

DIE BAUMNEIGUNG ALS HILFSMITTEL ZUR GEOGRAPHISCHEN BESTIMMUNG DER KLIMATISCHEN WINDVERHÄLTNISSE

(Dargestellt am Beispiel der Köln-Bonner Bucht)

W. Weischet

Mit 2 Abbildungen

Bei dem weitmaschigen Windbeobachtungsnetz auf der einen Seite und dem lebhaften und steigenden Interesse an Fragen des Windschutzes auf der anderen gilt es zu prüfen, ob sich nicht auch mit geographischen Mitteln Einblicke in die klimatischen Strömungsverhältnisse der unteren Luftschichten gewinnen lassen. Für Gebiete, in denen sich die Windverhältnisse durch große Beständigkeit auszeichnen, sind charakteristisch deformierte Bäume als sog. „natürliche Windfahnen“ (*Darwin* 1875) seit langem zur Festlegung der beständig wehenden Winde herangezogen worden. Das gilt hauptsächlich für die Passatregion (z. B. *Burchard* 1929). Aber auch von orographisch festgelegten tagesperiodischen Ausgleichswinden oder von Fallwinden sind Winddeformationen bekannt und ausgewertet worden (*Billwiller jun.* 1915). Darüberhinaus hat *J. Früh* (1901) in einer Studie über „die Abbildung der vorherrschenden Winde durch die Pflanzenwelt“ eine große Zahl eigener und fremder Beobachtungen über die Baumneigung allein, ohne daß eine Deformation der Krone gegeben war, verwertet. Dabei verfolgen die Darlegungen und die Karten die Aufgabe, „ohne weiteres in der Natur die Abbildung der vorherrschenden Winde zu finden“. Auf eine Verifikation durch meteorologische Beobachtungen wird ausdrücklich verzichtet. Für Klimate und geographische Lagen mit großer Richtungskonstanz der Winde geht das an. In Gebieten, in denen Wetterhaftigkeit und häufiger Windwechsel zum Klimacharakter gehören, kann diese Methode an vielen Orten aber nur Annäherungswerte zum Bild der „vorherrschenden Winde“ beitragen, da sie keine Rücksicht auf die Tatsache nimmt, daß die beobachtete Baumneigung das Resultat eines nach Gesetzen der Vektoraddition wirksamen Kräftesystems ist.

Jede Windrose bildet in ihrer Zusammenstellung der einzelnen Richtungen ein Kräftediagramm, aus dem sich nach Gesetzen der Vektoraddition die resultierende Kraft errechnen läßt. Das Produkt aus mittlerer Häufigkeit und mittlerer Geschwindigkeit der einzelnen Richtungen vektoriell addiert, ergibt die mittlere Luftversetzung nach Richtung und Stärke. Diese mittlere Luftversetzung muß unmittelbar als die im Mittel

wirkende Kraft angesehen werden. Sie fällt nur bei bestimmten Windverteilungen zusammen mit den „vorherrschenden Winden“, wenn man darunter dem Sinn des Wortes nach die vorwiegend wehenden Winde, in klimatologischer Nomenklatur die häufigsten Winde versteht. In vielen Fällen aber, besonders dann, wenn orographische Effekte in der Häufigkeitsverteilung eine Rolle spielen, weicht die Richtung der mittleren Luftversetzung erheblich von der Richtung der häufigsten Winde ab (vgl. die Windverteilung für Köln z. B.), so daß es notwendig erscheint, den Zusammenhang zwischen der beobachteten Baumneigung und der Windverteilung etwas genauer zu betrachten. Die Richtung der Baumneigung soll zunächst als „Richtung der Windwirkung“ oder kurz als „Wirkrichtung“ bezeichnet werden. Sie läßt sich bei freistehenden Bäumen im Gelände leicht mit Hilfe eines Kompasses oder ersatzweise auch mit einer topographischen Spezialkarte bestimmen.

Um aber die beobachteten Werte hinsichtlich ihres Repräsentationsvermögens richtig einschätzen zu können, muß bedacht werden, daß die Wirkung der an den Bäumen im Mittel angreifenden Kraft noch abhängig ist von der Kraftumsetzung am Objekt, d. h. im wesentlichen von der Verschiedenartigkeit der Angriffsmöglichkeit und Widerständigkeit der Einzelobjekte. Setzen wir eine frei exponierte Stellung voraus, so liegt die verschiedene Angriffsmöglichkeit hauptsächlich begründet in der verschiedenen Dichte und Form der Baumkronen. Ist diese nicht symmetrisch gebaut, so wird neben dem direkten Winddruck in Richtung des wehenden Windes ein zusätzliches Drehmoment auf den Stamm übertragen, dem dieser sich allmählich in irgendeiner Form anpassen muß. Die daraus evtl. resultierende Neigung braucht aber in der Richtung nicht übereinzustimmen mit der am Dreharm angreifenden Kraft. Dasselbe gilt für die Art der Anpassung an den stetig oder stoßweise wirkenden Winddruck unter dem Einfluß der speziellen Lage und Festigkeit der Wurzelverankerung im Boden. Aber alle diese Faktoren bei der Beobachtung der Wirkrichtung im Gelände zu berücksichtigen, kann nicht gehen. Es muß vielmehr durch systema-

tische Reihenmessungen zunächst einmal die Variationsbreite der durch diese nicht zu kontrollierenden Wirkungsfaktoren verursachten Richtungsstreuungen bestimmt werden.

Das geschah dadurch, daß eine große Zahl von Richtungsmessungen der Baumneigung bei gleicher Baumart am gleichen Standort vorgenommen wurde und die Abweichung der Einzelwerte vom Mittel für den betreffenden Standort errechnet wurde. Das Ergebnis ist folgendes (vgl. die Diagramme in Abb. 1):

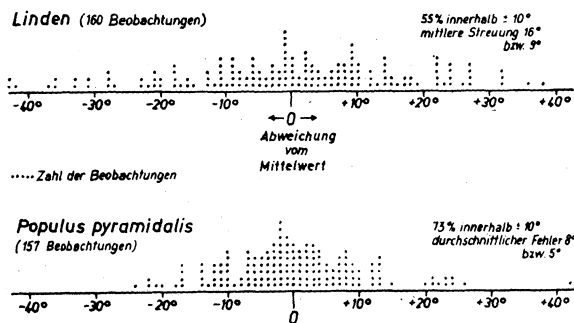


Abb. 1

160 Einzelbeobachtungen an Linden ergeben als absolute Schwankungsbreite ungefähr $\pm 43^\circ$ beiderseits vom Mittelwert. Innerhalb dieses Streuintervalles scharen sich die Werte um den Punkt geringster Abweichung so, daß bis $\pm 12^\circ$ die einzelnen Abweichungsbeträge ungefähr gleiche Häufigkeit haben, daß dann aber die größeren Abweichungen schnell seltener werden, so daß 55% der Werte innerhalb des Intervalles $\pm 10^\circ$ liegen. Die mittlere Streuung beträgt unter Berücksichtigung aller Beobachtungswerte $\pm 16^\circ$. Werden aber die wenigen großen Abweichungen von mehr als 20° , die offenbar durch anomale Wuchseigenschaften bedingt sind, aus der Mittelbildung ausgeschlossen, so ist die mittlere Streuung noch $\pm 9^\circ$. Diesen Betrag wird man für den Fehler ansetzen müssen, der durch die unkontrollierbaren Wuchsunterschiede hervorgerufen wird. Die offensichtlich ungewöhnlich großen Abweichungen auszuschalten, ist dann erlaubt, wenn man die Wirkrichtung des Windes nicht am Einzelexemplar, sondern an mehreren Bäumen eines einheitlichen Standortes bestimmt, so daß extreme Abweichungen sich leicht erkennen lassen.

Genauer ist die Beobachtungsmöglichkeit noch bei Pappeln, insbesondere bei der schlanken *populus pyramidalis*. Hier sind unter 170 Beobachtungen Abweichungen vom Mittel von mehr als 20° äußerst selten. 73% aller Beobachtungen differieren nicht mehr als $\pm 10^\circ$ vom Mittelwert. Und innerhalb des 10° -Intervalles verteilen sich die Abweichungen ungefähr der Gauß'schen Fehlerkurve entsprechend. Werden die nur wenigen

Abweichungen von mehr als 20° ausgeschieden, so ist die durchschnittliche Streuung $\pm 5^\circ$. Unter Berücksichtigung aller Werte beträgt sie $\pm 8^\circ$.

Aus diesen Betrachtungen lassen sich drei grundlegende Tatsachen für Geländebeobachtungen der Wirkrichtung folgern. Erstens gestattet die Verteilung der Einzelbeobachtungen, entsprechend der Gauß'schen Fehlerkurve, mit einem durchschnittlichen Fehler von $\pm 8^\circ$ bei *populus pyramidalis* alle Richtungsänderungen, die größer als dieser Betrag sind, im Gruppenvergleich auf Unterschiede in der angreifenden Kraft zurückzuführen. Bei Linden ist die Beobachtungsgenauigkeit etwas geringer, doch bleibt sie unter Ausschaltung von einzelnen groben Abweichungen auch bei 10° .

Zweitens rät aber die Tatsache, daß neben der mittleren Streuung von $\pm 10^\circ$ an einem einheitlichen Standort auch Abweichungen von 43° vorkommen, zur Vorsicht bei der Verwendung von Einzelangaben, z. B. von einzelstehenden Bäumen. Vielmehr sollten nur solche Angaben mit Gewicht versehen werden, bei denen durch Vergleich einer Reihe von Einzelexemplaren die Möglichkeit einer zufälligen extrem großen Abweichung ausgeschaltet ist.

Drittens zeigt der Vergleich der Messungsreihen der verschiedenen Baumarten, daß die besten Beobachtungsergebnisse der Wirkrichtung des Windes zu gewinnen sind an den symmetrischen Wuchsformen. Diese geben nämlich durch den rotationssymmetrischen Ansatz verhältnismäßig dünner Äste und durch das relativ geringe Ausladen der Krone vom Stammittelpunkt aus die kleinste Angriffsmöglichkeit für fälschende Drehmomente.

Und außerdem hat die Erfahrung bei der Materialsammlung die Hinweise *J. Frühs* (a. a. O.) bestätigt, daß Bäume, die unmittelbar am Wasser oder auf Böschungen stehen, sehr oft durch die unsymmetrische Verankerung eine große Streuung der Neigungsrichtung zeigen. Nicht frei exponierte oder nicht eindeutig schief stehende Bäume sollten nicht zu Beobachtungen verwandt werden, da im ersteren Falle bei nur geringen Windgeschwindigkeiten die in der Verankerung begründeten Einflüsse auf die Neigung wirksamer sein können als der Winddruck, oder da bei normalen Windstärken eine Komponente abgeschirmt wird, und weil im zweiten Falle die Beobachtung der Neigungsrichtung schwierig und oft nicht eindeutig ist. Zu beachten ist die Neigung des ganzen Baumes, nicht nur die des Stammes.

Mit diesen Voraussetzungen der Beobachtungsgenauigkeit kann eine Aufnahme der Wirkrichtung der Winde im Gelände erfolgen und durch Vergleich mit den meteorologischen Daten der in

dem Gebiet vorhandenen Stationen eine Abgrenzung typischer Teilgebiete des bodennahen klimatischen Strömungsfeldes vorgenommen werden.

Durchgeführt wurde diese Arbeitsmethode für die Köln-Bonner Bucht, und sie soll nunmehr an Hand dieses Beispiels näher ausgeführt werden, um möglicherweise auch gleichzeitig neue Einblicke in ein interessantes Teilgebiet des klimatischen Strömungsfeldes zu bekommen. Hier in der Köln-Bonner Bucht, wo in allgemeiner Richtung des unteren Mittelrheintales von Bad Godesberg-Königswinter an die den Fluß bis hierher begleitenden steilen Talhänge und höheren Gebirgsteile von diesem zurücktreten und der Steilabfall des Vorgebirges im Westen und des Bergischen Landes im Osten nur noch eine trichterförmige Tieflandsbucht begrenzen, stellt sich im Gegensatz zu dem eindeutigen Häufigkeitsmaximum der Westwinde in freixponierten Lagen der Hochflächen oder des weiter nördlich gelegenen Flachlandes als häufigste Windrichtung die aus SE heraus (vgl. dazu die Häufigkeitsdiagramme in der beigegebenen Karte [Abb. 2] und die folgende Tabelle).

die eigentliche Köln-Bonner Bucht bleiben die Grenzen des Gültigkeitsbereiches auf Grund meteorologischer Daten allein unbestimmt. Die flächenhafte Aufnahme der Baumneigung innerhalb der Bucht führt aber zu neuen Einblicken. Das Ergebnis der Aufnahme ist in der beigegebenen Karte zusammen mit Windhäufigkeitsverteilungen an den einzelnen Stationen dargestellt¹⁾. eingetragen sind die Werte vom Fußpunkt aus in Richtung der Baumneigung. Der Neigungsgrad selbst blieb unberücksichtigt.

Man ersieht daraus, daß auf dem Vorgebirge, auf den Höhen der Rheineifel und auf dem Abfall des Bergischen Landes die Wirkrichtung rein nach Osten geht. Steigt man vom Vorgebirge in die Bucht hinunter, so bleibt die Wirkrichtung im Bereich der Mittelterasse und dort, wo die Niederterasse breit ausgebildet ist, noch die gleiche. Erst mit weiterer Annäherung an die Tiefenlinie der Bucht bekommt sie nördliche Komponenten, und unmittelbar am Rhein hat sie eine Richtung zwischen ENE und NE. Mit wachsender Entfernung vom Rhein dreht sie dann wieder auf

Jahreswerte der mittleren Windhäufigkeit in %

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C	Reihe
Schneifelforsthaus	6,8	7,8	6,3	10,3	7,5	20,6	17,2	15,1	8,4%	1889—1925 ¹⁾
Müllensbach	7,5	8,2	4,5	9,3	7,3	19,1	19,4	17,7%	?	1901—1911 ²⁾
Aachen	7,5	9,5	7,5	3,5	9,5	26,5	17,3	10,2	8,5%	1881—1925 ¹⁾
Köln Altstadt	1,7	5,6	3,8	30,9	5,1	14,9	19,1	18,5	0,4%	1881—1925 ¹⁾
Köln Flughafen	8,7	4,5	4,8	18,9	12,6	10,5	17,6	15,0	7,4%	1936—1944 ³⁾
Köln Bot. Garten	3,0	2,4	5,2	22,4	9,5	17,8	19,1	11,8	8,8%	1949/50 ³⁾

¹⁾ Nach Klimakunde des Deutschen Reiches: Tabellenband. Bearbeitet und herausg. vom Reichsamt für Wetterdienst, Berlin 1939.

²⁾ Nach Böttcher (1941).

³⁾ Errechnet aus Originalbeobachtungen, die mir freundlicherweise vom Meteorol. Zentralamt, Bad Kissingen, bzw. vom Meteorol. Inst. d. Univ. Köln zur Verfügung gestellt worden sind.

Über die Ursache diese SE-Maximus sind verschiedene Meinungen geäußert worden: *Polis* (1928); *Breuer* (1930); *Luft* (1938); *Berg* (1941). Einen wichtigen Faktor bei der Kritik dieser Ansichten stellt die Frage nach der Abgrenzung des durch die Station Köln repräsentierten Windfeldes gegen seine Nachbargebiete dar. Sicher nicht richtig ist die von *Ridder* (1935) vertretene Anschauung, daß die Windverteilung von Köln als typisch anzusehen sei für die Klimaregion „Kölner Bucht“, unter der sie den Bereich versteht, den man in Landschaftsgliederungen (*Paffen* 1950) als Niederrheinische Bucht bezeichnet, also das ganze Gebiet zwischen Nordabfall der Eifel und Westanstieg des Bergischen Landes einschließlich der Jülicher- und Zülpicher Börde. Aber auch für

reine Ostrichtung zurück. Das ist im Prinzip in jedem West-Ost-Schnitt so, den man zwischen Bonn und dem Gebiet nördlich der Wuppermündung durch die Bucht legt.

Bei einer etwas gründlicheren Betrachtung fällt weiterhin auf, daß die Zone, in der eine Nordkomponente der Wirkrichtung auftritt, nach Norden schmaler wird und sich nördlich der Wuppermündung vornehmlich auf das rechte Rheinufer verlagert. Gleichzeitig wird rheinabwärts die Nordkomponente unmittelbar am Rhein etwas

¹⁾ Die Windrosen von Müllensbach, Aachen und Krefeld sind in den Kartenausschnitt eingerahmt hineingenommen, obwohl sie an sich außerhalb des Ausschnittes liegen, aber als repräsentativ für die unmittelbare Umgebung der Köln-Bonner Bucht genommen werden müssen.

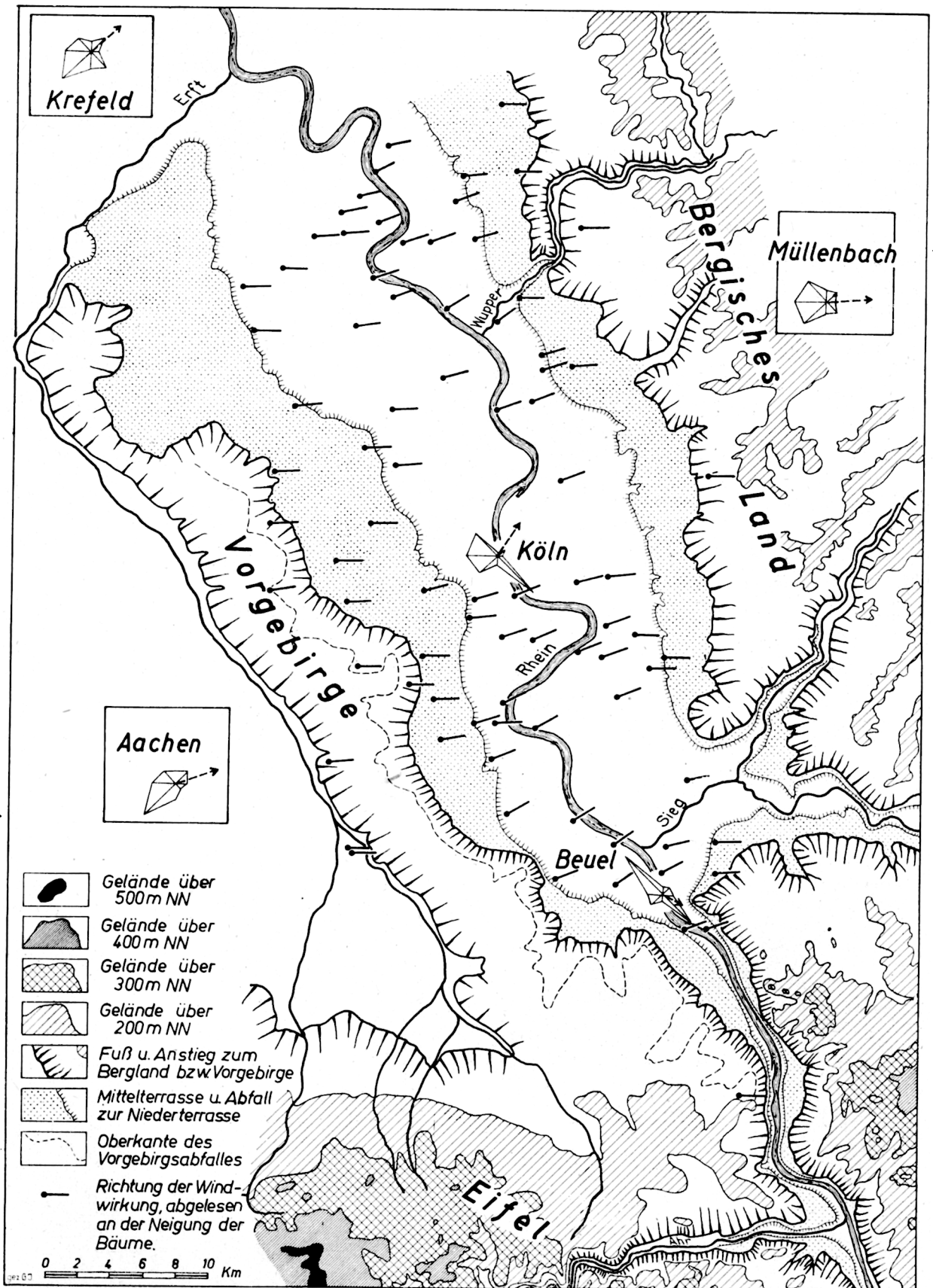


Abb. 2: Die Richtung der Windwirkung in der Köln-Bonner Bucht

kleiner. Auf dem linken Rheinufer ergibt sich nördlich der Siegmündung als Mittel der Wirkrichtung N 60° E, unmittelbar südlich Köln sind es noch N 68° E, und auf dem linken Ufer nördlich der Wupper dreht sie weiter auf mehr als N 70° E. Allerdings zeigen sich auf der orographisch rechten Seite dort, wo der Rhein auf größeren Strecken einen gradlinigen Verlauf von SE nach NW beibehält, auch nördlich der Wupper noch relativ große Nordkomponenten.

Welche Schlüsse können aus diesen Beobachtungsstatsachen gezogen werden? Dazu läßt sich feststellen, daß nur in einer Zone bis 6 km beiderseits des Rheines eine wirksame Kraftkomponente nach Norden vorhanden ist. Sie erreicht ihre größte Wirksamkeit in unmittelbarer Nähe des Flusses. Mitten in dieser Zone liegt die Station Köln, deren Winddiagramm im wesentlichen eine Zusammensetzung aus einer relativ großen westlichen- und einer etwas kleineren SE-Komponente darstellt, die beide zusammen eine resultierende Richtung aus dem SW-Quadranten bilden können. Die randlichen Teile der Bucht zeigen dieselben rein östlichen Wirkrichtungen wie das Vorgebirge und der Abfall des Bergischen Landes. Für letzteres ergeben die Windbeobachtungen von Müllenbach auch nur westliche Windrichtung ohne hervorstechende Südkomponente. Da die Richtungsunterschiede der Wirkrichtung mehr als 10° betragen, läßt die vergleichende Betrachtung der Richtung der Windwirkung und der Häufigkeitsverteilungen in und um die Köln-Bonner Bucht den Schluß zu, daß nur im zentralen Teil der Bucht ein ausgeprägtes Maximum der SE-Winde vorhanden ist. Sieht man das SE-Maximum als das Ergebnis einer Fortsetzung des Bergwindes (Berg 1941) oder auch eines orographischen Effektes an (Polis 1928), so muß man feststellen, daß diese nur im Inneren der Bucht wirksam sind, in einzelnen Gebieten verstärkt oder abgeschwächt durch den unmittelbaren Einfluß des Flußlaufes selbst.

Um aber dem Kriterium der Wirkrichtung Gewicht hinsichtlich des Schlusses auf die Windverhältnisse zu verleihen, muß erst nachgewiesen werden, daß für die Einzelgebiete die beobachtete Richtung der Windwirkung und die Richtung der aus der klimatischen Windverteilung zu errechnenden wirksamen Kraft befriedigend übereinstimmen. Es muß also aus den Daten der Windhäufigkeit und der mittleren Stärke der einzelnen Richtungen durch vektorielle Addition die resultierende mittlere Luftversetzung bestimmt werden. Das geschieht nach einem von Lambert angegebenen einfachen Rechenverfahren. Danach wird das Produkt Häufigkeit $H \times$ mittlere Stärke v

für jede Richtung gebildet und die Werte für die Zwischenrichtungen NE, SE, SW und NW auf die Hauptrichtungen reduziert und diese vektoriell addiert. Die Formeln dazu lassen sich leicht dem Lehrbuch der Meteorologie oder dem Handbuch der Klimatologie entnehmen. Soll dem Betrag der Luftversetzung eine physikalische Längengröße entsprechen, so muß die Häufigkeit in einer Zeitgröße (Anzahl der Stunden oder dgl.) und die mittlere Stärke in einer Geschwindigkeitsgröße (m/sec, km/std oder dgl.) angegeben sein. Meist finden sich aber die Häufigkeitsangaben in Prozentsätzen und die wenigen Geschwindigkeitsangaben in Beaufort-Graden. Aus diesen Daten läßt sich in Anbetracht der Tatsachen, daß im wesentlichen nur die Richtung der Luftversetzung interessiert, daß an den meisten Stationen Windstärkeangaben nur auf Schätzungen beruhen und daß Windstärkeangaben ohnehin nur cum grano salis in weiterer Umgebung der Station noch Gültigkeit haben, die Richtung der mittleren Luftversetzung mit genügender Genauigkeit errechnen. Das Produkt Häufigkeit in Prozent \times mittlerer Stärke in Beaufort-Graden für die einzelnen Richtungen vektoriell addiert, ist aber die Größe, die A. Schou (1944) dänisch als „Vindvirkeresultant“ (direction-resultant of wind work oder Windwirkungsresultante) definiert und zur Aufklärung der Vorlandbildungen dänischer Inseln herangezogen hat. Diese Windwirkungsresultante soll also auch hier zum Vergleich mit der beobachteten Wirkrichtung verwandt werden.

Leider fehlen fast immer in den Veröffentlichungen der Klimadaten die zur exakten Berechnung der Windwirkungsresultate notwendigen Windstärkeangaben für die einzelnen Richtungen. So ist auch für Köln für die Beobachtungsreihe 1881—1930 nur die Häufigkeitsverteilung veröffentlicht. Und da urkundliches Beobachtungsmaterial über die Jahre vor 1935 in Deutschland nicht mehr vorhanden ist, standen zur Berechnung der Windwirkungsresultante lediglich die Daten der Reihe 1936—1944 von der Station Köln-Flughafen, gelegen am NW-Rand der Stadt in 5 km Entfernung vom Rhein, zur Verfügung. Doch kann die neunjährige Reihe durchaus als repräsentativ bezüglich der wirksamen klimatischen Windverhältnisse angesehen werden. Außerdem sollen die jüngsten Beobachtungen von November 1949 bis Oktober 1950 vom Botanischen Garten im Norden der Innenstadt noch Berücksichtigung finden. Die Verteilung von Häufigkeit und mittlerer Stärke für die einzelnen Richtungen stellt sich an den beiden Stationen folgendermaßen dar:

		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
Köln Flugh.	Mittl. Häufigkeit	8,7	4,5	4,8	18,9	12,6	10,5	17,6	15,0	7,4%
	Mittl. Stärke	2,6	2,2	2,2	3,1	2,9	3,1	3,6	2,9	Beaufort
Köln Bot. G.	Mittl. Häufigkeit	3,0	2,4	5,2	22,4	9,5	17,8	19,1	11,8	8,8%
	Mittl. Stärke	1,7	1,3	1,7	1,7	1,7	2,2	2,5	2,1	Beaufort

Aus diesen Werten errechnet sich für die Station Köln-Flughafen die Richtung der Windwirkungsresultante zu N 56° E. Die beobachtete Wirkrichtung ist in der Nähe des Flughafens als Mittel einer Anzahl von Beobachtungen an *Populus pyramidalis* N 68° E. Der Vollständigkeit halber sei auch die Richtung der Windwirkungsresultante für das Jahr 1949/50 vom Botanischen Garten angegeben, jedoch ohne ihr klimatologisch repräsentative Bedeutung beizumessen. Sie ist N 52° E.

Aber auch die langjährigen Beobachtungen ohne Angabe der mittleren Stärke lassen sich noch zu einer Abschätzung der Windwirkungsresultante verwenden. Es wird in der Klimatologie in Ermangelung anderer Möglichkeiten oft allein aus der Häufigkeit die mittlere Windrichtung errechnet. Das liefert bei normaler Windverteilung, d. h. bei solcher, in der orographische Effekte keine Rolle spielen, annehmbare Ergebnisse, wie sowohl *Conrad* (1936) als auch *Hann-Süring* (1939) verbürgen, und zwar deshalb, weil bei normaler Windverteilung Häufigkeit und mittlere Stärke der einzelnen Richtungen einen gleichsinnigen Gang aufweisen. Normale Häufigkeitsverteilung hat aber Köln nicht. Die Südkomponente der aus der Reihe 1881—1925 errechneten Häufigkeitsresultante von N 36° E ist sicher nicht voll wirksam, da die Südwinde schwächer sind als die der Westrichtungen. Wie groß der Fehler ist, läßt sich abschätzen durch einen Vergleich der Richtung der mittleren Luftversetzung in Köln für die Sommermonate Mai-September, die von *Rüdiger* (1940) zu N 83° E berechnet wurde, und der Häufigkeitsresultante für dieselben Monate der Reihe 1881—1925 mit N 65° E. Die Differenz beträgt 18°. Diese auf den Jahreswert der Häufigkeitsresultante übertragen, ergibt für diese korrigiert N 54° E. Also auch dieser Wert, der sicher mit Fehlern aus der notwendigen Umrechnung und Abschätzung behaftet ist, liegt in derselben Größenordnung wie die exakt berechnete Windwirkungsresultante.

Der bei der Umrechnung berücksichtigte jährliche Gang der Häufigkeitsresultante gibt nun gleichzeitig einen Hinweis auf die Ursache der Abweichung der beobachteten Wirkrichtung vom Jahresmittel der Windwirkungsresultante. Erstere hat eine geringere Nordkomponente, die darin begründet sein kann, daß die mehr zonal gerichtete Windwirkungsresultante der Sommermonate grö-

ßeren Einfluß auf die Baumneigung ausübt als die mehr meridionale der Wintermonate. Das erscheint plausibel im Hinblick auf die mit der Belaubung in der Vegetationszeit verbundene größere Angriffsmöglichkeit des Winddruckes. Daß aber nicht nur die Windwirkungsresultante der Vegetationszeit wirksam ist, zeigt die Tatsache, daß für diese Zeit in Köln-Flughafen die Windwirkungsresultante mit N 89° E praktisch keine meridionale Komponente aufweist. Die Wirkrichtung des Windes liegt also zwischen der Windwirkungsresultante für das ganze Jahr als dem einen und der für die Vegetationsperiode als dem anderen Grenzwert. Es wäre plausibel, wenn sich dieser Sachverhalt durch Vergleich mit anderen Fällen als allgemeingültige Regel herausstellen würde. Die Lage der Wirkrichtung innerhalb des angegebenen Intervalles hängt dann noch von den speziellen Verhältnissen des jährlichen Windganges ab.

Es bleibt noch zu zeigen, daß die im wesentlichen rein zonalen Wirkrichtungen der äußeren Teile der Bucht und der Umrahmung übereinstimmen mit den entsprechenden klimatologischen Werten. Es läßt sich dazu nur die Häufigkeitsresultante heranziehen, da Windstärkebeobachtungen für diese Stationen nicht zur Verfügung stehen. Doch kann keine schwerwiegende Differenz zwischen Häufigkeitsresultante und Windwirkungsresultante bestehen, da die mittlere Stärke der ausschlaggebenden westlichen Richtungen nur um einige Zehntel Beaufortgrade differiert. Die Richtungen der Häufigkeitsresultanten von Müllenbach, Schneifelforsthau und Aachen schwanken je nach den speziellen Verhältnissen der Stationslage zwischen N 71° E (Aachen) und N 87° E (Müllenbach) im Jahresmittel bzw. E (90°) (Aachen, Schneifelforsthau) und E 10° S (Müllenbach) im Mittel der Vegetationsperiode. In den Werten kommt die Drehung der resultierenden Kraft gegenüber den zentralen Teilen der Köln-Bonner Bucht in fast reine West-Ost-Richtung eindeutig zum Ausdruck.

Als Ergebnis des kritischen Vergleichs der im Gelände beobachteten Wirkrichtung und der aus klimatologischen Daten zu folgernden kann also festgestellt werden, daß bei aller Vorsicht, die durch die Unzulänglichkeit der Windbeobachtungen und der klimatologischen Reihen sowie durch die große Veränderlichkeit der Strömungsrichtung

geboden ist, die theoretisch errechneten Werte das Bild zu fixieren vermögen, das die Geländebeobachtungen vorgezeichnet haben: Das durch die Station Köln belegte SE-Maximum der Windhäufigkeit ist nur im innersten Teil der Bucht bis maximal 6 km beiderseits des Rheines wirksam. Für die weiter ab gelegenen Teile der Niederterrasse und der Mittelterrasse ist das SE-Maximum nicht mehr anzunehmen.

Und zur vorgeschlagenen Arbeitsmethode kann festgestellt werden, daß auch in Klimaten mit veränderlichen Windrichtungen durch flächenhafte Aufnahme der Richtung der Windwirkung an freistehenden, symmetrisch gebauten Bäumen Angaben über die Windwirkungsergebnisse gewonnen werden können. Durch Vergleich mit den Windbeobachtungen der Klimastationen innerhalb des betrachteten Raumes läßt sich der Einflußbereich orographischer Effekte gegen das ungestörte klimatische Windfeld der Umgebung abgrenzen, wie am Beispiel der Köln-Bonner Bucht gezeigt werden konnte. Der Schluß von beobachteter Baumneigung (Wirkrichtung des Windes) auf die häufigsten („vorherrschenden“) Winde muß aber, wie das Beispiel ebenfalls zeigt, in Klimaten mit häufig wechselnden Winden und besonders dann, wenn orographisch bedingte Effekte wirksam sein können, eine Verifikation an Hand meteorologischer Beobachtungswerte erfahren.

Literatur

- Darwin, Ch.*, Reise eines Naturforschers. Übersetzt von Carus, 1875. S. 3 (zitiert nach *Früh* [1901]).
- Burchard, O.*, Die durchschnittliche Passatrichtung auf den westlichen Kanaren. *Meteorol. Zeitschr.* 1912. S. 1.
- Billwiler jun. R.*, Der Walliser Talwind und der tägliche Barometergang. *Meteorol. Zeitschr.* 1915. S. 423.
- Früh, J.*, Die Abbildung der vorherrschenden Winde durch das Pflanzenkleid. *Jb. d. Geogr.-Ethnogr. Ges. Zürich* 1901/02.
- Böttcher, W.*, Die Niederschläge im Rheinischen Schiefergebirge. *Beitr. z. Landesk. d. Rheinlande.* 3. Reihe. H. 5. Bonn 1941.
- Polis, P.*, Klima und Niederschlagsverhältnisse im Rheingebiet. In: *Der Rhein. Sein Lebensraum, sein Schicksal.* 1. Buch. 1. Teil. S. 187. Leipzig 1928.
- Breuer, E.*, Das Klima des Niederrheines und seiner Umgebung. *Veröff. Met. Obs. Aachen* 1930.
- Luft, R.*, Das Klima von Bonn-Beuel. *Zeitschr. f. angew. Meteorol. Das Wetter* 55. Jg. 1938.
- Berg, H.*, zitiert in: *Köhler, H.*: Köln. Natürliche Grundlagen des Werdens einer Großstadt. *Diss. Köln* 1941. S. 146.
- Ridder, M.*, Klimaregionen und -typen in Nordwestdeutschland. *Diss. Münster. Emsdetten* 1935.
- Paffen, K. H.*, Die natürlichen Landschaften der Rheinlande. In: *Geschichtl. Handatlas d. Deutschen Länder am Rhein, Mittel- und Niederrhein.* Köln 1950.
- Schou, A.*, Det marine Forland. *Folia Geographica Danica* Bd. IV. Kopenhagen 1945. Ausführlich referiert von *J. Blüthgen*: Dänische Vorlandstudien. *Die Erde* 1949/50. S. 309.
- Rüdiger, E.*, Der tägliche Windgang über Köln bis 3000 m. *Meteorol. Zeitschr.* Bd. 57. 1940. S. 293.

DER BEITRAG DER GEOGRAPHIE ZUR LÖSUNG SOZIALER UND WIRTSCHAFTLICHER PROBLEME IN DEN USA.

Eric Fischer

Es ist eine weitverbreitete Vorstellung, daß Geographie mit Topographie identisch sei — wenigstens seit dem Ende des Zeitalters der großen Entdeckungsreisen. Die Geographen selbst sind sich bewußt, viel zur Lösung zahlreicher Gegenwartsprobleme beitragen zu können, wenn sie nur herangezogen würden. Diese letztere Klage ist besonders häufig aus Europa vernommen worden, und gleichzeitig ist auch die Meinung laut geworden, daß die amerikanische Geographie sich in dieser Beziehung einer besseren Stellung erfreue. Das ist zum mindesten teilweise richtig, und diese Zeilen beabsichtigen, die deutschen Kollegen mit der tatsächlichen Stellung der Geographen hiezulande besser vertraut zu machen.

Die theoretische Einordnung der Geographie in das System der Wissenschaften ist dabei ein sehr selten diskutiertes Problem. Nur vereinzelt hat ein Geograph diese Frage in Angriff genom-

men, seit *Hartshorne* unter Heranziehung reichlicher deutscher Literatur sein theoretisches Werk über das Wesen der Geographie geschrieben hat¹⁾.

Im allgemeinen werden solche Auseinandersetzungen von den meisten amerikanischen Geographen als überflüssig abgelehnt. Für sie ist Geographie, wie ein amerikanischer Geograph es einmal formuliert hat, was Geographen tun. Es ist aber erst in zweiter Linie wichtig, was Geographen glauben leisten zu können; in erster Linie kommt es darauf an, ob Nicht-Geographen, seien es andere Wissenschaftler oder Männer, die mit praktischen Problemen zu tun haben, den Beitrag erkennen und anerkennen. Das ist, wie weiter unten im Detail auseinandergesetzt werden soll, in den letzten Jahren in steigendem Maße

¹⁾ *Richard Hartshorne*, The Nature of Geography. *Annals of the Association of American Geographers.* Vol. XXIX. 1939.