

**Zeitschrift:** Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft  
**Herausgeber:** Aargauische Naturforschende Gesellschaft  
**Band:** 31 (1986)

**Artikel:** Grundzüge einer Geomorphologie des Aargaus  
**Autor:** Gerber, Eduard K. / Hantke, René  
**Kapitel:** Vorgänge auf Oberflächen-Elementen und an Materialien einfacher Modelle  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-172785>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.02.2025

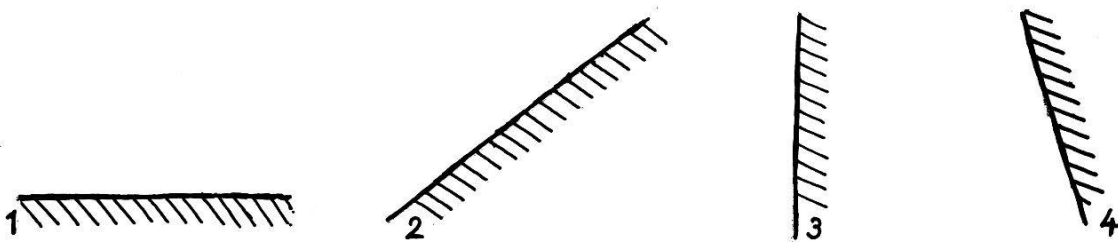
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

spezielle Berg- und Tal-Formtypen eingegangen wird, sollen einzelne Form-Elemente und die Vorgänge besprochen werden.

**Vorgänge auf Oberflächen-Elementen und an Materialien einfacher Modelle**

Oberflächen-Formen und ihre Bildungsprozesse sind komplexer Natur. Es ist daher nur beschränkt möglich, sie an einfachen Labor-Modellen zu untersuchen. Doch können grundlegende Vorgänge an einfachen Modellen erläutert werden.

Das einfachste Form-Element ist die ebene Fläche. Nach der Neigung können vier geometrisch verschiedene Lagen unterschieden werden:



1: die Horizontalebene      2: das Gehänge      3: die vertikale Wand      4: der Überhang

Fig. 10 Die ebene Fläche in verschiedener räumlicher Lage

Dabei seien zunächst Modelle, die nur aus einer einzigen, ebenen und unbegrenzten Fläche bestehen, gewählt und von allen Randbedingungen abgesehen.

*1. Die Horizontalebene*

Das einfachste Oberflächen-Element ist die Horizontalebene, eine Äquipotential-Fläche des Erdschwerfeldes. Sie zeigt keine bevorzugte Richtung. Die Schwerkraft steht senkrecht auf ihr; die Bewegungskomponente aus ihr ist daher 0. Fällt ein Körper auf die Fläche, so kann er wohl in diese eindringen, aber er erhält keine seitliche Ablenkung in eine bestimmte Richtung.

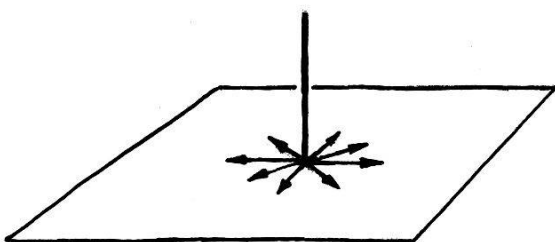


Fig. 11 Ein Regentropfen fällt auf eine Horizontalebene

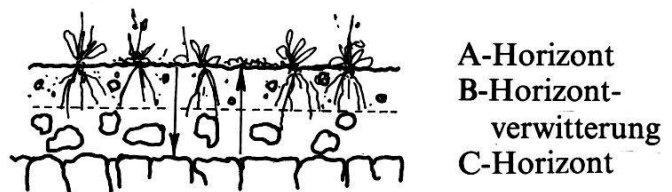


Fig. 12 Bei der Bodenbildung werden 3 Horizonte (A, B, C) unterschieden.

Wasser, das senkrecht fällt, zerfließt nach allen Richtungen gleichmäßig. Ist der Boden undurchlässig, so bleibt es stehen; ist dieser locker, versickert es. Auf die Oberfläche und eine gewisse Grenzzone wirken exogene Vorgänge ein: Wasser mit gelösten Stoffen und Temperatur-Schwankungen. Von diesen sind besonders jene um den Gefrierpunkt wirksam. Bei der Verwitterung wird Wasser oberflächlich zu- und abgeführt. Die Bodenbildung vom Muttergestein (C-Horizont) zum Humus (A-Horizont) ist vorab abhängig vom Klima; es bestimmt die Vegetation, die sich auf dem Boden ansiedelt. Bei undurchlässigem Boden wird dieser durchnässt und versauert. Ist er tiefgründig locker, so werden im humiden Klima gelöste Stoffe vorwiegend in die Tiefe abgeführt. Selbst bei kalkigem Muttergestein wird der Oberboden (A-Horizont) entkalkt. In unbegrenzter Ebene kann außer durch Wind keine Erosion stattfinden. Hingegen wird ständig Staub abgelagert, der bei vegetationsbedecktem Boden liegen bleibt und mit abgestorbenen Pflanzenteilen zur Bodenerhöhung führt.

Bei Bodenfrost werden Bodenpartikel und Steine wohl gehoben, aber nicht in einer bevorzugten Richtung verschoben. Unter besonderen Bedingungen des Periglazial-Klimas mit häufigem Wechsel von Gefrieren und Auftauen der vegetationslosen Oberfläche entstehen im Verwitterungsschutt Strukturböden – Steinringe – und Eiskeile. F. BACHMANN (1966) hat solche auch im Aargau nachgewiesen; doch sind sie vom vegetationstragenden Boden bedeckt und treten nicht mehr unmittelbar in Erscheinung.

## 2. Das Gehänge

Wir beschränken uns zunächst auf ebene Gehängeflächen, die mit der Horizontalenebene den Winkel  $\alpha$  bilden, also auf die schiefe Ebene der Physik. Die Schwerkraft  $G$  kann in zwei Komponenten zerlegt werden:

- in die senkrecht zur Oberfläche wirkende Druckkomponente  $D = G \cos \alpha$  und
- in die Bewegungskomponente  $B = G \cdot \sin \alpha$ , wobei  $\alpha$  der Neigungswinkel der schiefen Ebene ist.

Nach COULOMB wirkt sie auf die Druckkomponente eine Reibungskraft

$$F_r = \mu_0 \cdot G \cdot \cos \alpha$$

aus.  $\mu$  ist die dem Material eigene Haftreibung. Im Gehänge sind alle durch Gravitation ausgelösten Bewegungen gerichtet. Sie folgen den Linien größter Neigung, den Falllinien  $f$ .

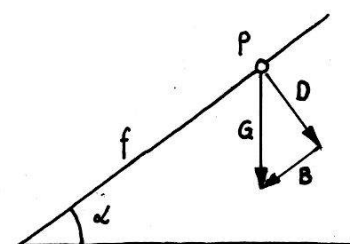


Fig. 13 Die Gehängefläche entspricht der schiefen Ebene

Während eine Horizontalebene unbegrenzt gedacht werden kann, sind Gehänge immer oben und unten begrenzt. Auf diese Grenzlinien wird bei den Modellen aus zwei und drei Flächen-Elementen noch zurückzukommen sein. Zu jedem Punkt  $P$  im Gehänge-Innern gibt es höhere Punkte, so  $P_2$ , und einen höchsten  $P_1$ , von dem nur Material wegfließt, und tiefere,  $P_3$ , und einen tiefsten,  $P_4$ , zu denen von  $P$  aus Material zuströmt. Alle Punkte von  $P_1$  bis  $P_4$  liegen auf einer Fallgeraden  $f$ . In  $P_4$  gibt es keine Bewegungskomponente; es kann nur Material zufließen oder durchtransportiert werden. In allen übrigen Punkten der Fallgeraden kann Material zu- und weggeführt, aber auch durchtransportiert werden.

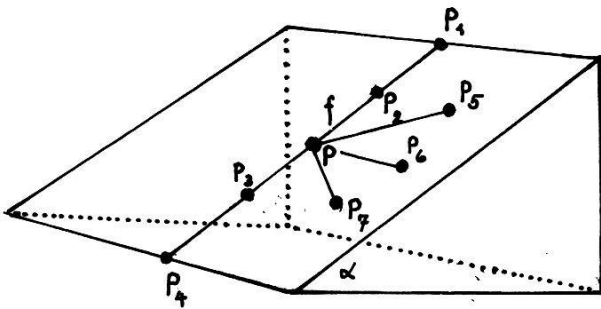


Fig. 14 Punkte im Gehänge ( $P_1$ – $P_7$ );  
 $P_1$ – $P_4$  liegen auf einer Fallgeraden  $f$ .  
 $\alpha$  = Neigungswinkel

Zu benachbarten Punkten  $P_5$  bis  $P_7$  besteht in kohäsionslosem Lockermaterial keine Beziehung. Die Bewegungen erfolgen rein linear entlang der Fallgeraden. Nur in kohärentem Material besteht eine Breitenwirkung. Sobald sich durch Materialbewegungen eine Rinne bildet, entstehen neue Flächen, die zur Fallgeraden geneigt sind. Die banale Feststellung weitgehender Unabhängigkeit benachbarter Falllinien-Bewegungen ist wesentlich. Gerade diese Unabhängigkeit erklärt viele Gehänge-Vorgänge und daraus resultierende Formen. Sie ist um so größer, je steiler das Gehänge ist.

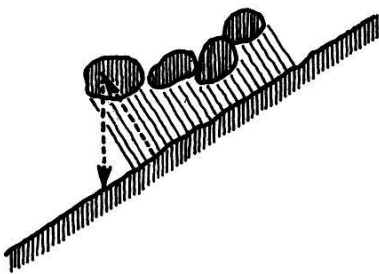


Fig. 15 Durch Quellung oder Frost werden Bodenpartikel senkrecht zur Oberfläche gehoben. Beim Schrumpfen oder Auftauen fallen sie in der Gravitationsrichtung zurück.

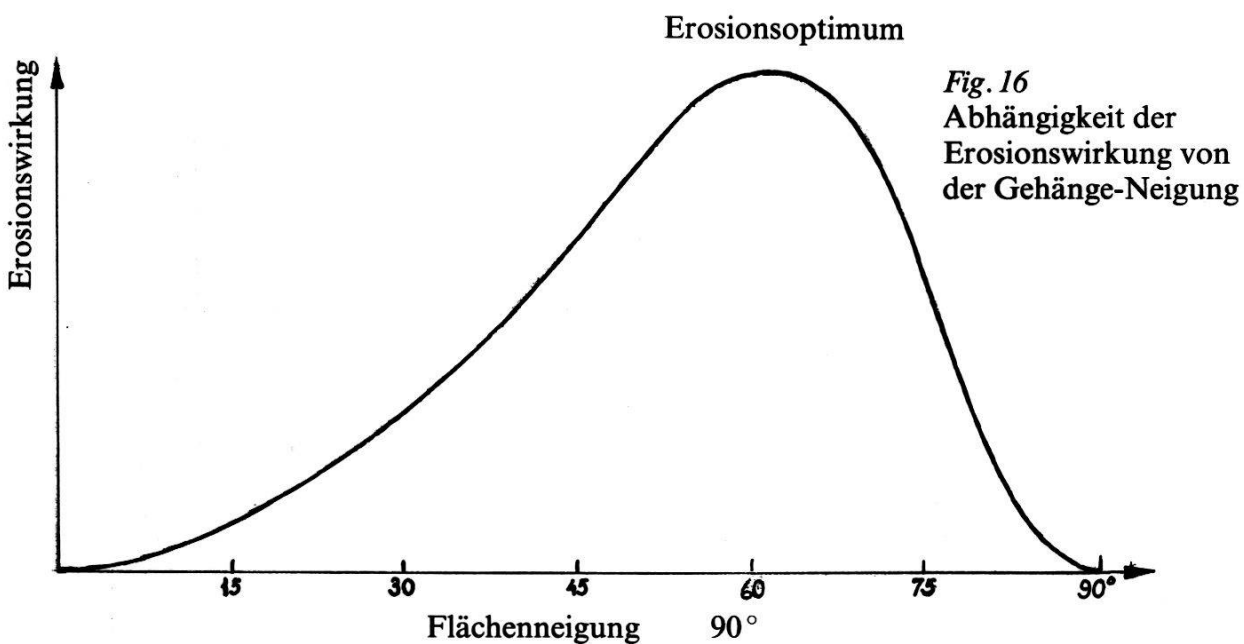
Verwitterung und Bodenbildung in einem Hang sind gerichtet und eng mit dem Materialtransport verknüpft. Findet auf einer Hang-Fläche eine Hebung statt, etwa durch Quellung oder Frost, so wird ein Partikel senkrecht zur Oberfläche gehoben. Beim Schrumpfen oder Auftauen fallen sie in der Gravitationsrichtung zurück. Diese Effekte sind wesentlich beteiligt beim *Bodenfließen*, bei der *Solifluktion*.

Durch Abspülen bei Starkregen wird ebenfalls Feinmaterial hangabwärts bewegt, so daß besonders am Hangfuß eine Anreicherung stattfindet.

Der Gehänge-Begriff umfaßt alle geneigten Flächen zwischen der Horizontal-ebene und der vertikalen Wand, den beiden Extremlagen. Eine Unterteilung dieses großen Neigungsbereiches kann geometrisch nur willkürlich vorgenommen werden. Doch ist eine Unterteilung aus physikalischen Gründen möglich, zunächst, was die Erosionstätigkeit anbetrifft, sodann nach dem Verhalten der Lockergesteine, deren Oberfläche eine schiefe Ebene bildet.

Im Neigungsbereich von 0 bis  $90^\circ$  nimmt die Bewegungskomponente zu, die Druckkomponente ab, bis bei der vertikalen Wand der freie Fall eintritt und die Druckkomponente zu 0 wird.

Damit auf einer Fläche erodiert wird, muß abfließendes Wasser und mitgeführtes Geschiebe auf die Unterlage einen Druck ausüben.



Auf der Horizontalebene fehlt die Erosion, weil die Bewegungskomponente 0 ist, in der vertikalen Wand, weil der Druck auf die Wand 0 ist. Die Erosion nimmt zunächst mit zunehmender Neigung zu, nimmt aber offensichtlich bei sehr steilem Gehänge wieder ab. Irgendwo zwischen 0 und  $90^\circ$  muß sich also ein Erosionsoptimum befinden, dessen Bestimmung noch der Abklärung harret.

Besser bekannt ist das *Verhalten von Lockergestein* in einem Hang. Wird aus einer Wand Schutt geliefert, entsteht eine Schutthalde. Diese nimmt die Neigung des größtmöglichen Böschungswinkels an, der jenem von kohäsionslosem Lockergestein entspricht. Dieser schwankt, je nach Rauigkeit des Gesteins, zwischen  $30^\circ$  und  $40^\circ$ .  $40^\circ$  werden nur in seltenen Fällen überschritten. Gehänge unter dem maximalen Böschungswinkel sind meist mit Schutt bedeckt. Dieser kann langsam abkriechen, abgleiten, aber nie abstürzen. Solche Hänge sind *potentielle Schutt-mantel-Hänge*, potentiell, weil sie auch schutfrei sein können. Doch wenn sich durch Verwitterung Schutt bildet und sich Staub ablagert, bleibt das Lockermaterial liegen.

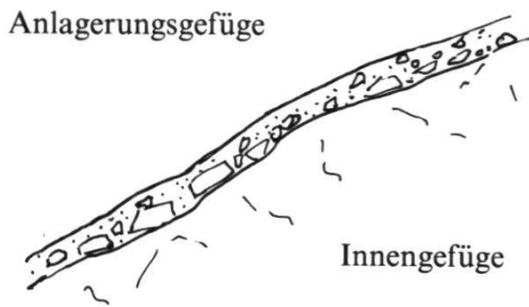


Fig. 17 Der Schuttangel-Hang



Fig. 18 Der Wand-Hang

In bezug auf das Streichen der Schichten ergeben sich *drei Typen von Hängen*:

1. Längshänge oder Längstal-Hänge:  
Das Gehänge hat die gleiche Richtung wie das Streichen der Schichten. Ihre Schnittlinien durch das Gehänge verlaufen immer horizontal.
2. Querhänge, Quertal-Gehänge:  
Das Gehänge verläuft senkrecht zum Streichen der Schichten. Ihre Schichtlinien laufen im Gehänge geneigt. Sie steigen auf, wenn sie in der Talrichtung ansteigen, und steigen ab, wenn sie geneigt sind.
3. Diagonal-Gehänge, Diagonal-Talgehänge:  
Das Gehänge verläuft weder parallel noch senkrecht zum Streichen. Längs- und Quertäler herrschen vor. Solche Bedingungen sind selten erfüllt. Jede Gehänge-Einbuchtung und jeder Wechsel im Streichen ergibt kleinere oder größere Abweichungen, so daß im Detail im Längstal-Gehänge Diagonal-Talformen oder gar Quer-Talformen auftreten können. Weitreichende Diagonal-Täler sind selten.

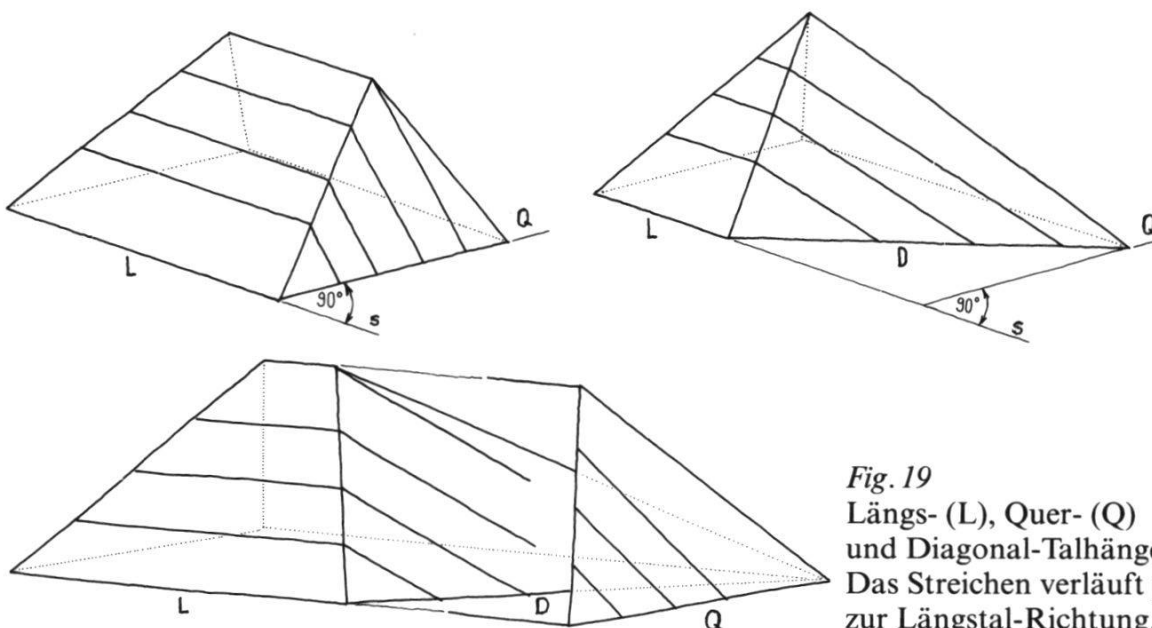


Fig. 19  
Längs- (L), Quer- (Q)  
und Diagonal-Talhänge (D)  
Das Streichen verläuft parallel  
zur Längstal-Richtung.

### *Wand-Hänge und Schuttmantel-Hänge*

Gehänge, die steiler sind als die maximale Böschung von Lockermaterial, können keinen kohäsionslosen Schutt tragen. Entsteht solcher durch Verwitterung oder wird er zugeführt, stürzt oder gleitet er ab. Hänge, meist steiler als  $50^\circ$ , die nie schuttbedeckt sind, werden *Wand-Hänge* genannt. Es sind senkrechte Felswände oder steile Felsgehänge. Wand-Hänge können auch aus kohärentem Lockergestein bestehen. Sie entstehen ferner als Abrißwände bei Sackungen oder Rutschungen oder bei raschem Einschneiden von Gewässern. Im Landschaftsbild tragen Wand-Hänge keine oder nur eine spärliche Vegetation. In Spalten kann sich durch Feinverwitterung und angewehten Staub etwas Boden bilden, auf dem Pflanzen, gar Bäume, hochkommen können. Regenwasser kann nur in Rinnen und Spalten eindringen. Meist rinnt es rasch ab, so daß sich an S-Hängen nur an Trockenheit angepaßte Pflanzen halten können. Die Oberfläche der Wand-Hänge verwittert zwar; gelockertes Gestein kann sich aber nur halten, wenn es «eingespannt» ist. Verwitterung bis zur Feinmaterial-Bildung ist nur in Vertiefungen und auf Absätzen möglich. Meist tritt das Innengestein frei zutage und läßt die Struktur erkennen.

Fehlt Wand-Hängen eine alle Stadien durchlaufende Verwitterung, so sind *Schuttmantel-Hänge* durch Verwitterungsvorgänge, die bis zur Feinmaterial-Bildung führen, also durch einen *Schuttmantel*, charakterisiert.

Das Innengestein ist nur in Aufschlüssen sichtbar; doch tritt es in Versteilungen und Verflachungen im Gehänge – je nach Resistenz gegenüber dem Abtrag – oft zutage. Im Schuttmantel-Hang spielen sich die meisten Abtrags- und Aufschüttungsvorgänge ab. Das Wasser versickert vor allem im Vegetation tragenden Boden und fließt unterirdisch ab. Meist wird nur ein kleiner Teil des Wassers in Gehänge-Rinnen und Tobeln gesammelt. Hangpartien, die kaum zerschnitten sind, deuten darauf hin, daß es zu ihrer Bildung nicht nur Regenwasser, sondern auch eine Disposition braucht. Diese ist durch die Verhältnisse im Innengestein gegeben, etwa eine Bruchzone, die zur Rinnenbildung Anlaß gibt. Auf homogener Hangfläche mit massivem Innengestein finden alle Oberflächenbewegungen in der Falllinienrichtung statt. Durchziehen Strukturen des Innengesteins – Schicht- oder Bruchflächen – den Gehängeuntergrund schief, können Rinnen und Mulden das Gehänge auch schief durchlaufen.

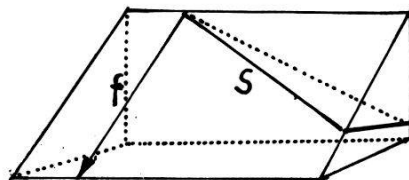


Fig. 20 Eine schräg verlaufende Scherfläche durchschneidet das Gehänge.

Während sich bei der Horizontalebene als fossile Strukturboden Steinringe beobachten lassen, finden sich in einem Hang *Streifenböden*.

### Die vertikale Wand

In der vertikalen Wand kann fließendes Wasser nicht erodieren. Weder Wasser noch mitgeführtes Geschiebe können einen Druck auf die Wand ausüben; sie stürzen frei ab. Senkrechte Wände können daher wohl zurückwittern, aber es kann nicht durch «rückschreitende Erosion» eine Stufe oder gar eine ganze Wand «aufwärtswandern». Wenn der Niagara-Fall flußaufwärts «wandert», so nicht durch Erosion in der Wand, sondern durch Unterschneiden und Nachbrechen. Da eine senkrechte Wand immer schutfrei ist, gehört sie als Extremfall zu den Wand-Hängen.

Die immer noch vertretene Ansicht, für jedes Gestein gebe es einen optimalen Böschungswinkel, der bei der Verwitterung angestrebt werde, gilt nicht einmal für bindige Böden, wie jede Kies- und Lehmgrube zeigt. Hingegen gibt es für jedes Gestein eine von der Festigkeit abhängige *maximale Wandhöhe*. Dabei ist der Verlauf von Schicht- und Bruchflächen mit zu berücksichtigen. Eine auffallende Erscheinung bei Wand-Hängen ist ihre Steilheit. Wohl können auch oberhalb des maximalen Böschungswinkels von Schuttmantel-Hängen noch Wand-Hänge verschiedener Neigungen beobachtet werden; solche, die nur wenig steiler sind als Schuttmantel-Hänge, sind jedoch selten. Es sind dies glatte Schicht- oder Klufflächen, auf denen sich Schutt gerade nicht mehr halten kann. Frei aufragende Wand-Hänge sind meist sehr steil und weichen nur wenig von der Vertikalen ab. In den Alpen sind hohe Wände aus statischen Gründen gegen den Fuß zu konkav durchgebogen. Im Mittelland und im Jura, wo die Wände von beschränkter Höhe sind und die Entstehung der Wandform durch Wechsellagerung verschiedener Gesteine bedingt ist, sind die meisten von auffallender Steilheit. Zwischen Schuttmantel-Hängen und sehr steilen Wand-Hängen besteht eine *bedeutende Formlücke*.

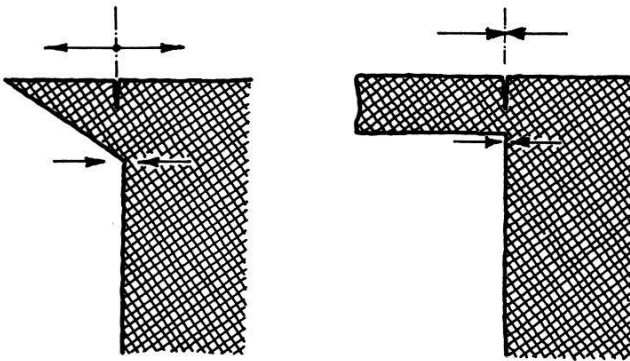


Fig. 21 Über Wand-Hängen bildet sich in resistenten Schichten oft ein Überhang aus.

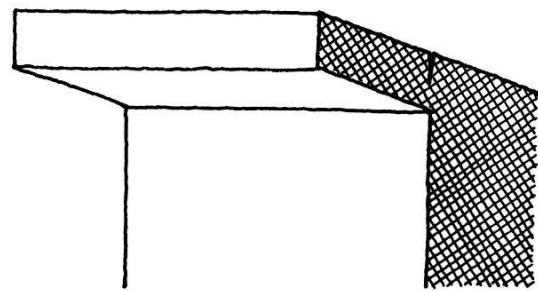


Fig. 22 Zuweilen bildet eine harte Bank über einem Wand-Hang ein Felsdach

### Der Überhang

Im *Überhang* macht sich die Schwerkraft nur als *Zugspannung* geltend. Lockeres Verwitterungsmaterial, das nicht eingeklemmt ist, stürzt ab. Wasser tropft ab,



wenn es nicht adhäsiv der Unterfläche nach abfließt. Überhänge sind nur in beschränktem Ausmaße möglich; als Detail gehören sie zu den typischen Formen der Rückwitterung steiler Wand-Hänge.

Durch die Gravitation wird auf das Material des Überhangs ein Zug ausgeübt, was sofortigen Absturz zur Folge hat, wenn Gestein sich aus dem Verband löst. An der Unterfläche steht das Gestein unter Druckspannung.

Wie der Überhang gehört auch das *Dach* als Sonderform zu den Wand-Hängen. Dachformen können auch innerhalb der Wand auftreten, als verwitterungs-resistentere Bank, als vorstehende lagige Knauer in einer Knauer-Sandsteinwand.

### Strukturen des Innengesteins

Es wurde gezeigt, daß rein geometrische Modelle nicht genügen, um den Einfluß von Neigungswinkel-Unterschieden auf die Gestaltung der Oberflächen-Formen zu begründen. Form-Modelle sind immer wieder mit dem Material, das sie aufbaut, in Verbindung zu bringen. Vor allem ist die Unterscheidung von Locker- und Festgestein von Bedeutung. Zu den Lockergesteinen gehört auch der Schuttmantel, der das Innengestein verhüllt. Je steiler das Gehänge ist, um so mehr Rutsch- und Gleitbewegungen finden im Schuttmantel statt, um so mehr schimmert die Struktur des Innengesteins durch und zeichnet sich in den Oberflächen-Formen ab.

Da das Innengestein im Aargau durch den Wechsel von resistentem und weniger resistentem Fest-Gestein ausgezeichnet ist, entstehen im Gehänge – je nach der Lagerung – Stufungen, auf- und absteigende Verflachungen und Mulden.

### Härte-Verflachungen und Gehänge-Verteilungen

#### Der Hang mit horizontalen Schichtflächen

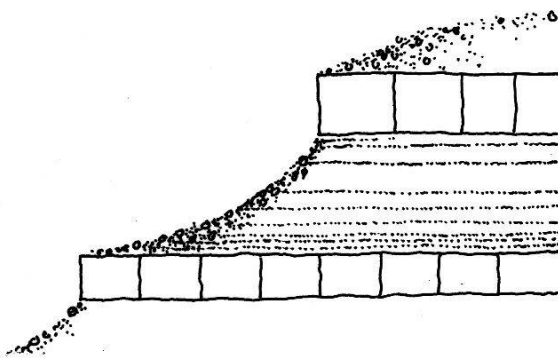


Fig. 23 Hang mit horizontalen härteren Bänken

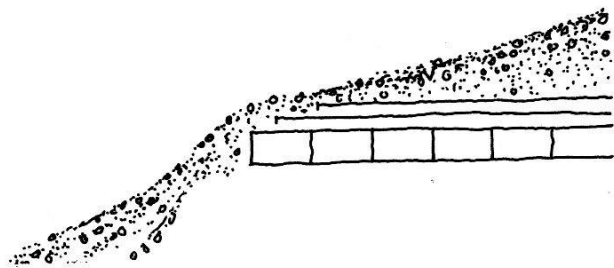


Fig. 24 Hang mit stark verschütteten horizontalen Bänken

Sind die Schichtflächen horizontal, verlaufen auch die Gehängeflächen horizontal. Im Gehänge treten Schichtköpfe zutage. Da dieser Gehängetyp im Grand Canyon des Colorado prachtvoll in Erscheinung tritt, wird er auch Colorado-Typ