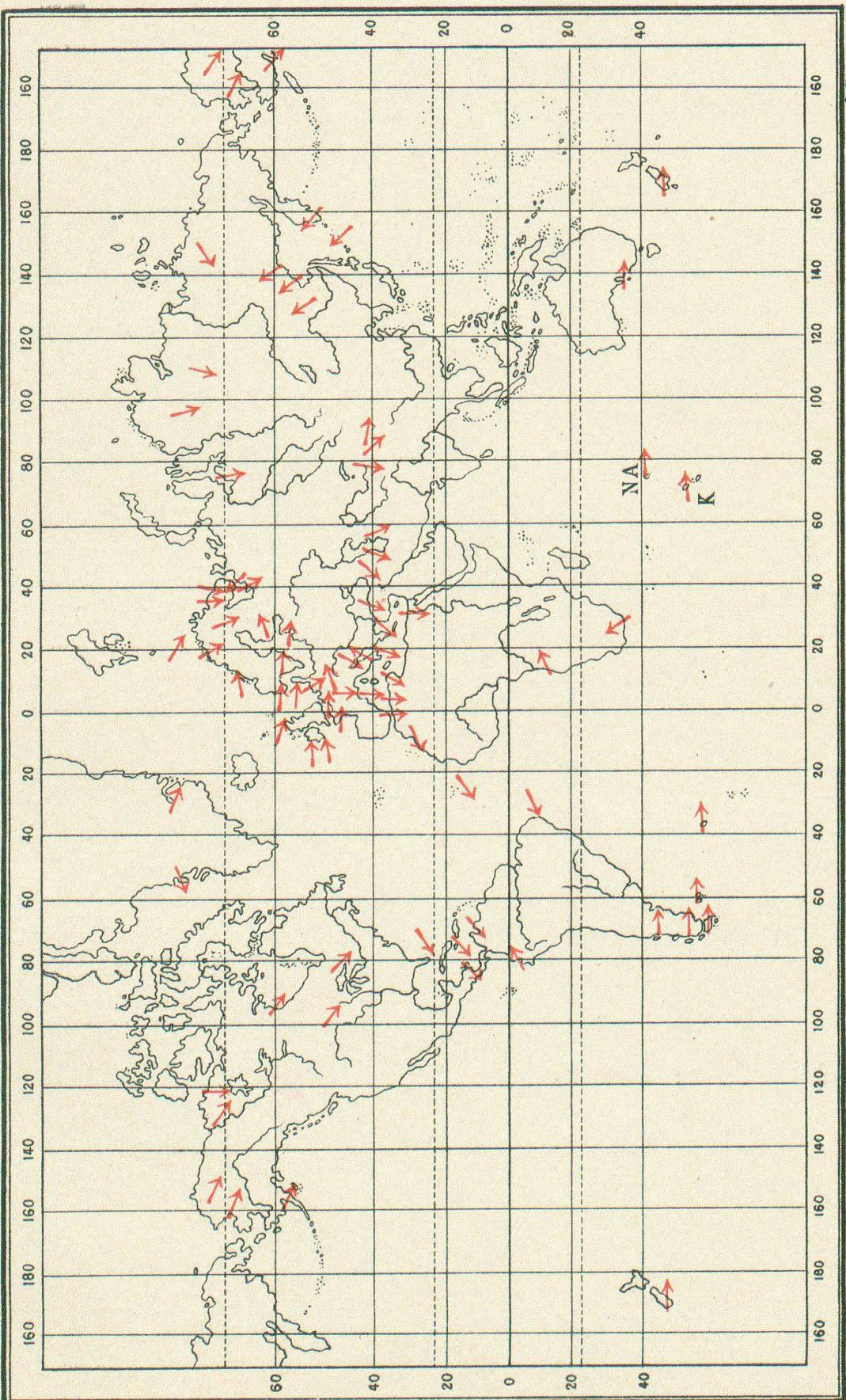
Jahrb. Geogr.-ethn. Ges. Zürich 1901-02.

HOFFER & CO. ZÜRICH

J. Frith.

Leere Seite
Blank page
Page vide

Passale, Monsune u. vorherrschende Westwinde (Föhn in Grönland).



Jahrb. Geogr.-ethn. Ges. Zürich 1901-02.

HOFFER & CO, ZÜRICH

J. Freih.

Leere Seite
Blank page
Page vide