

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: Modelle zur Abklärung von Randbedingungen und Grössenordnungen
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-172785>

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: 11.07.2025

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

Beim *Hang mit Steil-Struktur* ($\beta = 90^\circ$) fallen die Schichten senkrecht ein, und die Schichtköpfe stechen steil bis vertikal durch das Gehänge. Durch Überkippen oberflächlich gelockerter Gesteinspartien bildet sich «Hakenwurf»: die Schichten neigen sich talwärts.

Der Hang mit Steil-Struktur β um 90° , bildet den Übergang vom Schichtflächen- zum Schichtkopf-Hang, $\beta, > 90^\circ$.

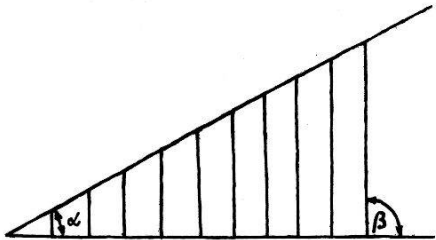


Fig. 29 Hang mit Steil-Struktur

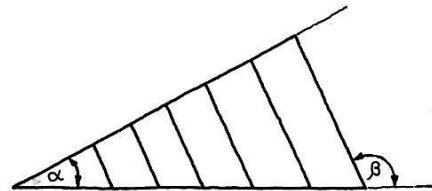


Fig. 30 Schichtkopf-Hang

Im *Schichtkopf-Hang* fallen die Schichtflächen entgegengesetzt zur Hangneigung ein. Die Schichtköpfe sind wie beim unterschrittenen Schichtflächen-Hang bei jedem Schichtfallen zwischen 0 und 90° hangabwärts gerichtet.

Bei den Modellen sind für die Oberflächengestaltung vor allem Schichtflächen, die einen Gesteinswechsel bilden, von Bedeutung. Neben diesen machen sich noch andere geltend; Überschiebungsflächen, wie sie vorab im Grenzbereich Faltenjura/Tafeljura ausgebildet sind; Verwerfungen, die besonders im Tafeljura auftreten, und Kluftflächen, die in fast allen Schichtgesteinen vorkommen. All diese durch Spannungen im Gestein gebildeten Flächen schneiden die Schichtflächen, verlaufen oft steil bis senkrecht zu ihnen und treten gestaltsmäßig ebenso in Erscheinung. Sie bevorzugen gewisse Richtungen und sind beim Abtrag im Gehänge, besonders bei Felswänden, sowie bei der *Anlage* und der *Richtung von Tälern* ausschlaggebend, so daß sie volle Aufmerksamkeit verdienen.

Modelle zur Abklärung von Randbedingungen und Größenordnungen

An Modellen, die nur aus einer ebenen Fläche bestehen, können weder Randbedingungen noch Größenordnungen besprochen werden; sie sind unbegrenzt. Wohl kann eine Horizontalebene unbegrenzt gedacht werden; aber jede *geneigte* Hangfläche ist gegen oben und unten begrenzt. An Modellen mit zwei ebenen Flächen kann an der Schnittkante der Übergang von der einen in die andere aufgezeigt werden. In geometrischen Modellen sind dies scharfe Kanten, in der Natur kaum je, da stets Übergänge vorkommen. In diesen Übergangszonen finden gegenseitige Beeinflussungen verschieden geneigter Flächen statt: es sind *Flächenzonen unter Randbedingungen*. Zur Charakterisierung von Flächen eignen sich Falllinien. Zwei Falllinien, die an einer Kante miteinander in Berührung stehen, werden konjugiert genannt. Sie können konvergieren, sich folgen (konsequente Falllinien) oder divergieren. Ist die eine Fläche horizontal, ergeben sich Spezialfälle, ebenso, wenn vertikale Flächen auftreten.

Wasserscheiden

Bei Modellen, die Wasserscheiden bilden, verschneiden sich zwei Ebenen mit hochliegender Kante. Konjugierte Falllinien divergieren. Die Kante verbindet ihre höchsten Punkte.



Fig. 31 Die Wasserscheide in Querschnitt und Grundriß

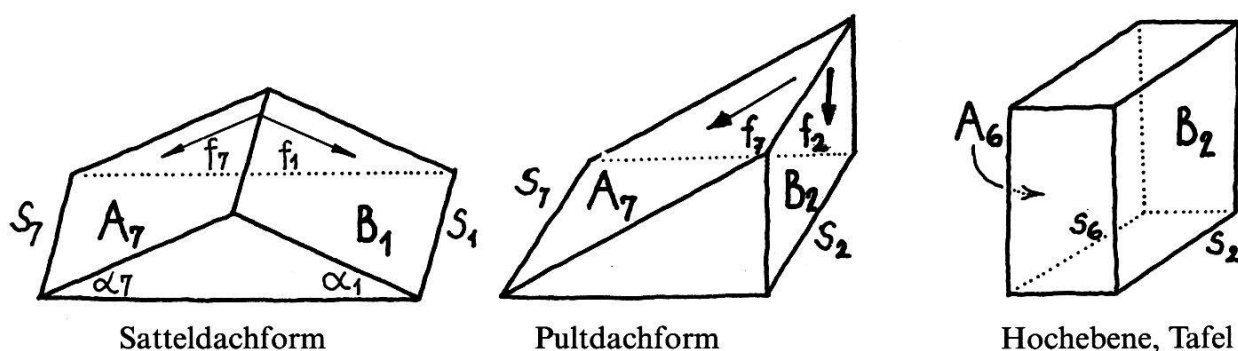


Fig. 32 Typen von Wasserscheiden

Es können drei Grundformen unterschieden werden:

1. $A_7 B_2$: *Satteldachform*, symmetrisch oder asymmetrisch,
2. $A_7 B_2$ und gegengleich $A_6 B_1$: *Pulldachform*,
3. $A_6 B_2$: *Hochebene, Tafel*, die keine Kante besitzt und durch senkrechte Wände begrenzt ist.

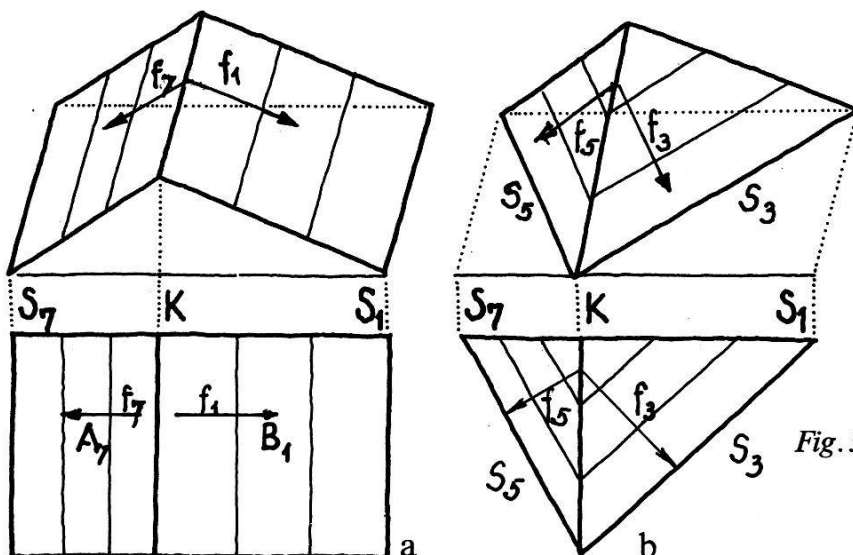


Fig. 33 Satteldachform (a) und abfallender Grat, Gelände-Nase (b), perspektivisch und im Grundriß.

Sind die Spuren S_7 und S_1 der beiden Ebenen A_7 und B_1 parallel, so bilden konjugierte Fallinien f_7 und f_1 in der Horizontalprojektion eine Gerade. Die Kante ist eine horizontale Firstlinie. Laufen die Spuren der beiden Ebenen zusammen, bilden konjugierte Fallinien einen Winkel zwischen 0 und 90° . Die Kante, ein abfallender Grat, fällt zum Schnittpunkt der beiden Spuren ab.

Wasserscheiden trennen oft *Einzugsgebiete verschiedener Bedeutung*. Die wichtigsten sind an *Hauptgebirgskämme* gebunden: an die alpine Wasserscheide; sie trennt die Entwässerung zur N- und S-Seite. Sodann grenzen sie die großen Flußgebiete ab, N des Hauptkammes: Donau, Rhein und Rhone. Im Aargau, im Einzugsgebiet des Rheins, wird dieses in die Einzugsgebiete der größeren Mittelland-Flüsse und -Bäche bis zu kleinen und kleinsten Gehänge-Rinnen weiter gegliedert (GERBER, 1986).

Am schärfsten sind Wasserscheiden im Jura an Kalkgraten ausgebildet. Bei vorherrschend isoklinalem Schichtverlauf ist der eine Hang ein Schichtflächen-, der andere ein Schichtkopf-Hang. Entsprechend verhalten sich die beiden Hänge verschieden. Auf dem meist weniger steilen Schichtflächen-Hang verwittert das Gestein an Ort und Stelle und kriecht oder gleitet, je nach Oberflächenneigung, hangabwärts. Auf der Schichtkopf-Seite brechen die Schichten, oft längs glattflächiger Bruchflächen, als Felsstürze, ab. Da Wand-Hänge meist auffallend ebenflächig zurückwittern, verläuft die Wasserscheide oft über größere Strecken geradlinig auf schmalen Kämmen gar als markante Linie. Auf breiten Rücken oder nahezu horizontalen Plateau-Flächen erscheint sie als geschwungene Linie. Unbestimmt ist sie auf horizontalen Plateau-Flächen, vor allem, wenn diese wasserdurchlässig sind, also auf verkarsteten Kalk-Hochflächen sowie auf Schuttmantel-Flächen.

Von der Wasserscheide kann *nur abgetragen* werden. Da an der Wasserscheide alle Bewegungen erst beginnen, gibt es in ihrem Bereich, in einer von Niederschlag, Gefälle und Material abhängigen Zone, *keine Erosion* (belt of no erosion von HORTON). Durch starke Regenfälle wird Feinmaterial abgespült.

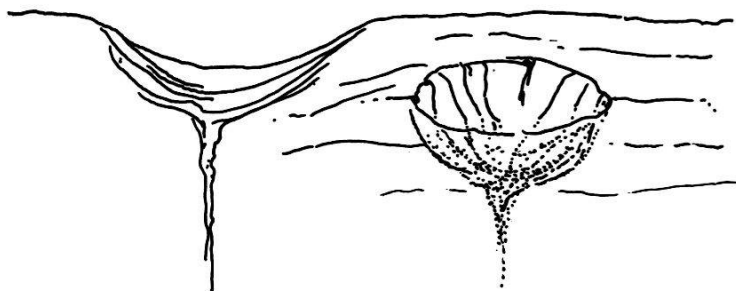


Fig. 34 Eine Doline hat bis auf die Wasserscheide zurückgegriffen.

Durch jeden Eingriff in die Wasserscheide wird auch der Gegenhang mitbetroffen; dadurch kommt es nicht nur zu einer Erniedrigung, sondern oft zu einer Verschiebung ihres Verlaufs. Greift ein solcher Vorgang vom Gehänge bis zur Kante eines Plateaurandes empor, kann Oberflächenwasser vom Plateau der Rinne zufließen, wenn diese nicht gar an einer Quelle beginnt; im Plateau entsteht eine gerundete Einmuldung.

Selbst unter der Wasserscheide liegt zunächst eine Zone, in der die Erosion sehr gering ist und nur bei Regengüssen Feinmaterial ausgeschwemmt wird. Entsteht in einem steilen Gehänge eine Rinne, so wird diese erosionsarme Zone unterschritten; aus ihr kommt es zu Sturz-, Rutsch- und Gleitvorgängen, zu Sekundärererscheinungen von tiefer unten beginnender Erosion.

In Schuttmantel-Gesteinen kann der Regen versickern; in vielen Hängen ist daher kaum oberflächlich abfließendes Wasser zu sehen. Da das Wasser sich nach der Wasserscheide zunächst sammeln muß, beginnen die Gehänge-Rinnen nicht an ihr, sondern erst unterhalb des *erosionsfreien Gürtels*. Gelegentlich tritt Wasser quellartig aus; dies kann Anlaß zu einer Gehänge-Rinne bieten. Solche Rinnen beginnen nie direkt an der Wasserscheide; durch Nachbrechen und Gleiten der Hinterwand können sie sich bis zu ihr erweitern, was zu einer Einsattelung in der Wasserscheiden-Linie führt.

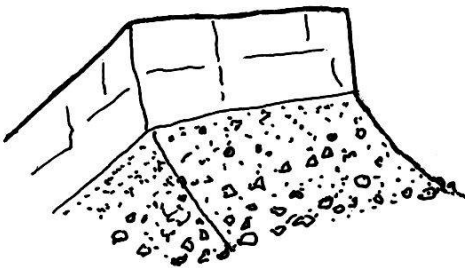


Fig. 35 Markante Wasserscheide an steilem Schichtflächen-Hang

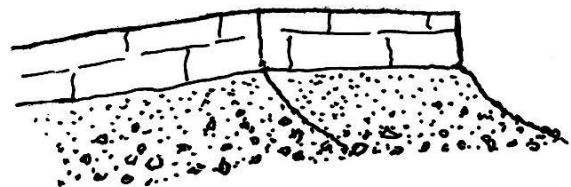


Fig. 36 Wenig markante Wasserscheide auf Hochfläche

Hochflächen- und Plateauränder

Hochflächen und Plateaus erwecken im *Tafeljura* den Eindruck ebener Flächen. Es ist daher üblich, von einem Tafel- oder Plateaujura zu sprechen. Ihre Oberflächen sind aber meist doch recht bewegt, so daß der Begriff Hochfläche passender erscheint.

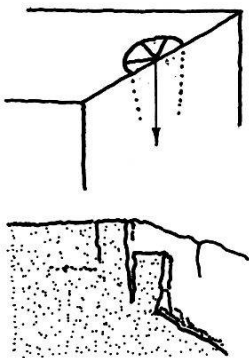


Fig. 37 Plateaurand an Felswand

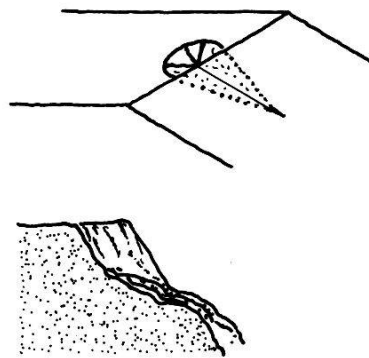


Fig. 38 Plateaurand an steilem Gehänge mit kluftbedingter Halbtrichter-Bildung

In der Nähe des Plateaurandes zur Felswand können sich durch Kluftflächen Halbtrichter bilden, die zu Zusammenbrüchen und Sackungen führen. An solchen Vorgängen ist Wasser nur an der Unterlage beteiligt. Es versickert im Fels in Spalten ohne erosive mechanische Wirkung. Geht der Plateaurand in einen Schutt-mantel-Hang über, so kann es zur Quellmulden-Bildung kommen, die bis auf das Plateau hinaufreicht. Vom theoretischen Modell her sollte auf Hochflächen keine gravitative Bewegung stattfinden; doch das Regenwasser muß irgendwie abfließen. Diese Frage läßt sich nur lösen, wenn das Material in die Betrachtung einbezogen wird. Im Plateau-Jura kann das Wasser in den Kalktafeln längs Klüften, die sich karstartig erweitern, versickern. Es tritt dann auf der Unterlage, an der Grenzfläche zu Mergeln, wieder zutage oder rinnt im Schuttmantel ab.

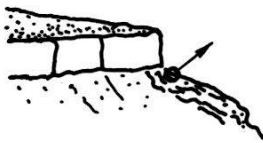


Fig. 39 Quelle am Fuß einer Plateau-Wand



Fig. 40 Wasserabfluß von einem Hochplateau bei seitlicher Vermergelung einer Kalkbank

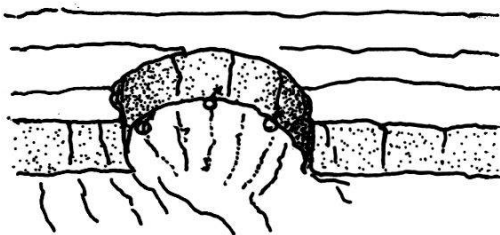


Fig. 41 Quell-Austritte an der Basis eines durch Klüftung entstandenen Halbtrichters

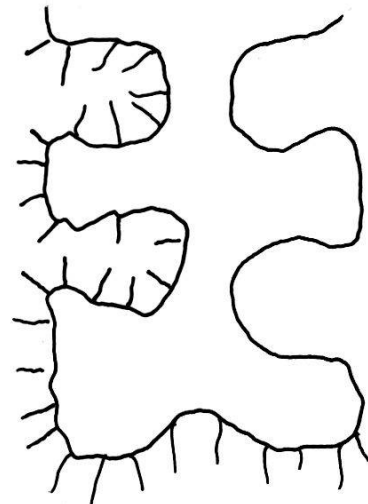


Fig. 42 Die Basis einer Kalk-Hochfläche wird durch Klüftung entstandener Halbtrichter immer stärker zerschnitten

Im *Mittelland* bestehen die Hochflächen vielfach aus Schottern, die Sandsteinen und Mergeln aufrufen. Durch Schotter und Sandstein kann Regenwasser versickern. Es tritt erst im Gehänge wieder zutage, wenn es nicht unterirdisch im Schuttmantel bis zum Talboden gelangt. Plateauränder werden von Quellmulden und Erosionstrichtern angeschnitten, so daß die Hochfläche oft beidseits gelappt erscheint (Fig. 42).

Gehänge-Formen

Verschneiden sich in einem Gehänge zwei verschieden geneigte Ebenen, so geht die Bewegung entlang der Falllinie der höher gelegenen Ebene in die Richtung der konjugiert tiefern Falllinie über.

Beginnt der Abtrag am Gehänge-Scheitel und wird an dessen Fuß abgelagert, so ist das Gehänge selbst Durchfluß-Gebiet. In nicht allzu steilen Gehängen ist die Oberfläche gegen die Basis mit einem zunehmend mächtigeren Schuttmantel bedeckt. Glatte Hänge sind vom Scheitel zur Sohle stetig gekrümmt.

Formal können zwei Gruppen von Gehängen unterschieden werden: konvexe und konkave. Häufig erfolgt dabei der Übergang, etwa an Gesteinsgrenzen, knickartig, so daß sich wiederum eine Unterscheidung in *konvexe* und *konkave Gehänge-Knicke* aufdrängt.

Konvexe Gehänge

Bei konvexen Gehängen findet entlang konjugierter Falllinien f_1 und f_2 an der Kante eine Versteilung statt. Dies hat bei Oberflächen-Bewegungen eine *Steigerung* der Geschwindigkeit zur Folge.

Sind die beiden Ebenen spurparallel, so verläuft die Kante horizontal; sind sie dies nicht, steigt die Kante im Gehänge in bezug auf die Talrichtung an oder sinkt ab. Dabei kommt es neben einer Neigungs- auch zu einer Richtungsänderung.

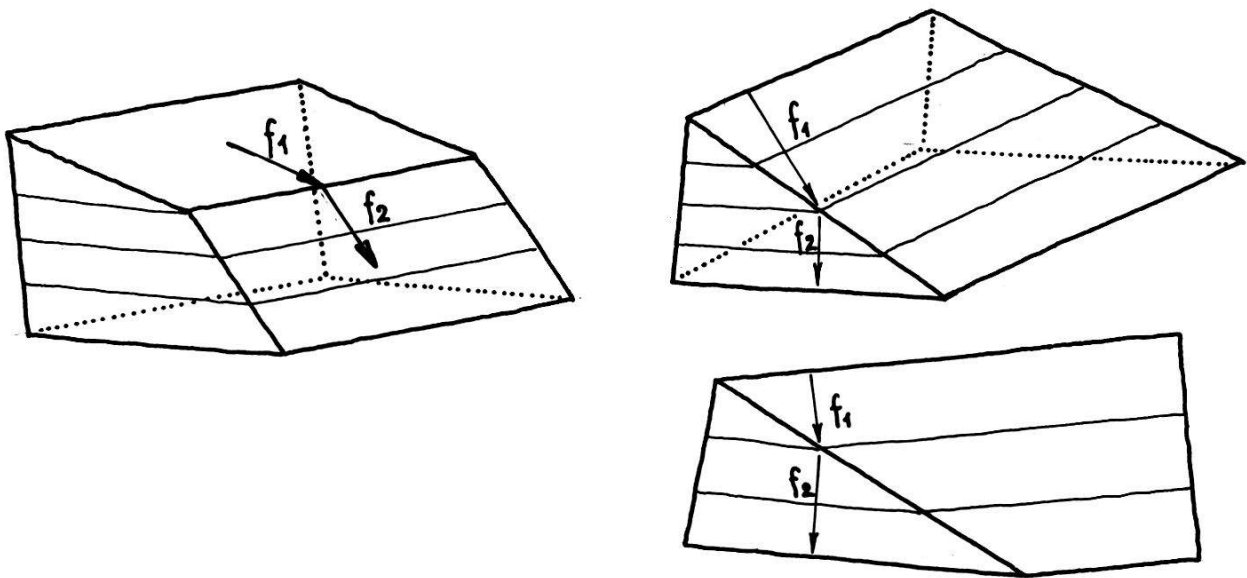
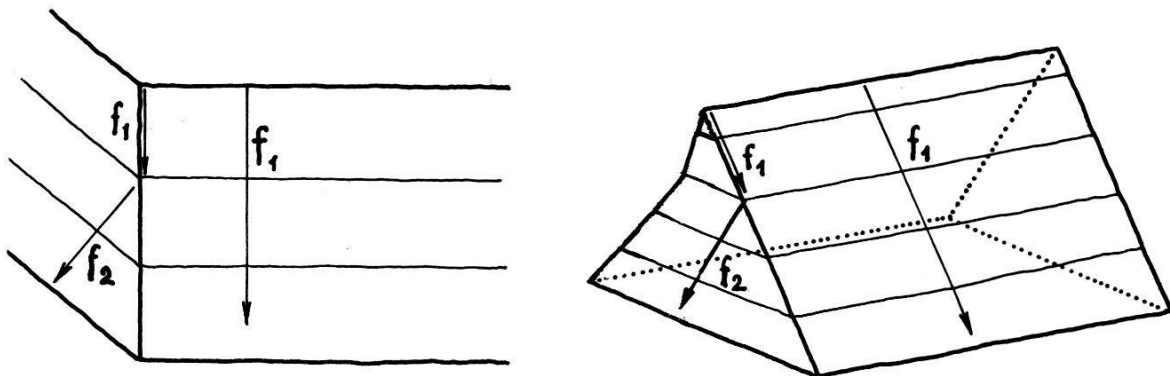


Fig. 43 Modelle von konvexen Gehängen; die Fläche f_2 verläuft steiler als f_1 .



Verlaufen in der höheren Ebene die Falllinien kantenparallel, so führen diese nicht in die tiefere Ebene. Es ist dies der Übergang von einer Gehängekante zu einer Wasserscheide. Konjugierte Falllinien heißen dann kanten-konsequent. Dabei vergrößert sich der Winkel zur Kante der steileren Fläche. Verläuft die Kante in Richtung der Falllinie der flacheren Gehängepartie, so gibt es in dieser nur eine konjugierte Falllinie; sie ist zugleich Kante. Von ihr divergieren alle Falllinien der steileren Fläche. Diese Form bildet den Übergang von einem konvexen Gehänge zu einer Wasserscheide, die auf einem Sporn ins Tal absteigt.

Konvexe Gehänge können durch Unterschneiden des Gehänges durch Talgewässer entstehen. Abrisse von Lockermaterial finden oft an konvexen Kanten statt. Meist sind Gehänge-Versteilungen mit Gesteinswechseln verbunden.

An den Kanten konvexer Hänge treten Zugspannungen auf; dadurch kommt es zur Ausbildung von *Zugrissen*, die zu Rutschungen führen können. Diese beschränken sich oft auf Schuttmantel-Bewegungen. Dies gilt auch für Schneedecken; an den Kanten kann es zum Abreißen von Schneebrett-Lawinen kommen.

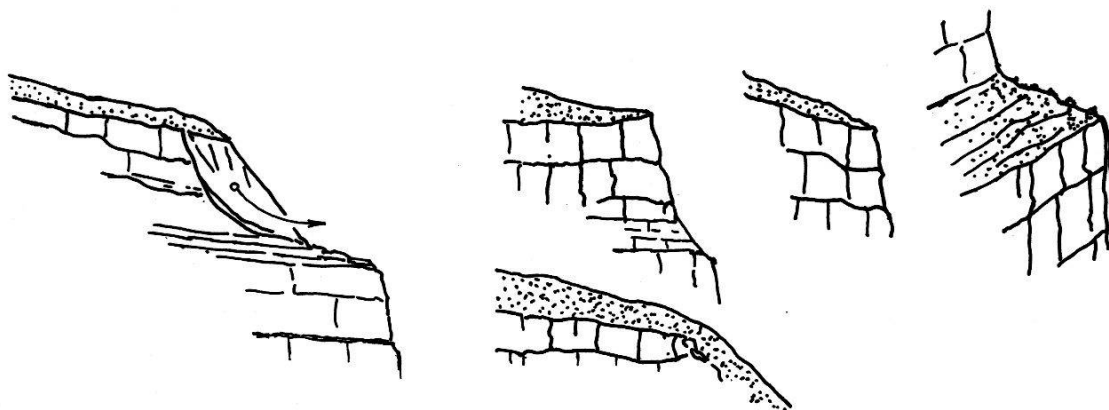


Fig. 44 Typen von konvexen Gehängen

Konkave Gehänge

Bei konkaven Gehängen findet entlang von Falllinien beim Übergang über die Kante eine Neigungsabnahme statt. Dies führt bei Oberflächen-Bewegungen zu einer *Abnahme* der Geschwindigkeit, unter Umständen gar zur Ablagerung von Material.

Bei konkavem Gehänge folgen sich konjugierte Falllinien konsequent. Bei spurparallelen Flächen verlaufen sie in der gleichen Richtung; bei nicht spurparallelen ist die tiefere Falllinie gegen die Kante geknickt. Bei kriechendem oder gleitendem Material bilden sich in der Knickzone *Druckspannungen*. Ist die höhere Fläche ein Wand-Hang, so besteht der flachere Hang meist aus einer Schutthalde mit maximalem Böschungswinkel. Wenn die Kante parallel der Falllinie des flacheren Gehänges verläuft, so werden an der Kante alle konjugierten Falllinien gesammelt. Das Modell steht zwischen dem eines geknickten Gehänges und einer Gehängerinne. Konjugierte Falllinien sind dann konsequent-konvergent. Dies ist der Grenzfall, bei dem ein konkaves Gehänge in eine Rinne übergeht.

Konkave Gehänge entstehen am Gehänge-Fuß, wenn Material abgelagert wird. Auch eine Felswand und die anschließende Schutthalde bilden konkave Gehänge.

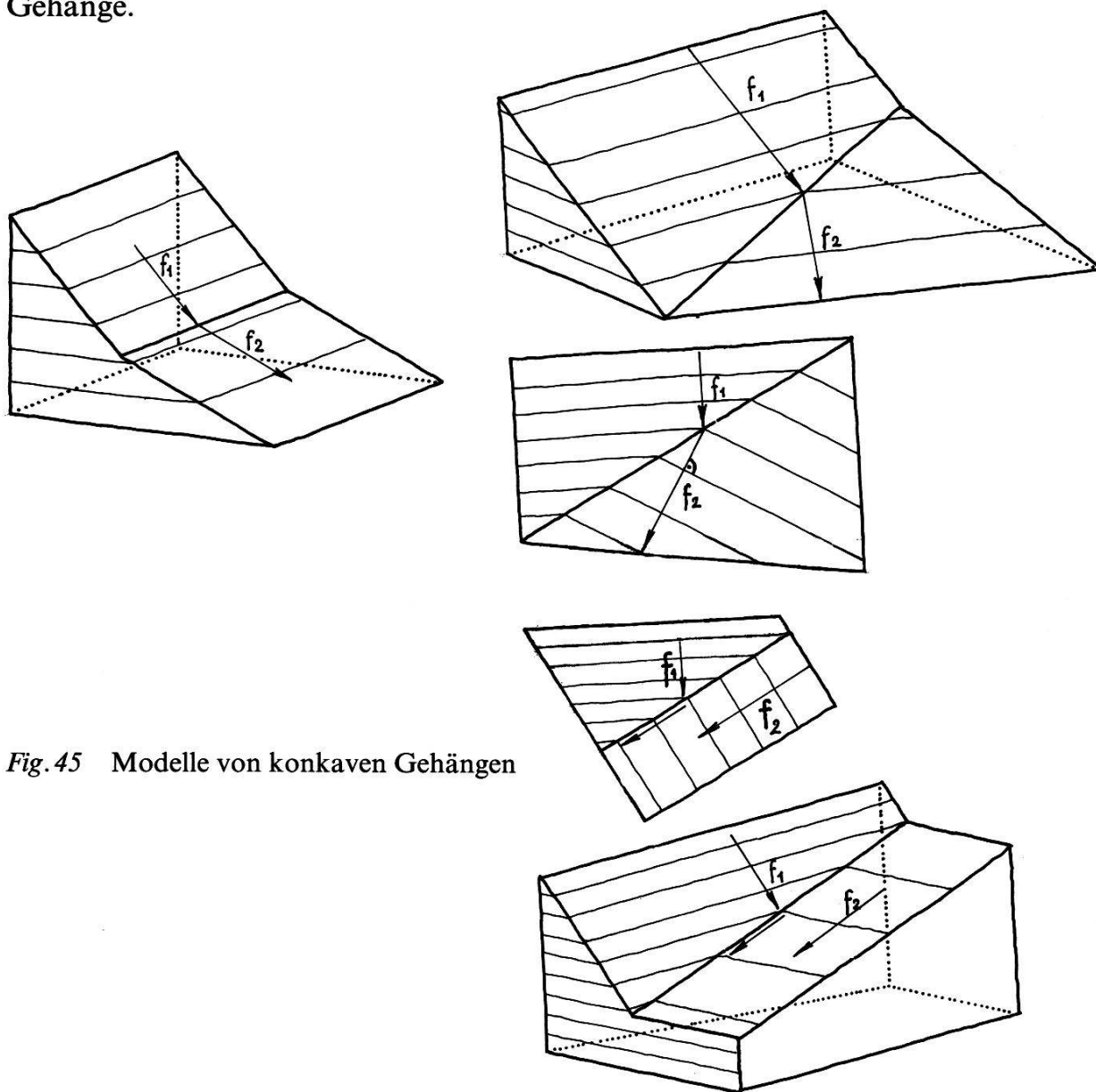


Fig. 45 Modelle von konkaven Gehängen

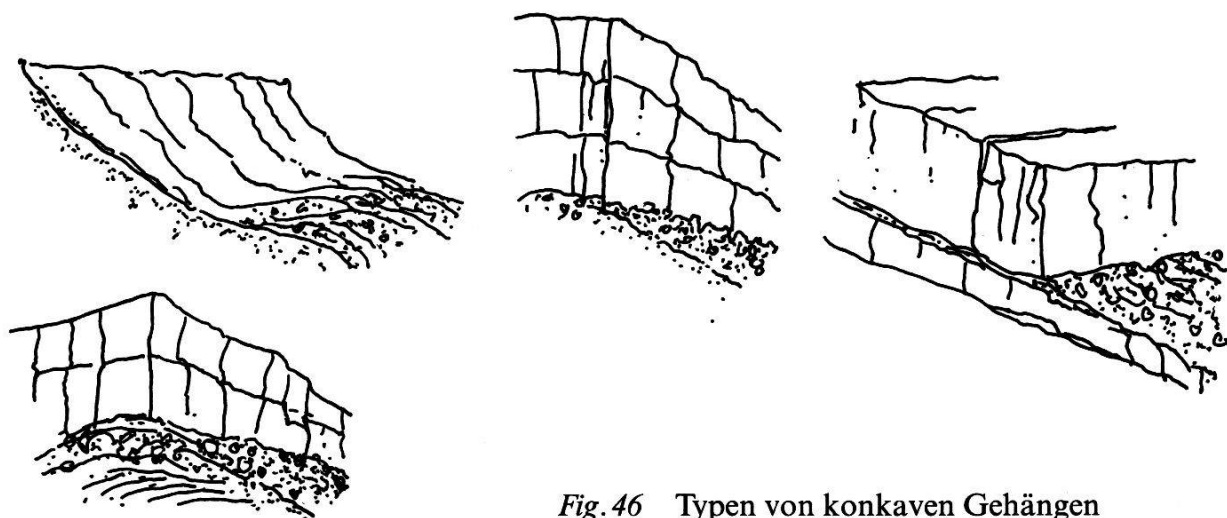


Fig. 46 Typen von konkaven Gehängen

Hangfußformen

Am Hangfuß gelangt Material von einer Wand oder einem Gehänge auf eine Horizontalfläche, wo es abgelagert wird. Die Hangfußebene kann in zwei Arten auftreten: Beim Gehänge laufen die Bewegungen aus der geneigten Fläche unge-

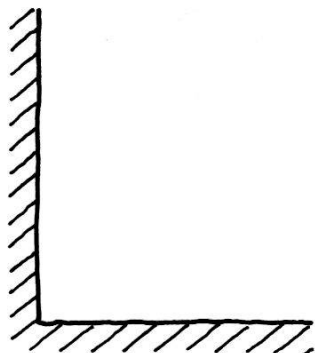


Fig. 47 Schema eines Wand-Fußes

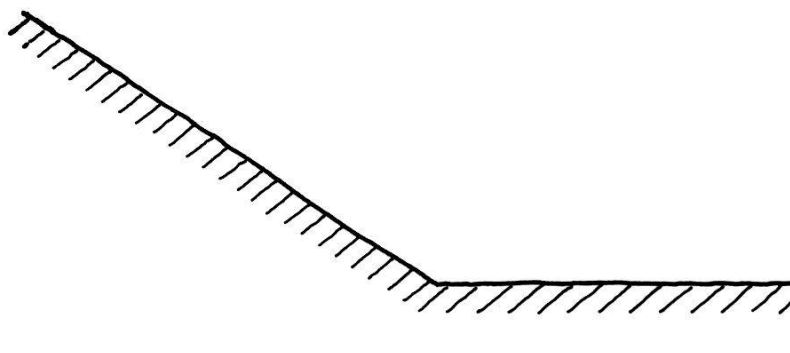


Fig. 48 Schema eines Gehänge-Fußes

hindert auf die horizontale Fußebene aus. Bei der Mündung einer Rinne entsteht am Fuß ein regelmäßiger Schutt- oder Schwemmkegel, je nachdem grober Fallschutt oder Geschiebe mit Feinmaterial abgelagert wird. Beim *gekoppelten Gehänge* gelangt das Material in eine begrenzte Ebene mit einem Gegenhang, so daß sich kein vollständiger Schuttkegel ausbilden kann.

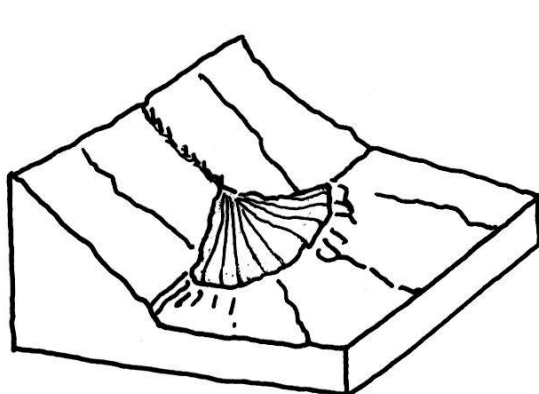


Fig. 49 Schuttfächer-Entwicklung bei freiem Gehänge

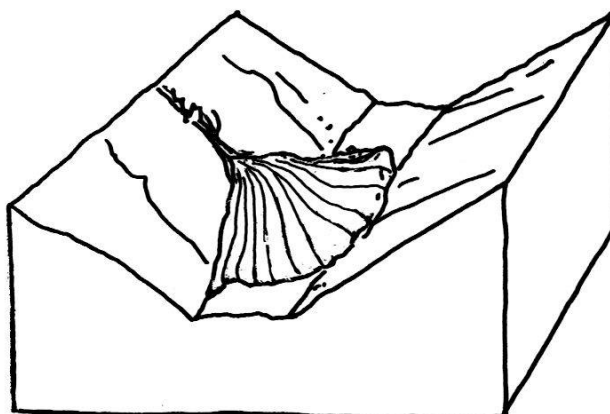


Fig. 50 Schuttfächer-Entwicklung bei gekoppeltem Gehänge

Gelände-Kanten als Form-Elemente

Die Kante als Tiefenlinie einer Hohlform: die Rinne

Bei diesem Modell konvergieren konjugierte Falllinien f_1 und f_2 .



Fig. 51 Schema einer Rinne in Querschnitt und Grundriß