

**Zeitschrift:** Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie  
**Herausgeber:** Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel  
**Band:** 11 (1970)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Untersuchung zur Beziehung zwischen der Hangneigung und der Ausbildung von Strukturböden  
**Autor:** Elsasser, Hans  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1089227>

### **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:** 15.01.2026

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

# Untersuchung zur Beziehung zwischen der Hangneigung und der Ausbildung von Strukturböden

HANS ELSASSER

Für die Untersuchung, welche Beziehungen zwischen der Hangneigung und der Ausbildung von Strukturböden, im speziellen von Steinstreifen, bestehen, wurde das Strukturbodenfeld auf der Fuorcla da Fäller (Fallerfurka) im Avers, Kanton Graubünden (765.200/148.000, 2830 m ü. M.) gewählt.

Bei diesem Strukturbodenfeld handelt es sich um einen der schönsten alpinen Strukturböden<sup>1</sup>, der einen Vergleich mit arktischen Formen nicht zu scheuen braucht, finden sich doch hier Steinstreifen in einer Länge von über 200 m und einer durchschnittlichen Breite von 65 cm.

Furrer, der als erster diesen Strukturboden beschrieben hat, weist darauf hin, dass hier sehr gut der Übergang von Steinstreifen zu Steinpolygonen festgestellt werden kann. Er schreibt<sup>2</sup>: «Vom Hang über der Fuorcla da Fäller ziehen Steinstreifen zum Pass und biegen dort in prachtvollem Schwung nach beiden Passflanken um, auf Verflachungen Polygone (samt allen Übergangsformen von Streifen zu regelmässigen Polygonen) einschaltend.» Für diesen Wechsel vom Polygon zum Streifenboden wurden folgende Hangneigungen gemessen:

0° — 3°	regelmässiger Polygonboden
2° — 6°	deformierter Polygonboden
4° — 10°	Steinstreifen, geschwungener Verlauf
> 10°	Steinstreifen, geradliniger Verlauf
> 25°	nur noch wenige Steinstreifen

Ähnliche Werte geben auch andere Autoren an<sup>3</sup>.

In dieser Arbeit geht es aber nicht darum, den Unterschied zwischen Polygonböden und Streifenböden herauszuarbeiten, denn bereits früher<sup>4</sup> wurde festgestellt, dass sich Steinstreifen und Steinpolygone nur in ihrem Aussehen (äussere Form) unterscheiden, sondern es soll hier der Versuch gemacht werden, aufzuzeigen, bei welcher Hangneigung Steinstreifen und Zwischenstreifen, d. h. Streifenböden optimal ausgebildet sind. Das heisst, es soll untersucht werden, ob irgendwelche Messmethoden bestehen, welche den rein optischen Eindruck bestätigen, dass Streifenböden zwischen 10° und 20° Hangneigung am schönsten ausgebildet sind.

<sup>1</sup> «Unter Strukturboden ist der Boden zu verstehen, der durch Scheidung der steinigen und erdigen Bodenbestandteile bestimmte Strukturformen angenommen hat.» Definition nach *Meinardus*, W. (1912): Beobachtungen über Detritussortierung und Strukturboden auf Spitzbergen, in Zs. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, S. 257.

<sup>2</sup> *Furrer*, G. (1965): Die Höhenlage von subnivalen Bodenformen, Habil.schrift Univ. Zürich, S. 17—21.

<sup>3</sup> *Cailleux*, A. / *Taylor*, G. (1954): Cryopédologie (étude des sols gelés), Actualités scientifiques et industrielles 1203, S. 52, Fig. 44; *Furrer*, G. (1965): a. a. O., S. 23 f.; *Höllermann*, P. (1967): Zur Verbreitung rezenter periglazialer Kleinformen in den Pyrenäen und Ostalpen, Göttinger Geogr. Abh., Heft 40, S. 159.

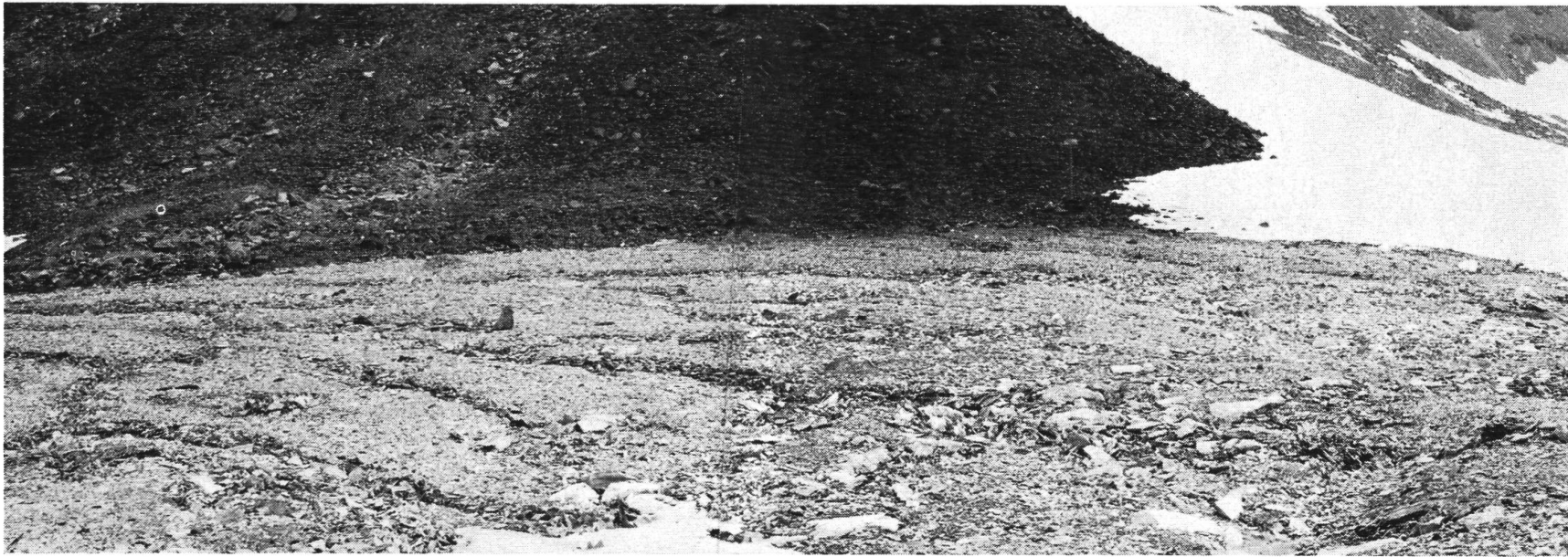


Abb. 1 Ausschnitt aus dem Strukturbodenfeld auf der Fuorcla da Fàller. Gut sichtbar sind die wallförmigen Steinstreifen, die, dem stärksten Gefälle folgend, von rechts nach links ziehen. Rechts aussen liegt ein Schnee/Firnflecken. Der Gegenhang besteht aus massigen Grünsteinen, welche hier auf der Fallerfurka keine Strukturbodenformen tragen. (Photo Hans Elsasser, 29. Juli 1967.)

Zur Bearbeitung dieses geomorphologischen Problems drängt sich als Untersuchungsmethode die Situmetrie oder Einregelungsmessung auf. Es erübrigt sich hier, genauer über diese Methode zu berichten, denn Furrer und Bachmann<sup>5</sup> haben die Einregelungsmessung und ihre Anwendung bei der Untersuchung von rezenten und fossilen Strukturböden sehr ausführlich beschrieben. Beispiele von situmetrischen Untersuchungen an Strukturböden finden sich bei verschiedenen Autoren<sup>6</sup>.

Auf Grund von 65 Einregelungsmessungen in den Alpen stellte Furrer<sup>7</sup> fünf Regeln über die Lage der Steine in Steinstreifen auf, Regeln, welche auch bei Untersuchungen in Ostspitzbergen<sup>8</sup> bestätigt wurden:

1. Regel:  $I > III > II$   
Die Längsachse der Steine zeigt am meisten in Richtung des Steinstreifens, am zweitmeisten quer zum Steinstreifen und am wenigsten schräg dazu.
2. Regel:  $I > 50\%$   
Die Längsachse der Steine liegt in über der Hälfte aller Fälle in Richtung des Steinstreifens (seitlich Abweichung max.  $30^\circ$ ).
3. Regel:  $(6 + 7) > (5 + 8)$   
Die Zahl der Steine, deren Längsachsen um  $0^\circ - 15^\circ$  von der Richtung des Steinstreifens abweichen, ist grösser als die Zahl derer, deren Längsachsen um  $15^\circ - 30^\circ$  von der Richtung des Steinstreifens abweichen.
4. Regel:  $(1 + 12) > (2 + 11)$   
Die Zahl der Steine, deren Längsachsen um  $75^\circ - 90^\circ$  von der Richtung des Steinstreifens abweichen, ist grösser als die Zahl derer, deren Längsachsen um  $60^\circ - 75^\circ$  von der Richtung des Steinstreifens abweichen.
5. Regel: Diese Regel bezieht sich auf Steine, deren Längsachsen steiler als  $45^\circ$  gegenüber der Bodenoberfläche geneigt sind. Für die vorliegende Untersuchung wurde diese Regel nicht berücksichtigt.

Im ganzen wurden auf der Fallerfurka 70 Einregelungsmessungen an Steinstreifen vorgenommen. Einen zusammenfassenden Überblick gibt die folgende Tabelle:

---

<sup>4</sup> Elsasser, H. (1966): Untersuchungen an Erdbülden und Strukturböden im Avers, Dipl.-arbeit, Manuskript, Geogr. Inst. Univ. Zürich; Elsasser, H. (1968): Untersuchungen an Strukturböden im Kanton Graubünden, Diss. Univ. Zürich.

<sup>5</sup> Furrer, G. / Bachmann, F. (1968): Die Situmetrie (Einregelungsmessung) als morphologische Untersuchungsmethode, in G. H., S. 1—14.

<sup>6</sup> Furrer, G. (1965): a. a. O.; Furrer, G. (1966): Beobachtungen an rezenten und fossilen (kaltzeitlichen) Strukturböden, Sep. aus *Experientia* 22, 489, S. 1—8; Furrer G. (1969): Vergleichende Beobachtungen am subnivalen Formenschatz in Ostspitzbergen und in den Schweizer Alpen; Bachmann, F. (1966): Fossile Strukturböden und Eiskeile, Diss. Univ. Zürich; Elsasser, H. (1966): a. a. O.; Elsasser, H. (1968): a. a. O.; Boesch, M. (1967): Beobachtungen an subnivalen Bodenformen, Dipl.-arbeit, Manuskript, Geogr. Inst. Univ. Zürich.

<sup>7</sup> Furrer, G. (1966): a. a. O., S. 5.

<sup>8</sup> Furrer, G. (1969): a. a. O., S. 8 f.

Hangneigung	I	II	III	Anzahl Messungen
4 °	51	19	30	10
8 °	58	17	25	10
12 °	62	17	21	10
16 °	64	16	20	10
20 °	59	19	22	10
24 °	58	19	23	5
28 °	51	25	24	5
32 °	44	26	30	5
36 °	42	26	32	5
$\phi$	54	22	24	70

I ist am stärksten vertreten bei Hangneigungen zwischen 12 ° und 16 °. Bei kleineren und grösseren Hangneigungen wird der Anteil von I sukzessiv kleiner. Mit III verhält es sich gerade umgekehrt. Bei grossen Hangneigungen nähert sich die Verteilung von I, II und III immer mehr einer 1:1:1-Verteilung.

In der nächsten Tabelle wird angegeben, mit welchen Häufigkeiten die vier oben erwähnten Regeln — einzeln und gemeinsam — bei Einregelungsmessungen auf der Fuorcla da Fàller eingetroffen sind. Die Streuung wurde nur für die Totale angegeben<sup>9</sup>.

Hang- neigung	1. Regel %	2. Regel %	3. Regel %	4. Regel %	Alle Regeln gemeinsam %
4 °	90	30	100	70	19
8 °	100	100	90	80	72
12 °	90	100	100	80	72
16 °	90	100	100	90	81
20 °	80	100	90	90	65
24 °	60	100	80	90	43
28 °	40	20	90	80	6
32 °	60	0	100	60	0
36 °	60	0	100	80	0
Total	79—4,9	87—4,9	97—2,0	79—4,9	48—6,0

Die Resultate der beiden Tabellen können sehr schön in einer Graphik zusammengefasst und veranschaulicht werden.

Es wird nun die berechtigte Annahme getroffen, dass ein Steinstreifen dann optimal ausgebildet ist, wenn die vier Regeln über die Lage der Steine im Steinstreifen erfüllt sind.

Unter dieser Annahme erkennen wir, dass auf der Fallerfurka die Steinstreifen bei Hangneigungen zwischen 8 ° und 24 ° optimal ausgebildet sind, da in diesem Hangneigungsbereich die vier Regeln am ehesten gemeinsam erfüllt werden.

<sup>9</sup> Nach der Formel  $\sigma = \sqrt{\frac{q \cdot p}{N}}$ .

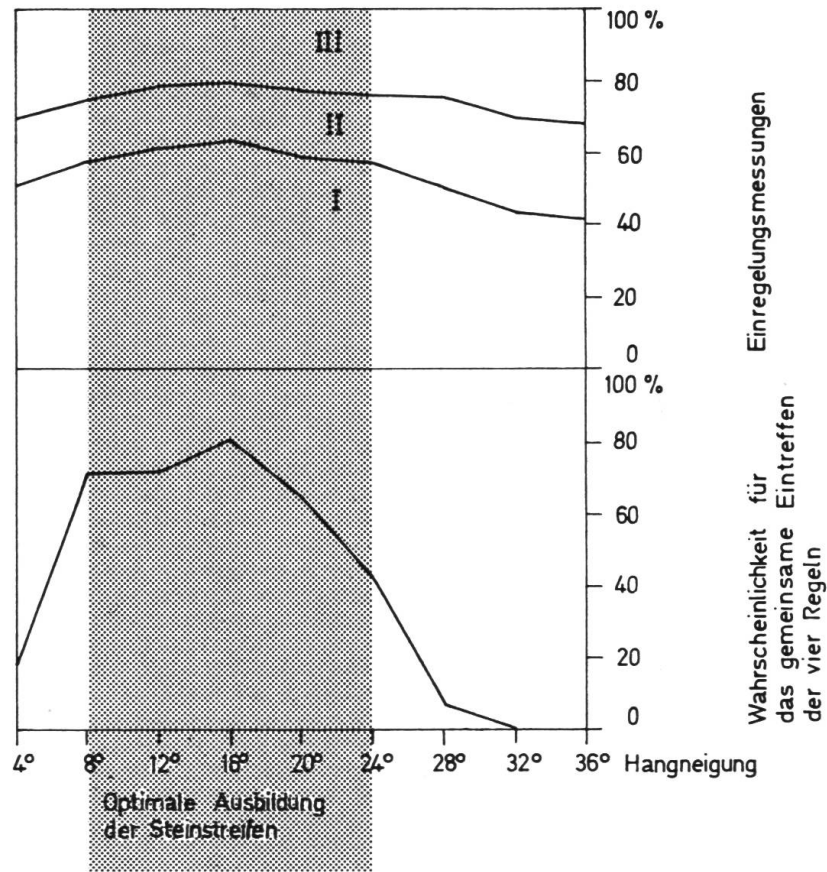


Abb. 2 Steinstreifen

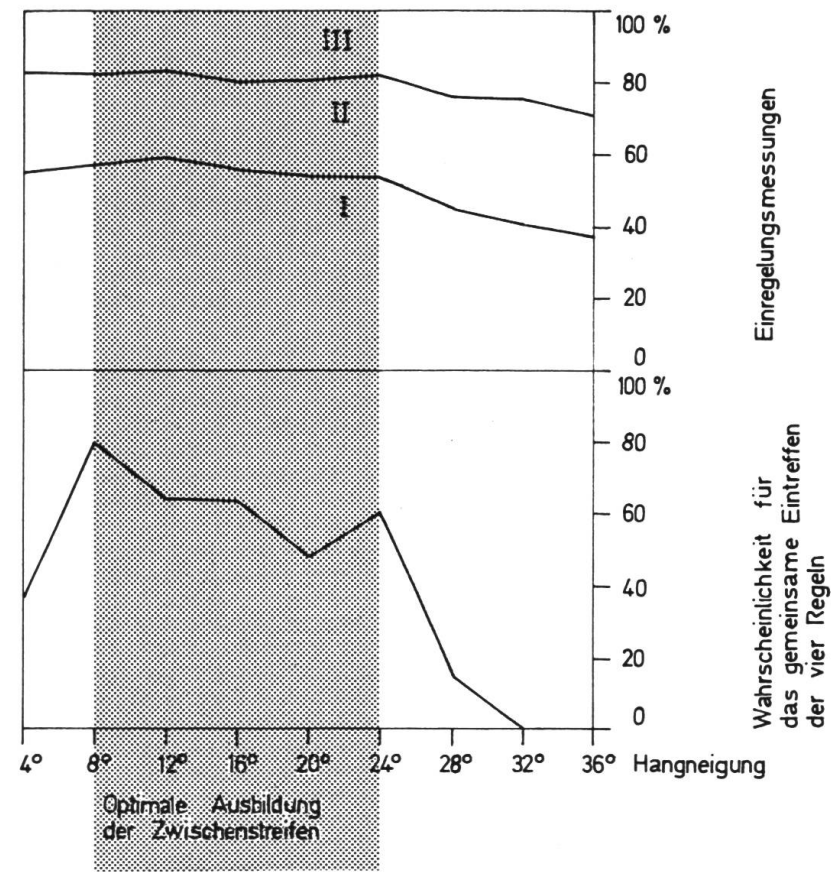


Abb. 3 Zwischenstreifen

In gleicher Art und Weise, wie die Steinstreifen analysiert wurden, wurden auf der Fuorcla da Fàller auch die Zwischenstreifen untersucht. In Analogie zu den «Steinstreifen-Regeln» wurden vier Regeln über die Lage der Steine in Zwischenstreifen aufgestellt:

1. Regel:  $I > II > III$   
Die Längsachse der Steine zeigt am meisten in Richtung des Zwischenstreifens, am zweitmeisten schräg zum Zwischenstreifen und am wenigsten quer dazu<sup>10</sup>.
2. Regel:  $I > 50\%$   
Die Längsachse der Steine liegt in über der Hälfte aller Fälle in Richtung des Zwischenstreifens (seitliche Abweichung max.  $30^\circ$ ).
3. Regel:  $(6 + 7) > (5 + 8)$   
Die Zahl der Steine, deren Längsachsen um  $0^\circ - 15^\circ$  von der Richtung des Zwischenstreifens abweichen, ist grösser als die Zahl derer, deren Längsachsen um  $15^\circ - 30^\circ$  von der Richtung des Zwischenstreifens abweichen.
4. Regel:  $(1 + 12) < (2 + 11)$   
Die Zahl der Steine, deren Längsachsen um  $75^\circ - 90^\circ$  von der Richtung des Zwischenstreifens abweichen, ist kleiner als die Zahl derer, deren Längsachsen um  $60^\circ - 75^\circ$  von der Richtung des Zwischenstreifens abweichen.

Im ganzen wurden auf der Fallerfurka 39 Einregelungsmessungen an Zwischenstreifen vorgenommen. Einen zusammenfassenden Überblick gibt die folgende Tabelle:

Hangneigung	I	II	III	Anzahl Messungen
$4^\circ$	55	28	17	5
$8^\circ$	57	26	17	5
$12^\circ$	59	25	16	5
$16^\circ$	56	25	19	5
$20^\circ$	54	27	19	5
$24^\circ$	54	28	18	5
$28^\circ$	45	32	23	3
$32^\circ$	41	35	24	3
$36^\circ$	38	34	28	3
$\phi$	53	28	19	39

Bei Hangneigung zwischen  $12^\circ$  und  $16^\circ$  ist I am stärksten vertreten. Bei einem Gefälle von über  $32^\circ$  sinkt der Anteil von I unter 40% ab und die Verteilung von I, II und III nähert sich einer 1:1:1-Verteilung.

Die nächste Tabelle zeigt, mit welcher Häufigkeit die vier «Zwischenstreifen-Regeln» — einzeln und gemeinsam — bei Einregelungsmessungen auf der Fuorcla da Fàller eingetroffen sind. Die Streuung wurde wiederum nur für die Totale angegeben.

<sup>10</sup> Dieses Resultat stimmt mit dem von Poser, H. / Hövermann, J. (Untersuchungen zur pleistocänen Harzvergletscherung, Abh. der Braunschweig. Wiss. Ges. Band 3, 1951, S. 78—84) festgestellten Einregelungsergebnis für solifluidale Schuttmassen, welches von Höllermann, P. (Rezente Verwitterung, Abtragung und Formbildung im oberen Suldenal, Ortlergruppe/Südtirol, Zs. für Geomorph., N. F., Suppl. Bd. 4, 1964, S. 108) bestätigt wird, überein.



Hang- neigung	1. Regel ‰	2. Regel ‰	3. Regel ‰	4. Regel ‰	Alle Regeln gemeinsam ‰
4 °	100	80	80	60	38
8 °	100	100	100	80	80
12 °	100	100	80	80	64
16 °	80	80	100	100	64
20 °	100	60	100	80	48
24 °	100	60	100	100	60
28 °	67	33	100	67	15
32 °	67	0	33	67	0
36 °	67	0	100	67	0
Total	90—4,8	64—7,7	90—4,8	79—6,5	41—7,9

Auch diese Resultate können nun sehr gut graphisch dargestellt werden.

Wiederum wird nun die Annahme getroffen, dass ein Zwischenstreifen dann optimal ausgebildet ist, wenn die vier Regeln über die Lage der Steine im Zwischenstreifen erfüllt sind.

Unter dieser Annahme erkennen wir, dass auf der Fallerfurka die Zwischenstreifen bei Hangneigungen zwischen 8 ° und 24 ° optimal ausgebildet sind, da in diesem Hangneigungsbereich die vier Regeln am ehesten gemeinsam erfüllt werden.

Ein Streifenboden entsteht ja erst aus dem Zusammenspiel von Streifen und Zwischenstreifen. Deshalb wurde zum Schluss, als eigentliche Zusammenfassung, untersucht, bei welchen Hangneigungen die acht «Streifenboden-Regeln» gemeinsam am häufigsten vorkommen. Das Ergebnis dieser Berechnung ist in der folgenden graphischen Darstellung wiedergegeben:

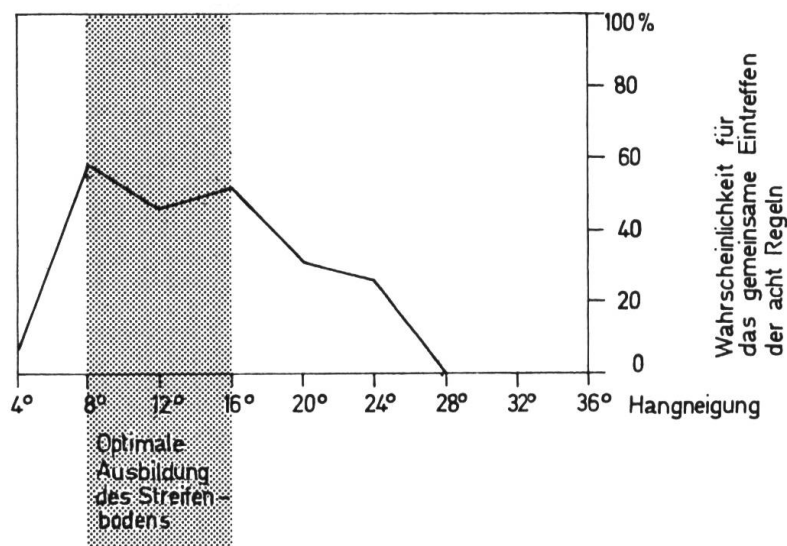


Abb. 4 Streifenboden



Zusammenfassend darf — unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen — festgestellt werden, dass der Steinstreifenboden auf der Fuorcla da Fàller bei Hangneigungen zwischen  $8^{\circ}$  und  $16^{\circ}$  optimal ausgebildet ist. Diese Aussage wurde durch weitere Untersuchungen im Kanton Graubünden<sup>11</sup> erhärtet. Allerdings liegen bis heute noch zu wenige und zu uneinheitliche situmetrische Streifenboden-Analysen vor, als dass diese Feststellung bereits als absolut gesichert betrachtet und verallgemeinert werden darf.

---

<sup>11</sup> Vgl. dazu *Elsasser, H.* (1968): a. a. O.