

- KUSTER, A.: Die Waldvegetation im Puschlav. Schweiz. Ztschr. f. Forstw. 96, 1945, 1–12.
- LAWRENCE, D. B.: Some features of the vegetation of the Columbia River Gorge with special Reference to Asymmetry in Forest Trees. Ecol. Monographs, Vol. 9, No. 2, 1939, 218–257.
- MÄDER, F.: Untersuchungen über die Windverhältnisse in Bodennähe bei verschiedenen Wetterlagen. Veröff. Schweiz. Met. Zentralanst. 9, 1968.
- MÖRIKOFER, W.: Beobachtungen zur Theorie des Malojawindes. Verh. schweiz. Naturf. Ges. Zermatt, 1923, 118–119.
- : Beobachtungen zur Theorie des Malojawindes. Verh. Naturf. Ges. Graubündens, Chur 1924, S. 69.
- : Zur Klimatologie des Malojawindes. Met. Ztschr., 1938, 215–217.
- PALLMANN, H. und P. HAFFTER: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 42, 1933, 357–466.
- RIKLI, M.: Die Arve in der Schweiz. Neue Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. 44, 1909.
- RÜBEL, E.: Pflanzengeographische Monographie des Berninagebietes. Bot. Jahrb. 47, 1912.
- RUNGE, F.: Windgeformte Bäume und Sträucher und die von ihnen angezeigte Windrichtung auf Terschelling. Met. Rdsch. 8, 1953, 177–179.
- : Windgeformte Bäume in den Tälern der Zillertaler Alpen. Met. Rdsch. 11, 1958, 28–30.
- : Windgeformte Bäume in den Tälern der Allgäuer Alpen. Met. Rdsch. 12, 1959, 98–99.
- SIMMEN, G.: Die Puschlaver Alpwirtschaft. Diss. Zürich, Chur 1949.
- SCHWEINFURTH, U.: Mount Egmont-Taranaki, Neuseeland. Erdk. XVI, 1, 1962, 34–48.
- : Neuseeland. Beobachtungen und Studien zur Pflanzengeographie und Ökologie der antipodischen Inselgruppe. Bonner Geogr. Abh. 36, 1966.
- STAUB, R.: Der Paß von Maloja. Seine Geschichte und Entstehung. In: Die Paßlandschaft von Maloja und die Gletschermühlen. Hrsg. Komm. f. d. Gletschermühlen und eine Schutzzone Maloja, Chur 1952, 3–84.
- TOGNINA, R.: Der Berninapaß im Wandel der Zeiten. Festschr. 600 Jahre Gotteshausbund, Chur 1967, 408–438.
- TOGNINA, R. und R. ZALA: Das Puschlav. Schweiz. Heimatbücher, Bündner Reihe, Bd. 3 (2. Aufl.), 1963.
- TRANQUILLINI, W. und H. TURNER: Untersuchungen über die Pflanzentemperaturen in der subalpinen Stufe mit besonderer Berücksichtigung der Nadeltemperaturen der Zirbe. Mitt. forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn 59, 1961, 127–151.
- TROLL, C.: Der Mount Rainier und das mittlere Cascadengebirge. Erdk. IX, 4, 1955, 264–286.
- TURNER, H.: Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. Mitt. forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn 59, 1961, 265–315.
- : Über Schneeschliff in den Alpen. Wetter und Leben 20, H. 10, 1968, 192–200.
- URFER-HENNEBERGER, CH.: Neuere Beobachtungen über die Entwicklung des Schönwetter-Windsystems in einem V-förmigen Alpental (Dischmatal bei Davos). Arch. Met., Geophys., Biokl., Ser. B, 18, 21–42.
- WEISCHET, W.: Die Baumneigung als Hilfsmittel zur geographischen Bestimmung der klimatischen Windverhältnisse (dargestellt am Beispiel der Köln-Bonner Bucht). Erdk. V, 1951, 221–227.
- : Die Geländeklimata der Niederrheinischen Bucht und ihrer Rahmenlandschaften. Eine geographische Analyse subregionaler Klimadifferenzierung. Münchener Geogr. Hefte, H. 8, 1955.
- : Geographische Beobachtungen auf einer Forschungsreise in Chile. Erdk. XIII, 1959, 6–22.
- YOSHINO, M.: The local distribution of windshaped trees and usnea as indicators of microclimates in the sub-alpine zone (japanisch, engl. Zus.) Tokyo Kyôiku Daigaku Chirigaukenkyôhokoku IV, 1960.
- : Lokalklima und Vegetation im Kirishima-Gebirge im südlichen Kyûshû, Japan. Erdk. XVII, H. 3/4, 1963, 148–163.
- : Some local characteristics of the winds as revealed by wind-shaped trees in the Rhône valley in Switzerland. Erdk. XVIII, 1, 1964, 28–29.
- : Wind-shaped trees as indicators of microand local climatic wind situation. Proc. 3rd intern. Biomet. Congr. in Sept. 1963, 1966 (Pergamon Press Oxford).

## DIE WINDVERBREITUNG IM GEBIET DES MT. FUJI

Mit 2 Abbildungen, 1 Photo und 1 Tabelle

MINORU YOSHIMURA

*Summary:* Wind distribution in the Mt. Fuji region

The surface wind conditions in the Mt. Fuji region were analysed using the results from field investigations of the wind shaped larches and wind data obtained at the climatological stations in this area. The following points are made clear.

1) In summer, two different directions of prevailing wind are seen. One is W or NW observed at the top of Mt. Fuji and the other is a southerly wind at the slope below 2000 m which changes its direction according to the direction of slope.

2) In winter, three different wind directions are seen. They are NW or WNW at the top of the mountain, SW between 2000 m and 2500 m which changes its direction to NW at the southern slope and to S at the western slope, and the northerly wind at the climatological stations at the foot of the mountain.

3) Monthly mean wind velocity at 2500 m in July and January which is estimated by the equation (I) is strong enough to deform the tree.

Obleich in Mitteljapan im Sommer ein SW-Monsun und im Winter ein NW-Monsun weht, wird die Hauptwindrichtung der bodennahen Luftschicht durch die orographischen Verhältnisse stark beeinflusst. Zur Untersuchung solcher lokalen Abweichungen der Hauptwindrichtung ist auch in Japan die bioklimatologische Methode (Windverformung der Bäume) eingeführt worden und zwar von Y. INOUE (1952), I. KAYANE (1967), K. MISAWA (1951), T. SEKIGUTI (1951) und M. M. YOSHINO (1964, 1966). Dennoch sind bis heute die den Monsunwind beeinflussenden Faktoren noch nicht geklärt.

Aus dem Gebiet des Mt. Fuji liegen zwei Untersuchungen über windgeformte Lärchen vor: die eine über das Oniwa Gebiet (ca. 2400 m) K. INOUE (1965), die andere über die Gegend des Yamanaka-Sees (Y. INOUE 1952). Da im Gebiet des Mt. Fuji die Winde beider Jahreszeiten zur Deformierung von Bäumen beitragen, wird im vorliegenden Aufsatz versucht, sowohl die Einflüsse beider Monsunwinde auf die Vegetation darzustellen, als auch Klarheit über die Veränderungen der Hauptwindrichtungen in verschiedenen Höhenstufen zu gewinnen. Beispiele von windgeformten Lärchen am Mt. Fuji zeigt das Photo 1. Diese deformierten Bäume können in zwei Haupt-



Photo 1: Windgeformte Lärchen im Mt. Fuji-Gebiet (Gruppe IIb)  
Wind deformed larches in the Mt. Fuji area (Group IIb)

typen eingeteilt werden (vgl. Nebenzeichnung von Abb. 1):

#### Gruppe I

Die Stämme wachsen vertikal und die Äste treiben rings um den Stamm aus. Baumkronen und Astwerk sind in unterschiedlichem Maße deformiert. So ergeben sich drei Untergruppen:

I a) Bäume, deren Kronen nur wenig leewwärts gebogen sind;

I b) Bäume, deren Kronen stark leewwärts gebogen sind;

I c) Bäume, deren an der Luvseite wachsenden Äste ebenfalls leewwärts gebogen sind.

Nach M. M. YOSHINO (1966) sind diese Bäume durch Wind während der Wachstumsperiode beeinflusst worden und die Windgeschwindigkeit muß nach K. INOUE (1965) öfters mehr als 3 m/s betragen haben.

#### Gruppe II

Die Stämme sind teilweise deformiert und in unterschiedlichem Maße zeigen die Luvseiten der Stämme wenige oder keine Äste. So ergeben sich ebenfalls drei Untergruppen:

II a) Die Wipfel der Bäume weisen auf ihrer Luvseite kein Astwerk auf;

II b) die Stämme wachsen noch vertikal, weisen aber auf der Luvseite nur im unteren Drittel Astwerk auf;

II c) die Stämme sind teilweise zur Leeseite gebogen und weisen auf der Luvseite überhaupt kein Astwerk auf.

Diese Formen entstehen durch Winterwinde im Zusammenhang mit Schneetreiben oder Eisregen.

Die vorliegende Untersuchung wurde von Oktober 1968 bis August 1970 durchgeführt. Dabei wurden im einzelnen folgende Ergebnisse festgestellt: In einer Meereshöhe von 1000-1800 m ü. NN. finden sich viele Bäume, die während der Wachstumsperiode durch Wind beeinflusst wurden. Auf Grund der Wipfeldeformation wurde in ca. 1000 m Höhe am Südhang als Windrichtung SSO und in 1500-2000 m Höhe SW-NW beobachtet. Am Osthang ist die Hauptwindrichtung SW-SSO, am Nordosthang in weniger als 1500 m Höhe S-SO. In 1500-2000 m Höhe weht jedoch an diesem Hang der Hauptwind als Fallwind in Richtung von SSW. Vom Motosu-See bis zum Kawaguchi-See finden sich verhältnismäßig wenig windgeformte Bäume, die am Motosu-See Südostwind und am Kawaguchi-See Westwind zeigen. *Man kann sagen, daß der Hauptwind im Sommer in 1000-1500 m Höhe beinahe isohypsenparallel weht und die ursprünglich südliche Windrichtung je nach Hangexposition verändert wird.*

Durch den Winterwind geformte Bäume finden sich in einer Höhe über 2000 m. Die aufgezeigte Hauptwindrichtung ist am Nordhang SSW-SW, am Westhang SW-SSO und am Südhang NW-W. Am Ost-

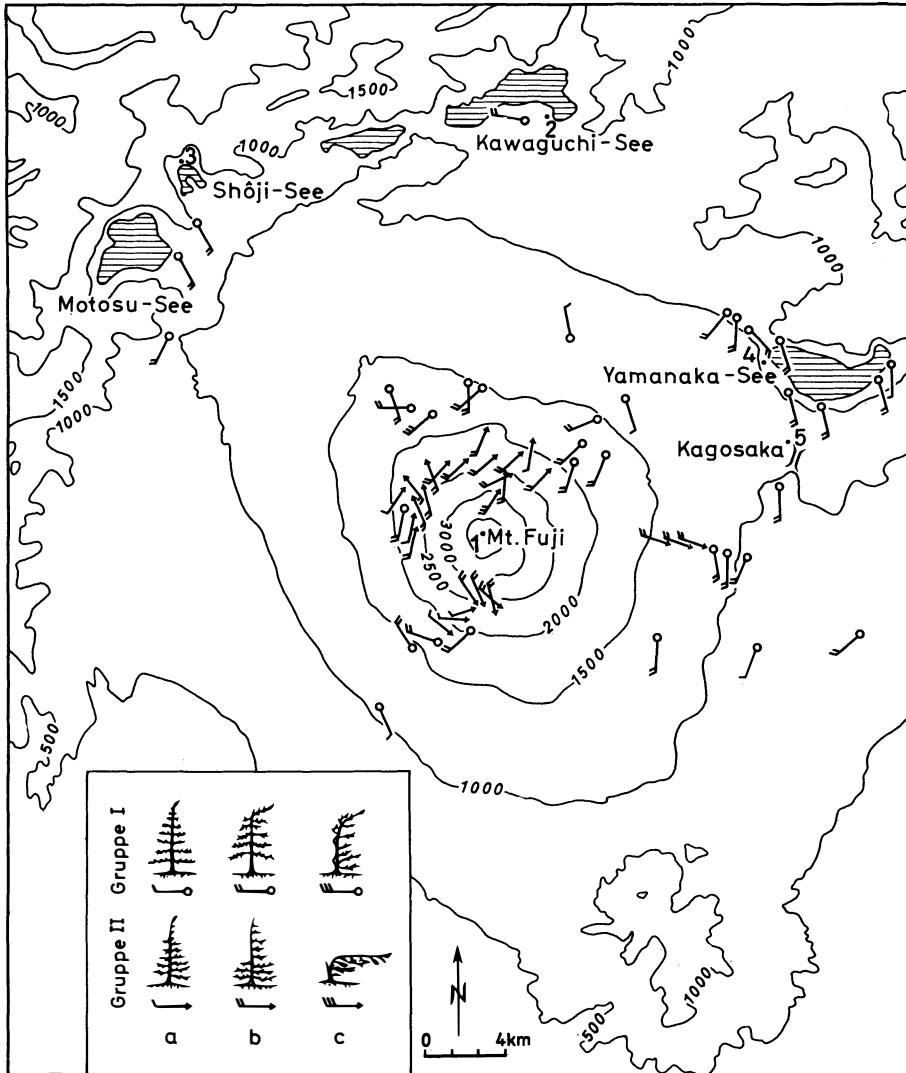


Abb. 1: Die durch windgeformte Lärchen angezeigten Windrichtungen und die Skala der verformten Bäume  
 Wind direction indicated by wind-formed larches and the scale of deformed trees

hang ist die Windrichtung schwer festzustellen, da dort auf Grund der Geländefaktoren eine Waldvegetation fehlt. Allerdings konnten in einer Höhe von ca. 1300 m am Subashiri-Weg Bäume beobachtet werden, die Spuren einer WNW-Hauptwindrichtung zeigen. Daraus folgert, daß der Hauptwind im Winter in 2000–2500 m Höhe an allen Hängen, mit Ausnahme des westexponierten, als Fallwind eine westliche Richtung aufweist. In allgemeinen finden sich die am stärksten deformierten Lärchen am Nordhang des Mt. Fuji, da hier in Höhenlagen über 1500 m die Hauptwinde im Sommer und Winter beinahe die gleiche Richtung haben. In Abb. 1 sind die Hauptwindrichtungen der verschiedenen Höhenstufen aufgezeigt.

Die Windhäufigkeit wird in Abb. 2 dargestellt. Die Angaben beruhen auf dem von Y. INOUE (1952) gezeichneten Diagramm von Kagosaka und auf den Daten der vier Wetterstationen. Auf dem Gipfel des Mt. Fuji (3772 m) übertrifft im Januar die Häufigkeit des Windes aus der Richtung zwischen W und NNW den Wert von 80%. Am Kawaguchi-See (860 m) und Yamanaka-See (986 m) überwiegt Wind aus nördlicher Richtung. Es läßt sich also feststellen, daß die jahreszeitlichen Hauptwinde am Fuß des Mt. Fuji, an den Hängen in 2000–2500 m Höhe und in der Gipfelregion bestimmte Richtungen aufweisen, die von den normalen monsonalen Windrichtungen Mitteljapans abweichen. Auf dem Gipfel erreicht der Wind mit Richtungen zwischen W und NW im Juli

einen Häufigkeitswert von 49%, und im gleichen Monat weht an den Seen von Kawaguchi und Yamanaka der Hauptwind aus SO. Die gemessenen Windrichtungen stimmen dabei mit den Beobachtungen an deformierten Bäumen überein. Letztlich kann daraus die Schlußfolgerung gezogen werden, daß – mit Ausnahme des Südhanges – die Hauptwindrichtung im Sommer zum Gipfel des Mt. Fuji hin in immer stärkerem Maße nach Westen abgelenkt wird.

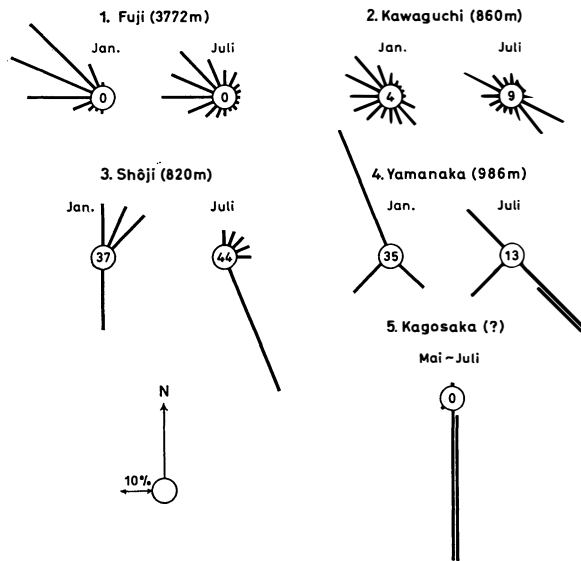


Abb. 2: Die Windhäufigkeit an den Wetterstationen im Mt. Fuji-Gebiet (Die Zahlen in den Kreisen geben die Prozente der Windstille an.)  
Wind frequency at the weather station in the Mt. Fuji area (The figures in the circles give the percentage of windlessness.)

Weiter wurde versucht, den Monatsmittelwert der Windgeschwindigkeit in der Höhenlage von 2500 m im Januar und Juli zu berechnen. Legt man den üblichen Ansatz

$$\frac{V_1}{V_2} = \left(\frac{H_1}{H_2}\right)^x \quad (1)$$

zugrunde, so braucht man nur die entsprechenden Werte für x aus Tab. 1 einzusetzen, um die dort mitaufgeführten Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeiten in einer Höhe von 2500 m zu erhalten. Wie die Resultate zeigen, beträgt im Januar der Monatsmittelwert der Windgeschwindigkeit in der genannten Höhe 18-19 m/s und im Juli 5 m/s mit Ausnahme des Wertes von Kōfu, wo die Windgeschwindigkeit zu gering ist. Die ausgerechnete Geschwindigkeit der

beiden Monate sind groß genug, um Lärchen zu deformieren.

Tabelle 1:  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $V_1$  und  $V_2$  von Gleichung (1) und gerechnete Windgeschwindigkeiten einer Höhe von 2500 m im Januar und Juli

	Mt. Fuji	Kōfu	Mishima	Shizuoka
$H_1$	3772 m			
$H_2$		272 m	20 m	14 m
<b>Januar</b>				
$V_1$	20.9 m/s			
$V_2$		2.7 m/s	2.5 m/s	2.9 m/s
x von Gl. (1)		0.86	0.43	0.46
Gerechnete Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 2500 m		18.0 m/s	19.0 m/s	19.0 m/s
<b>Juli</b>				
$V_1$	10.5 m/s			
$V_2$		2.1 m/s	2.5 m/s	2.5 m/s
x von Gl. (1)		0.67	0.29	0.27
Gerechnete Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 2500 m		2.2 m/s	5.1 m/s	5.4 m/s

Literatur

INOUE, K. (1965): Karamatsu no jōfūgai. Shinrin Rittsuchi, 11 (auf Japanisch).  
INOUE, Y. (1952): The lake current and the prevailing wind of lake Yamanaka in summer – on the causes of the lake current. Geogr. Rev. Japan 25, 26–34 (auf Japanisch).  
KAYANE, I. (1967): Characteristics of summer wind in southern Kantō judged from wind-shaped Ginko trees. Tokyo Geogr. Papers (11) 241–256 (auf Japanisch mit engl. Zsfg.).  
MISAWA, K. (1951): Shokubutsu riyō no jōfūkō chōsa (1), (2) Tenmon to Kishō 17 132–137, 169–173 (Auf Japanisch).  
SEKIGUTI, T. (1951): Studies on local climatology (III) Papers in Meteor. Geophy. 2, 168–179.  
YOSHINO, M. M. (1964): Some local characteristics of the winds as revealed by wind-shaped trees in the Rhône Valley in Switzerland. Erdkunde, 18, 1964, 28–39.  
– : (1966): Wind-shaped trees as indicators of Micro and local climatic wind situation. Proc. 3rd International Biometeorological congress in Sept., 1963, 1997–1005 (Pergamon Press, Oxford).