**Zeitschrift:** Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der Eidg. Tech. Hochschule, Stiftung Rübel, in Zürich

**Herausgeber:** Geobotanisches Institut, Stiftung Rübel (Zürich)

**Band:** 50 (1973)

**Artikel:** Versuch einer vergleichend-ökologischen Analyse der Buchen-Tannen-Wälder des Schweizer Jura (Weissenstein und Chasseral)

**Autor:** Pfadenhauer, Jörg

**Kapitel:** 4: Diskussion

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-308384

**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:** 15.07.2025

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

# 4. Diskussion

## 4.1 Vegetation und Phänologie

Nach REHDER (1964) kann die Karte der phänologischen Zustandsstufen als Höhenstufenkarte der Vegetation interpretiert werden, da die einzelnen Wärmestufen die Situation des Lokalklimas für einen bestimmten Ort wiedergeben. Im Fall des Schweizer Jura, wo die Zonierung des kollin-submontanen Buchenwaldes, des Buchen-Tannen-Waldes und des hochstaudenreichen Buchenwaldes höhenabhängig und damit im wesentlichen klimaabhängig ist, bietet sich diese Beziehung an. Ein Vergleich der Vegetationskarten mit den Wuchsklimakarten ergibt den in Abbildung 15 dargestellten Zusammenhang.

Das *Fagetum typicum* nimmt am Nordhang des Weissenstein und des Chasseral die Stufen 3 und 4 ein, also die untere und die mittlere Ackerbaustufe, wo in geeigneten Lagen noch mehr oder weniger intensiver Ackerbau möglich ist. Die obere Ackerbaustufe sowie die untere und ein Teil der mittleren Berggrünlandstufe, also der Bereich der Niederalmen (mit einer Weidezeit bis zu 150 Tagen), stellen das Gebiet des *Abieti-Fagetum* dar, während die *Aceri-Fageten* in der oberen Berggrünland- (Grenzklima für zweischürige Wiesennutzung) und der Alpengrünlandstufe (Bereich der Hochalmen mit einer Weidezeit von 70–80 Tagen) vorkommen. Auf Südhängen verliert der Buchen-Tannen-Wald an den submontanen Buchenwald die Stufe 2 (obere Ackerbaustufe), was mit der extremen Flachgründigkeit des Bodens zusammenhängen mag (verschlechterte Bedingungen für die Arten des *Abieti-Fagetum*).

## 4.2 Vegetation, Niederschlag und Wind[△]

Bei der Beurteilung der Niederschlagsverhältnisse in den Untersuchungsgebieten sind eine Reihe von modifizierenden Faktoren zu berücksichtigen, die teils in der Messmethode, teils in den Windverhältnissen und in der Orographie begründet sind. Die horizontale Lage der Auffangfläche der Regenmesser führt in Abhängigkeit von der Hangneigung und vom Einfallswinkel des Regens zu einem falschen Flächenverhältnis zwischen Auffangfläche und Gelände (GRUNOW 1954, vgl. Diskussion bei BAUMGARTNER 1958). Der luvseitige Hang erhält desto mehr Regen pro Flächeneinheit, je senkrechter dieser auf die Unterlage fällt. Auch die Vegetation fängt an ihrer Oberfläche durch ihre unterschiedliche Höhe und Struktur den Niederschlag nicht horizontal ab. Eine Ausschaltung dieser Fehlerquelle ist durch Verwendung hangparalleler Gefässe möglich.

[△] Da die Verteilung des Niederschlags entscheidend von den Windverhältnissen (Windgeschwindigkeit, Windrichtung) abhängt, sollen beide Grössen zusammen diskutiert werden.

Die mit der Ortshöhe vor allem am Nordhang erheblich zunehmende Windgeschwindigkeit hatte ebenfalls einen Einfluss auf die Messung, dergestalt, dass das Ergebnis am Nordhang im Vergleich zum Südhang zu gering ausfiel. Dieser Fehler, der dadurch entstand, dass die Regenmesser ohne Windschutz betrieben wurden, beträgt aber auch bei starkem Wind höchstens 5%, kann also für die charakteristische Verteilung der Regenmengen am Chasseral nicht allein ausschlaggebend gewesen sein.

Entscheidenden Einfluss übt vielmehr das Strömungsfeld am Berg aus, dergestalt, dass der fallende Niederschlag durch das Anwachsen der vertikalen Windgeschwindigkeit in den Kammlagen (erzwungenes Überströmen des Gipfelgrates) in Richtung zum Kamm versetzt und den oberen luvseitigen Hängen entzogen wird. Daraus resultierte 1970 und 1971 eine höhere Regenmenge in den mittleren und oberen Lagen des Südhangs als am Nordhang.

Dies kann folgerichtig nicht nur für den Sommer, sondern auch für den Winter angenommen werden. Die ergiebigsten Schneefälle und die grösste Schneehöhe ist deshalb im *Aceri-Fagetum* der Südseite zu erwarten, was nach Aussagen der dort lebenden Bevölkerung und nach eigenen Beobachtungen auch zutrifft. Die waldbauliche Bedeutung dieser Tatsache vermittelt ein rein physiognomischer Vergleich zwischen den Buchenwäldern hier und auf der Nordseite. Die Bestände am Südhang mit ihren niederliegenden, krüppeligen Buchen und Bergahornbäumen ergeben ein ganz anderes Bild als die am Nordhang. Schneebruch ist hier keine Seltenheit, wie in dem langdauernden, schneereichen Winter 1969/70 festgestellt werden konnte.

Eine eindeutige, regelmässige Zunahme der Regenniederschläge mit steigender Meereshöhe ist auch am Chasseral weder in den einzelnen Monaten noch bei der Summe für die gesamte Vegetationszeit zu erwarten, eine Beobachtung, die von vielen Autoren auch in anderen Gebieten gemacht wurde. Berechnet man trotzdem unter Zuhilfenahme der Niederschlagssummen für 1970 und 1971 lineare Regressionen, so gelangt man zu der Darstellung der Abbildung 16. Im Durchschnitt nimmt damit der Regenniederschlag am Südhang um 75 mm/100 m, am Nordhang um etwa 30 mm/100 m Meereshöhe zu. Bei 1100 m NN erhalten beide Expositionen die gleiche Menge, nämlich 500 mm pro Vegetationszeit (Juni–Oktober).

Auch die Verteilung des Horizontalniederschlags ist nicht allein höhenabhängig. Während der Weissenstein-Nordhang von Stationen 1–3 nur eine Zunahme von rund 60 mm verzeichnet, erhalten die Gipfelstationen am Chasseral-Süd über 100 mm, am Chasseral-Nord nahezu 300 mm. Im letzten Fall entspricht der Horizontalniederschlag rund 60% des Regenniederschlags. Zweifelsohne ist auch hier der Wind der entscheidende Faktor. Erstens diffundiert mit zunehmender Windgeschwindigkeit eine grössere Menge Nebel durch das Nebelfanggitter und wird von diesem ausgefiltert. Zweitens – und im Fall der Station 9 bestimmt entscheidend – ist die bereits ausgesprochene Wirkung der Windgeschwindigkeit auf den Fall der Regentropfen. Ähnlich wie die Vegetation fängt das Nebelfanggitter erheblich mehr Regen auf als die horizontale Auf-

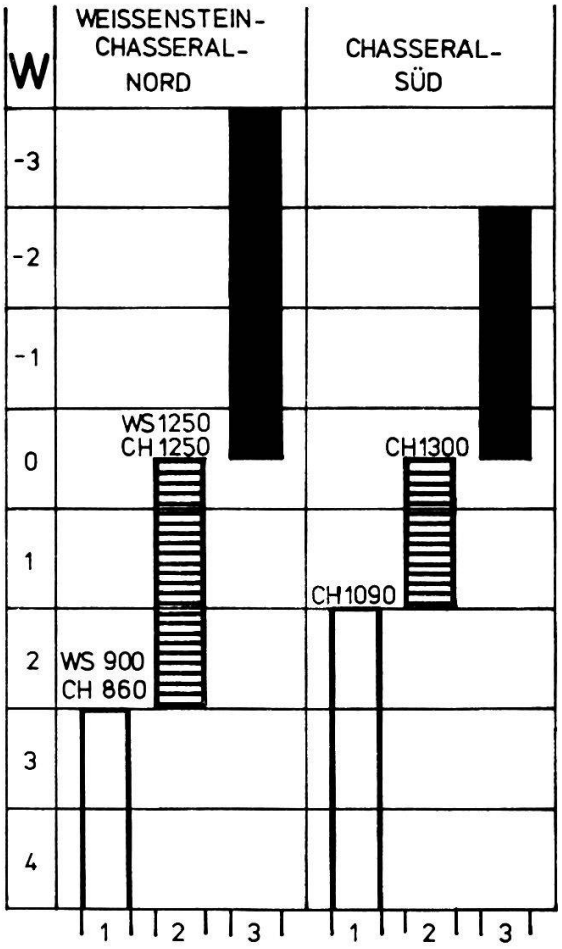


Abb. 15 Beziehung zwischen Vegetation (1 und weiss: *Fagetum typicum*, 2 und schraffiert: *Abieti-Fagetum*, 3 und schwarz: *Aceri-Fagetum*) und phänologischen Zustandsstufen. Zahlen über den Säulen: Höhe der Vegetationsgrenzen (WS = Weissenstein, Ch = Chasseral) in m NN

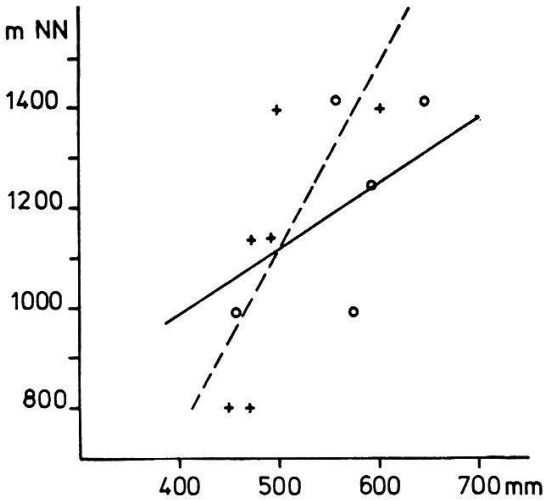


Abb. 16 Beziehung zwischen Meereshöhe (m NN) und Regenniederschlag (mm) während der Vegetationszeiten 1970 und 1971 am Chasseral-Nordhang (+, -----) und -Südhang (°, ———)

fangfläche des Regenmessers allein. Der eingangs erwähnte Messfehler, der durch die Verwendung horizontaler statt hangparalleler Auffangflächen entsteht, wird dadurch zum Teil kompensiert.

Der ergiebigste Absatz von Horizontalniederschlag beschränkt sich also auf das Gebiet oberhalb 1300 m NN im Gipfelbereich und ist hier durchaus als wesentlicher Standortsfaktor zu bewerten. Einerseits wird bei häufigem Auftreten von Nebel während der Vegetationszeit die Einstrahlung und die Evapotranspiration vermindert, anderseits erhöht sich das Wasserangebot durch die Auffangwirkung der Vegetation erheblich.

Welche Wassermengen die prozentualen Werte des Horizontalniederschlags repräsentieren, lässt sich nicht unmittelbar angeben. GRUNOW (1955) hat für windausgesetzte Waldränder der Kammlagen des Hohen Peissenbergs (989 m NN) in Oberbayern dreimal höhere Werte erhalten als die Nebelfänger angaben. Da die Menge des ausfiltrierten Horizontalniederschlags aber nur von der Art der Vegetation abhängt, sagen in $l/m^2$ umgerechnete Werte nichts aus.

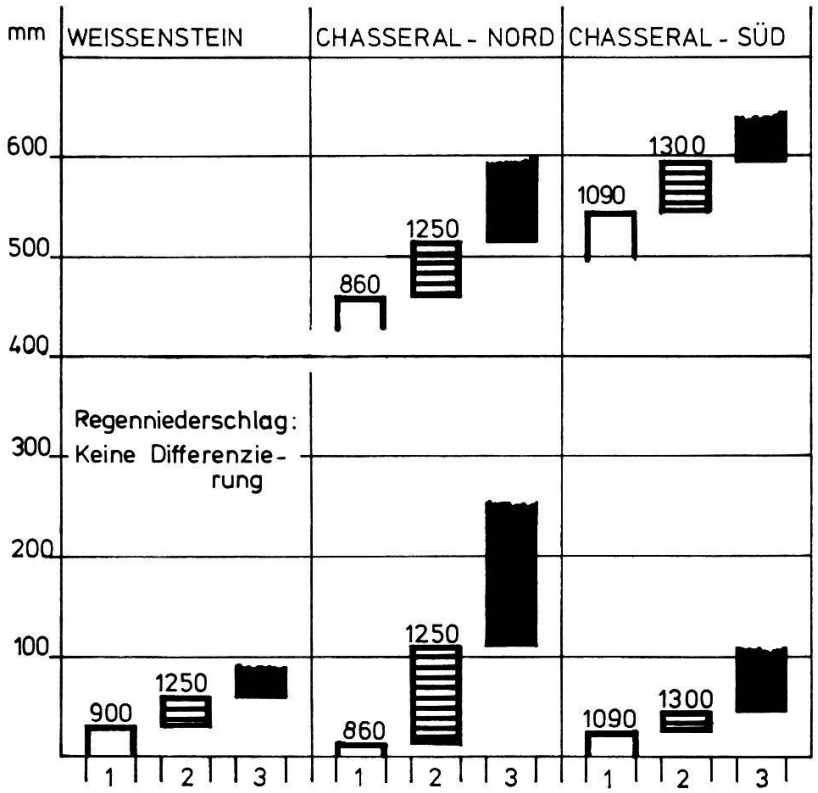


Abb. 17 Beziehung zwischen Vegetation (1 und weiss: *Fagetum typicum*, 2 und schraffiert: *Abieti-Fagetum*, 3 und schwarz: *Aceri-Fagetum*) und Regen- bzw. Horizontalniederschlag (mm) am Weissenstein (Summe Juni–Oktober 1970) und am Chasseral (Mittel aus den Summen Juni–Oktober 1970 und 1971). Zahlen über den Säulen: Höhe der Vegetationsgrenzen (m NN). Oben: Regenniederschlag, unten: Horizontalniederschlag

Für Vergleichszwecke sind die tatsächlich im Regenmesser aufgefangenen Mengen ausreichend.

Deshalb erscheint es nicht sinnvoll, Regen- und Horizontalniederschlag bei den einzelnen Stationen zu summieren, um (abgesehen vom Taufall) den tatsächlichen Gesamtniederschlag während der Vegetationszeit angeben zu können. Dagegen kann man beide Niederschlagsarten getrennt für den Bereich der einzelnen Vegetationseinheiten am Weissenstein und am Chasseral ermitteln (Abb. 17). Für den Chasseral wurden hierfür die Werte der Vegetationszeiten 1970 und 1971 gemittelt, um eine allgemein gültigere Aussagekraft zu erzielen. Leider war dies für den Weissenstein nicht möglich, so dass die Ergebnisse der Abbildung 17 zwischen Weissenstein und Chasseral nicht vergleichbar sind.

Es ist ersichtlich, dass die Vegetationseinheiten keine definierte Menge an Niederschlag erhielten. So fielen im Bereich des *Abieti-Fagetum* auf der Südseite des Chasseral zwischen 550 und 600 mm, ein Betrag, den die obersten Partien des *Aceri-Fagetum* der Nordseite aufweisen. Die Mengen an Horizontalniederschlag sind deshalb erwartungsgemäss im *Aceri-Fagetum* am Nordhang am höchsten.

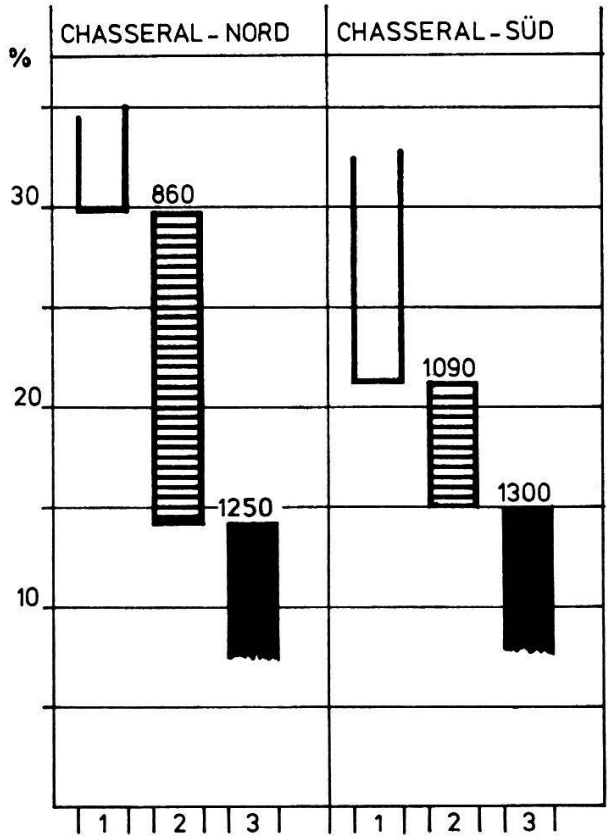


Abb. 18 Beziehung zwischen Vegetation (1 und weiss: *Fagetum typicum*, 2 und schraffiert: *Abieti-Fagetum*, 3 und schwarz: *Aceri-Fagetum*) und mittlerer Tagesschwankung der rel. Luftfeuchtigkeit (%) während der Vegetationszeit Juni–Oktober 1970 am Chasseral. Zahlen über den Säulen: Höhe der Vegetationsgrenzen (m NN)

## 4.3 Vegetation und relative Luftfeuchtigkeit

Der Verlauf der rel. Luftfeuchtigkeit ist mit der Vegetation nur schwer in Verbindung zu bringen. Seine Abhängigkeit vom Verlauf der Lufttemperatur verursacht bei der vertikalen Verteilung der Monatsmittel (Abb. 10) im allgemeinen Zunahme mit steigender Temperatur. Im Juni und Juli erhöhen sich die Monatsmittel vom Talgrund bis zum Gipfel fast um 2% pro 100 Höhenmeter, so dass im Bereich des *Aceri-Fagetum* am Nord- und Südhang über 85% Durchschnittswert gemessen wurde (zum Vergleich: im *Fagetum typicum* zwischen 75 und 80%). Im Spätsommer und Herbst (September und Oktober) kehrt sich dieses Verhältnis um; nun liegen die Werte im *Aceri-Fagetum* bei 74–75%, im *Fagetum typicum* bei 80–85%. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass zwischen 1100 m NN und dem Gipfel auf der Nordseite eine «Trockeninsel» auftritt, die mit dem Temperaturverlauf nur wenig in Beziehung gebracht werden kann.

Entscheidend für die Vegetation ist die rel. Luftfeuchtigkeit zur Zeit der Vegetationsentwicklung im Frühjahr. Das Wachstum breitblättriger, hygrophiler Hochstauden wird sicher durch den höheren Wassergehalt der Luft günstig beeinflusst. Der in beiden Expositionen gleiche Schwankungsbereich von etwa 10% innerhalb des Tagesgangs während der Vegetationszeit (vgl. Abb. 9) lässt erst recht im Bestand einen gleichmässigen Verlauf der rel. Luftfeuchtigkeit erwarten. Im Bereich des *Fagetum typicum* – das sind *Cardamino heptaphyllae-Fagetum* auf der Südseite und *Luzulo-Fagetum* auf der Nordseite – herrschen Schwankungen von über 25%. Diese Verhältnisse sind in Abbildung 18 verdeutlicht.

## 4.4 Vegetation und Lufttemperatur

Der Jahresablauf der vertikalen Verteilung der Monatsmittel der Lufttemperatur (Abb. 13) zeigt die wesentlichen Unterschiede zwischen Süd- und Nordhang am Chasseral. Durchschnittlich sind die unteren und mittleren Hangteile der Südseite im Bereich des *Fagetum typicum* und des *Abieti-Fagetum* in allen Monaten der Vegetationszeit erheblich wärmer als die des Nordhangs, und zwar im Mittel um rund 1 °C. Die oberen Hanglagen sind dagegen im Frühling am Südhang und im Sommer am Nordhang wärmer, während im Herbst bei raschem Temperaturabfall der gesamte Nordhang schneller auskühlt als der Südhang. Damit ist die Südseite zur Zeit der Vegetationsentwicklung in den Monaten Mai–Juli erwartungsgemäss wärmemässig begünstigt. So erreicht das Gebiet des *Luzulo-Fagetum* bei Courtelary einen Mittelwert von 11,5 °C, der bei Nods erst in einer Höhe von 1100 m NN, d.h. an der Grenze zwischen *Fagetum typicum* und *Abieti-Fagetum*, erzielt wird. Die mittleren Temperaturbereiche, die für die einzelnen Pflanzengesellschaften ermittelt wurden, zeigt Abbildung 19. Sie differieren teilweise nur um ½ °C in beiden Expositionen. Die Unterschiede zwischen *Luzulo-Fagetum* (11,2–12,0 °C) und *Cardamino heptaphyllae-Fagetum*

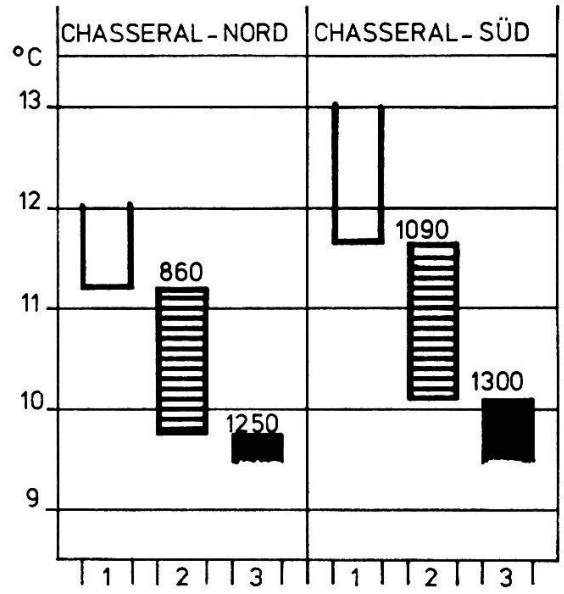


Abb. 19 Beziehung zwischen Vegetation (1 und weiss: *Fagetum typicum*, 2 und schraffiert: *Abieti-Fagetum*, 3 und schwarz: *Aceri-Fagetum*) und mittlerer Lufttemperatur während der Vegetationszeit Juni–Oktober 1970 am Chasseral. Zahlen über den Säulen: Höhe der Vegetationsgrenzen (m NN)

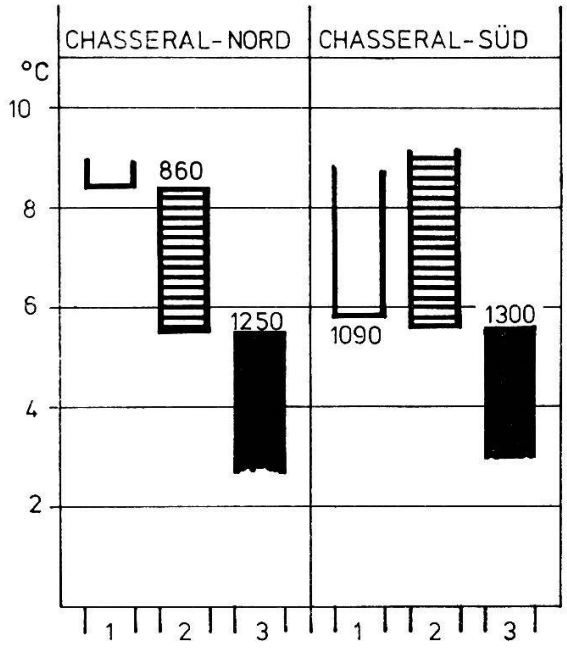


Abb. 20 Beziehung zwischen Vegetation (1 und weiss: *Fagetum typicum*, 2 und schraffiert: *Abieti-Fagetum*, 3 und schwarz: *Aceri-Fagetum*) und mittlerer Tagesschwankung der Lufttemperatur während der Vegetationszeit Juni–Oktober 1970 am Chasseral. Zahlen über den Säulen: Höhe der Vegetationsgrenzen (m NN)

(11,7–13,0 °C) sowie zwischen *Aceri-Fagetum* in Südexposition (9,5–10,2 °C) und *Aceri-Fagetum* in Nordexposition (9,5–9,8 °C) sind signifikant.

Die mittleren Tagesschwankungen der Lufttemperatur sind eine bevorzugte Grösse, um die vertikale Gliederung eines Hangs zu kennzeichnen. Sie unterliegen einer Periodizität, die von den Jahreszeiten, von der Meereshöhe und von der Exposition abhängig ist. Die Höchstwerte wurden an allen Stationen in den Monaten Juli, August und September, die Tiefstwerte im Juni und Oktober gemessen. Auf dem Südhang nehmen die Schwankungen bis 1200 m NN leicht zu, betragen also im Bereich des *Fagetum typicum* und *Abieti-Fagetum* rund

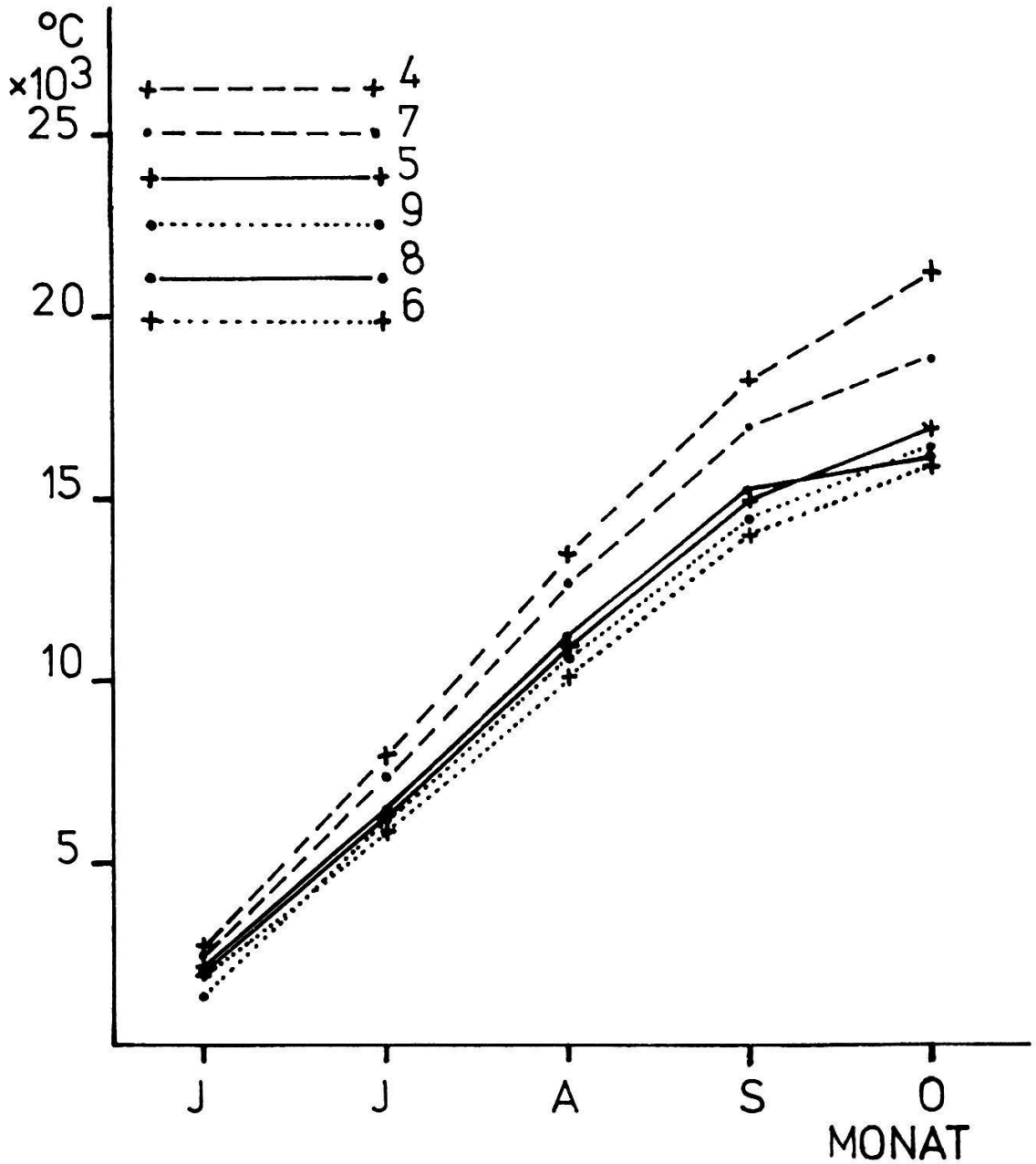


Abb. 21 Fortlaufende Summenkurven der monatlichen Temperaturen (16.7.–31.10.1970) für die Stationen 4–9 am Chasseral

6 °C, während sie im *Aceri-Fagetum* oberhalb 1300 m NN einen raschen Abfall bis auf 3,5 °C erkennen lassen. Auf dem Nordhang sind fast die gleichen Schwankungen oberhalb 1250 m NN im Bereich des *Aceri-Fagetum* beobachtet worden; die höchsten Werte dagegen liegen mit über 8 °C am Hangfuss bei Courtelary, im Gebiet des *Luzulo-Fagetum*. Diese Verhältnisse sind in Abbildung 20 dargestellt.

Für die Korrelationsbildung zwischen verschiedenen meteorologischen Daten ist die Berechnung der Temperatursummen notwendig (BAUMGARTNER 1961). Sie wurde aus den monatlichen Temperaturmitteln durch Aufsummieren gebildet (Tab. 18). In Abbildung 21 sind die Summen am Ende der einzelnen Monate für sämtliche sechs Stationen am Chasseral angegeben. Wie schon aus Abbildung 14 zu schliessen war, wurden die höchsten Temperatursummen am unteren Südhang im Bereich des *Cardamino heptaphyllae-Fagetum* bei Station 4 erreicht. Danach folgt in einem Abstand von über 2400 °C das Gebiet der Station 7 am Nordhang, während die Temperatursummen der übrigen Messstellen sehr nahe beieinander liegen. Drückt man die Endsummen in Prozenten des Mittels der Endsummen aller Stationen aus (17546 °C), so ergibt sich folgende vertikale Verteilung der Temperatursummen:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Station ..... | Nr. | 4 | 5 | 6 | 9 | 8 | 7 |
| Höhe ..... | m NN | 990 | 1245 | 1411 | 1398 | 1139 | 800 |
| | % | 115 | 96 | 90 | 93 | 92 | 107 |

Daraus folgt, dass die Hochlagen des Südhangs (Station 6) nur rund drei Viertel der Temperatursummen der tieferen Lagen (Station 4) erhalten, dass die Hochlagen im Bereich des *Aceri-Fagetum* auf der Südseite im Mittel etwas kühler sind als die auf der Nordseite, und dass die mittleren und unteren Hanglagen der Nordseite ganz erheblich geringere Temperaturen aufweisen als dieselben Höhenlagen auf der Südseite. Von Interesse ist auch, dass die talfernen Zonen oberhalb 1250 m NN (Südhang) bzw. 1100 m (Nordhang) viel einheitlicher sind, was die Mitteltemperaturen und die Temperatursummen betrifft, als die über 300 m mächtigen talnahen Zonen; mit anderen Worten, die Temperaturdifferenz zwischen beiden Bereichen ist relativ gross, und eine mehr oder weniger abrupte Temperaturänderung ist an ihrer Grenze zu erwarten. Diese Grenze fällt am Süd- und am Nordhang in die *Adenostyles alliariae*-Ausbildung des *Abieti-Fagetum*. Die Gebiete des *Fagetum typicum* erhalten damit über 105% des Mittels der Endsummen aller Stationen, die des *Abieti-Fagetum* zwischen 95 und 105% und die des *Aceri-Fagetum* unter 95%.

In Abbildung 22 ist das von LOSSNITZER (1948) vorgeschlagene Diagramm zur hydrothermischen Beurteilung der Klimaverhältnisse am Chasseral verwendet. Hierbei wurden Temperatur- und Niederschlagssummen gekoppelt. Je steiler die Kurven, desto höher sind die Niederschläge und desto geringer die Temperatur. Der mittlere und der obere Südhang, repräsentiert durch die Stationen 5 und 6, sind in der Betrachtung gleich zu bewerten. Sehr deutlich und charakteristisch ist dagegen der «Sprung» zum Hangfuss (Station 4). Die bei

1100 m NN relativ rasch erfolgende Wandlung des trockenen, warmen *Cardamino heptaphyllae-Fagetum* zum kühlfeuchten *Abieti-Fagetum* kommt hier sehr gut zum Ausdruck (s. oben). Ausgeglichenere Verhältnisse herrschen dagegen am Nordhang, dessen talnahe Lagen trotz niedriger Meereshöhe erwartungsgemäss kühlfeuchter sind als am Südhang.

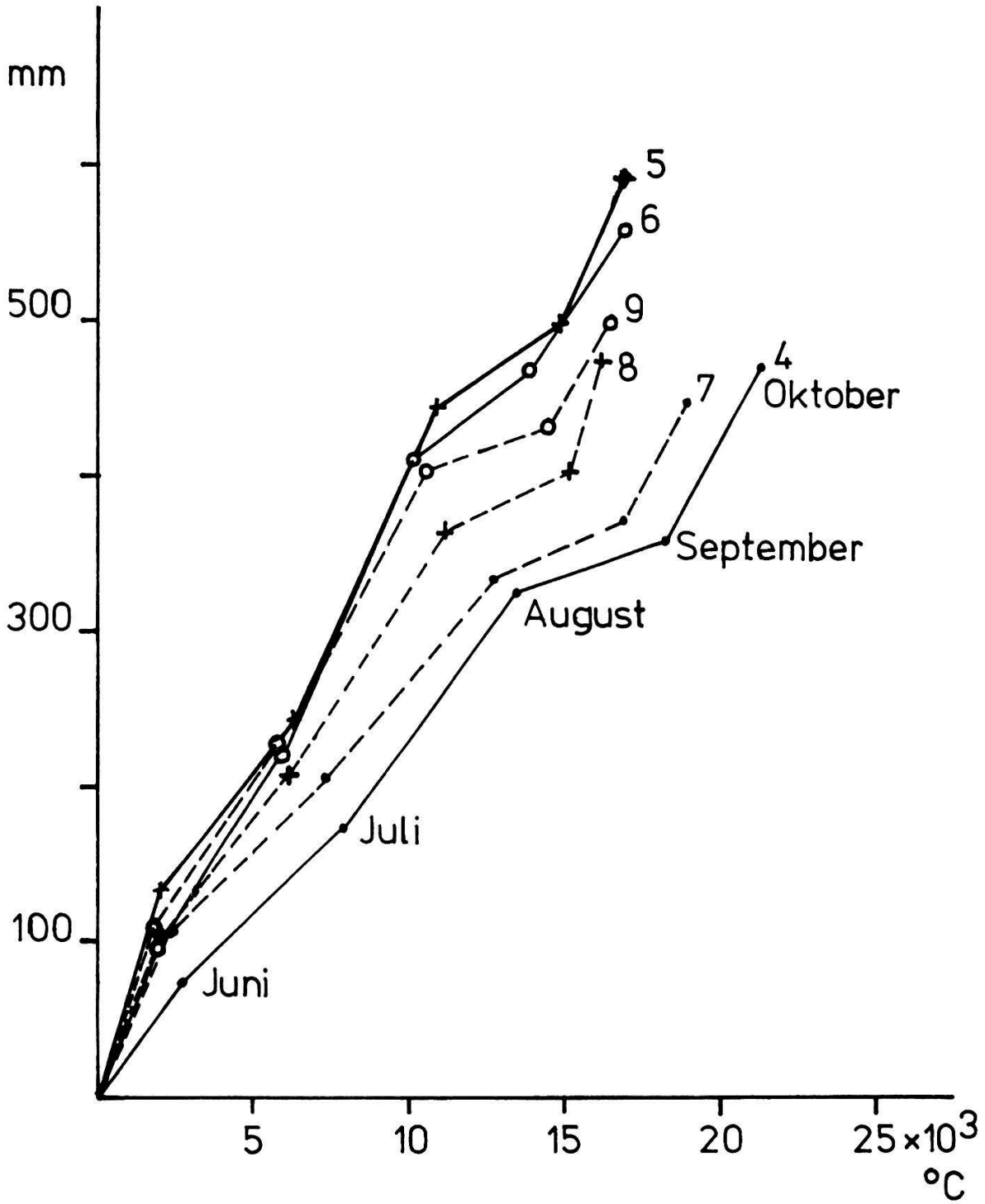


Abb. 22 Hydrothermische Beurteilung der Wuchsbedingungen von Juni–Oktober 1970 am Süd- (Stationen 4, 5 und 6) und Nordhang (Stationen 7, 8 und 9) des Chasseral (Witterungsdiagramm nach LOSSNITZER 1948)