

# Anordnungsmuster von alpinen Tälern und tektonische Spannungen

Von E. GERBER und A. E. SCHEIDEGGER \*

Mit 17 Abbildungen

Schlüsselwörter  
Talanlagen  
Spannungsfeld (tektonisches)  
Salzach  
Erosion

## Inhalt

	Seite
Zusammenfassung . . . . .	166
Summary . . . . .	166
1. Einleitung . . . . .	166
2. Grundmuster von Talanlagen . . . . .	169
2.1. Allgemeine Bemerkungen . . . . .	169
2.2. Die verschiedenen Arten von Tälern . . . . .	169
2.2.1. Die Längstäler . . . . .	169
2.2.2. Die Quertäler . . . . .	169
2.3. Besondere Eigenheiten einzelner Talmuster . . . . .	171
2.3.1. Allgemeines . . . . .	171
2.3.2. Das Stamm- und Gabeltalmuster . . . . .	171
2.3.3. Das Kandelabermuster . . . . .	171
2.3.4. Wasserscheidengabelungen . . . . .	172
2.3.5. Talstrecken parallel zu Firstlinien . . . . .	173
2.3.6. Bogentäler . . . . .	174
3. Das Salzachlängstal und seine südlichen Seitentäler . . . . .	175
3.1. Allgemeine Bemerkungen . . . . .	175
3.2. Die einzelnen Südtäler des Salzachlängstales . . . . .	180
3.3. Das Wagrainertal, die Talung bis zur Enns und das Kleinarltal . . . . .	184
4. Theorie . . . . .	184
4.1. Grundsätzliches . . . . .	184
4.1.1. Endogene und exogene Vorgänge . . . . .	184
4.1.2. Erste Talanlagen . . . . .	185
4.1.3. Das Grundmuster . . . . .	186
4.2. Die speziellen Muster . . . . .	186
4.2.1. Allgemeines . . . . .	186
4.2.2. Das Stamm- und Gabeltalmuster . . . . .	187
4.2.3. Das Kandelabermuster . . . . .	187
4.2.4. Wasserscheidengabelungen . . . . .	187
4.2.5. Paralleltäler . . . . .	187
4.2.6. Bogentäler . . . . .	187

\* Anschrift der Verfasser: Institut für Geophysik Technische Universität Wien, Gußhausstraße 27—29, A-1040 Wien.

## Zusammenfassung

Charakteristische Anordnungsmuster von alpinen Tälern und tektonische Spannungen. Es werden endogene und exogene Prozesse diskutiert, welche zu den Anordnungsmustern der alpinen Täler führen. Es wird gezeigt, daß diese zwei Prozesse nicht getrennt werden können, sondern immer zusammenwirken. Dann werden die Grundtypen der Entwässerung der Täler behandelt, welche am Beispiel des Salzachtales erläutert werden. Schließlich bieten wir eine Theorie über die Entstehung der Täler auf der Grundlage von tektonisch und gravitationell entstandenen Bruchsystemen. Es wird angenommen, daß diese Systeme mit spannungsinduzierten Phänomenen erster Ordnung (erzeugt durch das primäre tektonische Spannungsfeld), zweiter Ordnung (hervorgerufen durch die Wechselwirkung mehrerer Phänomene erster Ordnung) und dritter Ordnung (gravitationsbedingt) korrespondieren. In dieser Weise wird gezeigt, daß die Talmuster den in den Gebirgen beobachteten Strukturmustern völlig analog sind.

## Summary

Characteristic patterns of Alpine valleys and tectonic stresses. A general discussion is presented of endogenic and exogenic processes that lead to the design-patterns of Alpine valleys. It is shown that the two types of processes mentioned cannot truly be separated but that they always act concurrently. Then, the basic types of lay-outs of valleys are enumerated. These lay-outs are illustrated on the example of the Salzach Valley in Austria. Finally, a theory for the origination of the various types of lay-outs in terms of tectonically and gravitationally induced fracture patterns is presented. It is contended that these patterns correspond to features of the first order (conditioned by the primary stress field), of the second order (caused by the interaction of two first-order features) and of the third order (caused by gravity alone). In this fashion it is shown that valley patterns are completely analogous to patterns observed in the structure of mountain ranges.

## 1. Einleitung

Bei der Beurteilung der heutigen Talanlagen geht es um die grundsätzliche Frage, wie die einzelnen Täler entstanden sind und wie sie eingetieft wurden. Jedermann, der schon einen Gebirgsfluß beobachtete und die Schottermassen im Vorfeld sah, wird dem Wassertransport in der Talbildung eine fundamentale Rolle zusprechen. Auf Grund dieser Beobachtungen ist es üblich geworden, von Erosionstälern zu sprechen. Bis vor hundert Jahren stellten sich die Alpenforscher allerdings die großen Täler als Spalten vor, die bei der Gebirgsbildung und Hebung aufrissen und die durch das Wasser nur umgestaltet und durch Aufschüttung in Becken und Erosion in Engstellen und Schwellen ein einheitliches Gefälle erhielten.

Die Spaltentheorie der Täler war zwar anschaulich, aber doch zu primitiv. Gegen sie richteten sich die Angriffe von HEIM (1878), der die plastische, bruchlose Verformung der Gesteine in großer Tiefe — er meinte, daß stellenweise 20—25 km Gestein abgetragen worden sei — betonte und Profile erstellte, die er dort, wo Gestein abgetragen worden war, durch schwungvolle Linien ergänzte.

STAUB (1934) ist weitgehend diesen Vorstellungen gefolgt. Er versuchte, das heutige Flußnetz auf alte Deckenränder, Kettungen, Depressionen im Streichen wie im Falln und gegen das Vorland zu auf auseinanderlaufende Talungen auf den großen Schutkegeln am aufsteigenden Alpenrand zurückzuführen. So hat er (Abb. 1) ein miozänes Entwässerungssystem der Salzach mit Sammelgebiet

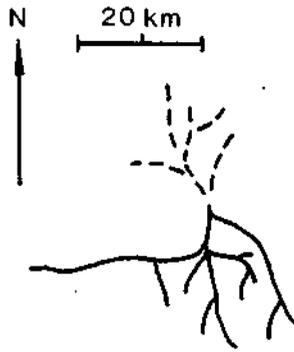


Abb. 1.

Grundlinien der alpinen Entwässerung nach Beginn des Miozäns nach Staub. Ausschnitt: Salzach.  
Gestrichelt: Deltarinnen.

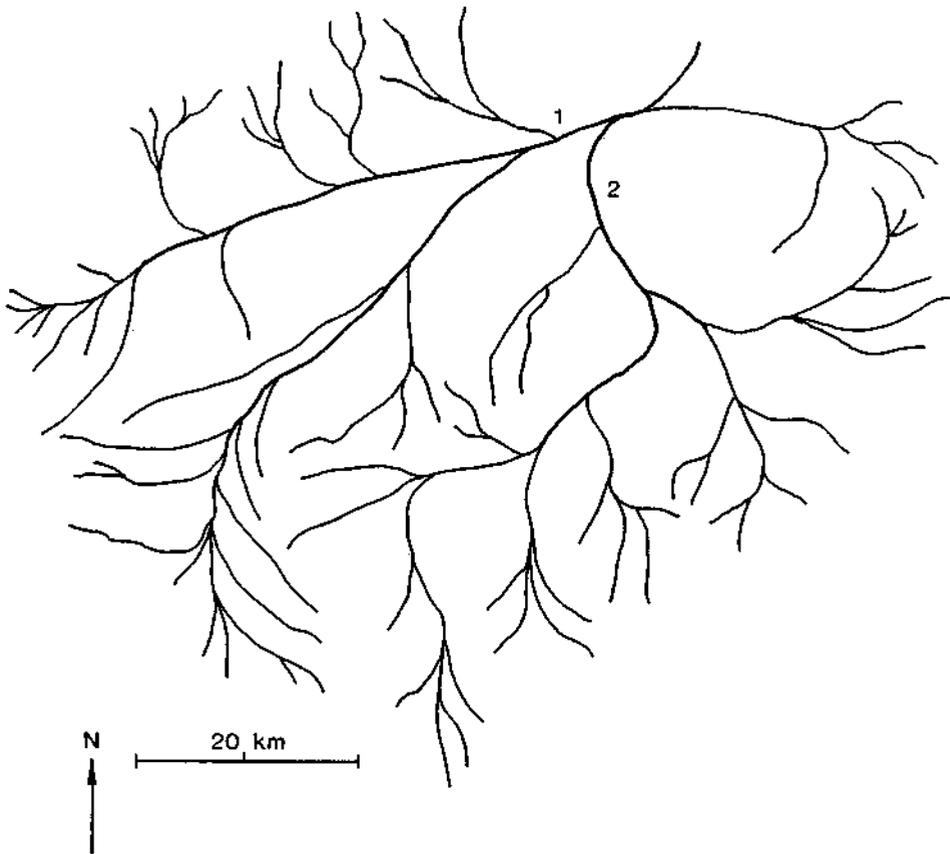


Abb. 2.

Miozänes Hauptstammsystem des Rheins nach Staub. 1 Vorderrhein; 2 Hinterrhein.

und Deltarinnen auf dem Schwemmkegel gezeichnet und für die gleiche Zeit aus dem Rheingebiet (Abb. 2) ein Netz entworfen, bei dem die Flüsse frei geschwungene Linien darstellen und jeder Knick im Talverlauf fehlt, was der Vorstellung entspricht, daß die Anlagen dieser Täler auf stetig gekrümmten Flächen entstanden seien. Das von ihm entworfene Bild entspricht, wenn auch nur zweidimensional, den Verästelungen eines frei wachsenden Baumes, der den Luftraum möglichst gleichmäßig, aber im einzelnen doch ungehindert ausnützt. Solche Flußnetze mit freien Verästelungen können tatsächlich auf ausgedehnten, aber jungen und unverfestigten Aufschüttungsflächen beobachtet werden.

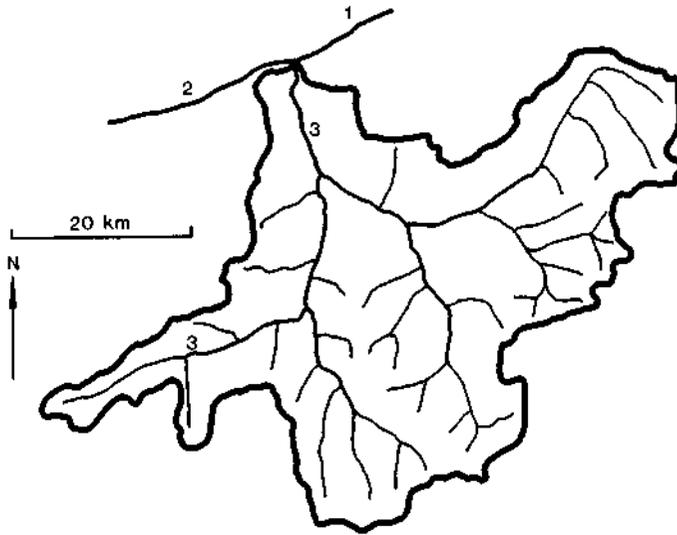


Abb. 3.

Heutiges Talsystem des Hinterrheins mit Kandelabermuster. 1 Rhein; 2 Vorderrhein; 3 Hinterrhein.

Wenn wir aber das Talnetz des Hinterrheins (Abb. 3) mit STAUBS miozäner Anlage vergleichen, so weicht dies in charakteristischer Weise davon ab. Wenn wir wieder ein Bild verwenden wollen, so ist es nicht ein frei wachsender, sondern ein Spalierbaum. Längs- und Quertäler sind viel geradliniger, selten geschwungen, und die Seitentäler münden meist auffallend rechtwinklig. Dieses starre Beibehalten einer Richtung, oft, aber doch nicht immer, unbekümmert um die tektonischen Einheiten, ist schon HEIM (1921) aufgefallen: „Wir staunen über die Unabhängigkeit in der Anordnung von Berg und Tal vom geologischen Bau, und wir erraten, daß die Anlage der Tallinien von der Gestalt der zuerst aus den Wassern emportauchenden festen Oberfläche bedingt wird ... daß aber mit der Höhe der Aufstauung und der damit zunehmenden Tiefe des allgemeinen Abtrages Stufe um Stufe die Unabhängigkeit von Gestalt und innerem Bau sich immer mehr entwickelt und schließlich ein Gebirge entsteht, das reine Erosionsgestalt ohne jeden tektonischen Ausdruck in den Großformen besitzt.“

Dies sind selbstverständlich zutreffende Beobachtungen. Es ist aber ebenso auffallend, daß Talanlagen in großen Abschnitten geradlinig verlaufen und nicht in geschwungenen Linien, sondern unvermittelt die Richtung wechseln, Erscheinungen, die auch Bruchsystemen eigen sind. Wenn nun aber für Talanlagen Bruchsysteme maßgebend sind, so ist dies nicht eine durch die Erosion gegebene „Rücksichtslosigkeit der Talwege im Verhältnis zur Tektonik“ (HEIM, 1921), sondern „rücksichtslos“ sind die Bruchzonen. Dabei ist zu beachten, daß sich selbstverständlich nicht jede Bruchlinie in einer Talbildung äußert. Maßgebend für die Auswahl ist die allgemeine Abdachung der Oberfläche, so daß quer zur Abdachung verlaufende Bruchlinien sich oft nur als Kleintälchen oder sogar nur als Gehängerinnen geltend machen oder sich in der Morphologie nur in Kleinformen äußern. Seit dem Standardwerk von Heim, der „Geologie der Schweiz“, hat sich die Aufmerksamkeit der Geologen vermehrt und intensiv dem Studium der Klüfte und Störungszonen im Gestein und den Spannungen im Gebirge zugewendet. Dies nicht zuletzt auf Grund der Forderung der Praxis, der technischen Geologie (CLAR, 1956).

Zusammenfassend postulieren wir, daß die Talanlagen nicht nur zufällige „Erosionsformen“ sind, die dem Gefälle der „Uroberfläche“ entstammen. Vielmehr waren sie durch Bruchsysteme als Leitlinien vorgezeichnet. Dies äußert sich in den heutigen Talanlagen in mehrfach sich wiederholenden Talsystemgrundmustern.

## **2. Grundmuster von Talanlagen**

### **2.1. Allgemeine Bemerkungen**

Bei der Entwässerung eines Gebirges sind zwei Arten zu unterscheiden, einmal eine direkte Entwässerung durch Quertäler von der Firstlinie zum Gebirgsrand, zum andern eine Entwässerung von Faltegebirgen, bei der der Abfluß in Längstälern gesammelt wird und durch wenige, meist kurze Quertäler oder am Gebirgsende in der Längsrichtung ins Vorland gelangt. Zu dieser Art gehören die Alpen, und die entsprechenden Talmuster sollen nun beschrieben werden.

### **2.2. Die verschiedenen Arten von Tälern**

#### **2.2.1. Die Längstäler**

Das Wasser fließt von der Hauptwasserscheide sowie auch von längsgerichteten Nebenwasserscheiden in weitgestreckte Längstäler, die durch wenige Quertäler oder in den Ostalpen zum Teil direkt ins Vorland führen. Es ist auffallend, durch wie wenige Eingänge man wirklich ins Gebirgsinnere eindringen kann oder sogar bis zur Hauptwasserscheide gelangt. Die inneralpinen Längstäler sind sehr langgestreckt; zu ihnen entwässern sich kürzere oder längere Quertäler.

#### **2.2.2. Die Quertäler**

Die Quertäler entwässern eine Abdachungsfläche zwischen der Hauptwasserscheide oder einer längsgerichteten Nebenwasserscheide und einem Längstal.

Es können ganz allgemein zwei Typen von Tälern unterschieden werden:

Das einfache Tal (Abb. 4), dessen Gehänge bis an die Wasserscheide zu den beidseitigen Nachbartälern hinaufreicht, dessen Einzugsgebiet sich also mit dem Gehänge deckt. Das Gehänge kann dann wohl durch Gehängerinnen gegliedert sein, wird aber nicht durch kleine Seitentäler zerschnitten. Das Einzugsgebiet solcher einfacher Täler hat oft die Form eines kürzeren oder längeren Bandes, das im Mündungsgebiet zugespitzt ist.

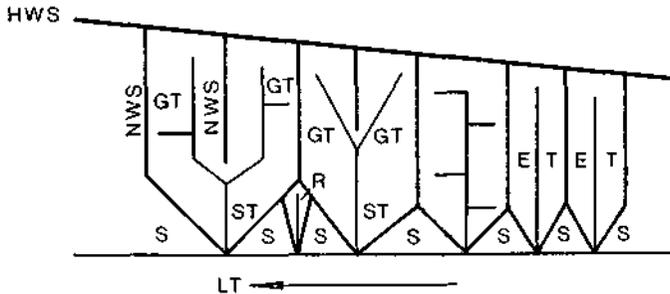


Abb. 4.

Schema der Entwässerung einer Abdachungsfläche zu einem Längstal.

HWS Hauptwasserscheide; NWS Nebenwasserscheide; ET Einfaches Tal; alle anderen sind zusammengesetzt; ST Stammtal; GT Gabeltal; R Restflächental; S Gehängesektoren des Längstales.

Das zusammengesetzte Tal (Abb. 4), dessen Gehänge nicht bis zu den seitlichen Wasserscheiden hinaufreicht, so daß das übrige Einzugsgebiet durch Seitentäler entwässert wird. Zu den zusammengesetzten Tälern gehören vor allem auch die großen Längstäler mit ihren Seitentälern. Durch die Seitentäler wird das Gehänge zerschnitten. Wir nennen die Restflächen des Gehanges Sektoren. Zwischen senkrecht mündenden Seitentälern haben diese Sektoren Dreieckform, es sind Dreiecksektoren (GERBER, 1944).

Zwischen Seitentälern, die an der Hauptwasserscheide beginnen, und die wir Einzugsgebiete 1. Ranges nennen, sind manchmal Flächen vorhanden, die so groß sind, daß sich in ihnen kleinere Seitentäler entwickeln. Wir nennen solche Entwässerungsgebiete Restflächen (Abb. 5), und die Täler, die sich darin entwickeln,

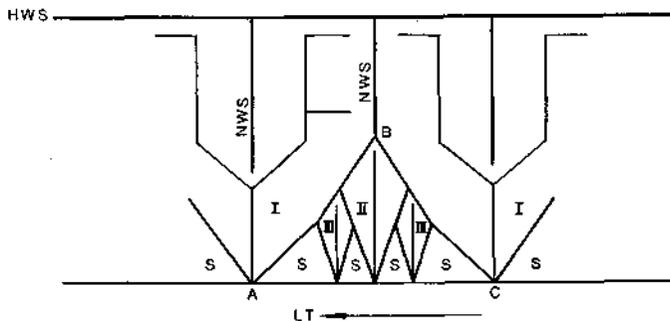


Abb. 5.

Entwässerung von Restflächen.

Legende wie Abb. 4. ABC Restfläche; I, II, III Einzugsgebiete verschiedenen Ranges.

**Restflächentäler.** Bei großen Restflächen kann sich die Aufteilung wiederholen, so daß dann Restflächen 2. und 3. Ranges unterschieden werden können (GERBER, 1944). In dreieckförmigen Restflächen beginnen Restflächentäler 2. Ranges an der Aufspaltung der Nebenwasserscheide zwischen Seitentälern 1. Ranges, Restflächentäler 3. Ranges an der Aufspaltung einer Wasserscheide zwischen einem Seitental 1. Ranges und einem Restflächental 2. Ranges. Zwischen diesen Seitentälern verschiedenen Ranges befinden sich im Mündungsgebiet die Gehängesektoren des Haupttales.

### 2.3. Besondere Eigenheiten einzelner Talmuster

#### 2.3.1. Allgemeines

Bei einem Faltengebirge ist die Ausbildung von Längstätern nichts verwunderliches. Nun zeigen aber die Teilmuster bestimmte Eigenheiten, die beachtenswert sind. So münden die Seitentäler in die großen Längstäler nicht schief gefiedert, sondern meist auffallend rechtwinklig und die Seitentäler von Quertälern wiederum sind auffallend oft senkrecht zu diesen, also als kleine Längstäler, angeordnet (Abb. 6). Zu beachten sind auch immer wieder auffallende Symmetrien, die nun im einzelnen beschrieben werden sollen.

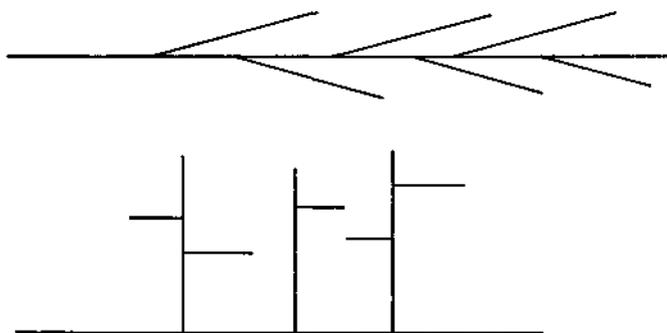


Abb. 6.  
Schief und rechtwinklig mündende Seitentäler.

#### 2.3.2. Das Stamm- und Gabeltalmuster

Ein größeres Tal kann sich in mehrere Gabeln (Abb. 7) aufspalten. Dabei sind zwei Typen zu unterscheiden. Einmal eine einfache Aufspaltung eines Stammtales in zwei entgegengesetzte Gabeln, die diagonal zum Streichen verlaufen, wobei das Stammtal und die Wasserscheide zwischen den Gabeltälern eine Symmetrieachse bilden. Beim zweiten Typ laufen die Gabeln zuerst auseinander, biegen aber dann wieder mit einem Knick in die Stammrichtung um und verlaufen dann parallel. Auch dieser Typ ist symmetrisch gebaut. Natürlich sind im konkreten Fall die beiden Gabeläste nicht immer gleich lang.

#### 2.3.3. Das Kandelabermuster (Abb. 8)

Das Kandelabermuster ist eine Weiterentwicklung des Stamm- und Gabeltalmusters. Es besteht aus einem Stamm, der symmetrisch aufgabelt. In der Knick-

stelle zum Stammparallelen-Verlauf biegen die diagonalen Strecken der Gabeln in die Längstalrichtung um, die nach entgegengesetzten Richtungen auseinanderlaufen, aber in der gleichen Flucht liegen. Zu diesen Längstälern münden normal dazu Quertäler. Besonders gut ausgebildet sind meist die innersten Quertäler. Ein sehr schönes Beispiel eines Kandelabermusters wurde in Abb. 3 vorgeführt.

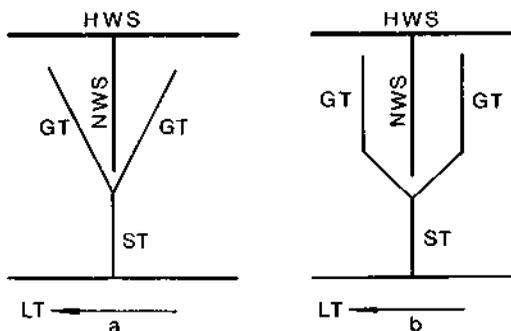


Abb. 7.  
Stammtal mit Gabeltälern.  
a Ohne Umbiegung der Gabeln; b mit Umbiegung.

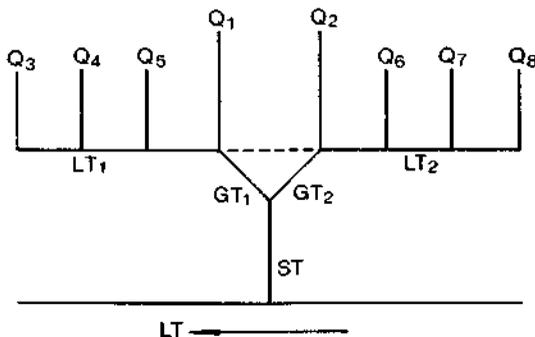


Abb. 8.  
Kandelabermuster.  
ST Stammtal; G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> Gabeltäler mit den Längstalstrecken LT<sub>1</sub>, LT<sub>2</sub>; Q<sub>1</sub> bis Q<sub>8</sub> Quertäler. Q<sub>1</sub> und Q<sub>2</sub> besonders gut ausgebildet. Vergleiche Abb. 3.

### 2.3.4. Wasserscheidengabelungen (Abb. 9)

Das Gegenmuster zur Talgabelung, einer Hohlform, ist die Gabelung einer Wasserscheide, einer Vollform. Wasserscheiden verlaufen meist lange nicht so geradlinig wie die Täler. Sie können ja auch nicht Bruchflächen folgen, aber doch in gewissen Fällen zwischen Bruchflächen liegen. Zwischen tiefeingeschnittenen Tälern verlaufen die Wasserscheiden meist auf Gratlinien. Wir können dann statt von Wasserscheidengabelungen von Gratgabelungen sprechen. Fast immer sind Punkte im Gratverlauf, von denen drei Grate auseinanderlaufen, Gipfel-punkte.

Bei den Gratgabelungen sind zwei Typen zu unterscheiden. Im ersten Fall gabelt die Wasserscheide in gleichwertige Zweige auf, zwischen denen ein Tal

liegt, das selbständig dem Haupttal zustrebt. Diese Form wurde als Restflächental schon besprochen. Die Aufgabelung kann aber auch einseitig erfolgen, so, daß der eine Ast als Wasserscheide bis zum Haupttal weiterläuft, der andere Ast aber im Gehänge endet. Das Tälchen, das in der Gratgabelung beginnt, bildet mit dem Tal, in das es mündet, oft nicht einen schiefen Winkel, sondern läuft zunächst dem Tal parallel und mündet dann nach einer scharfen Biegung senkrecht.

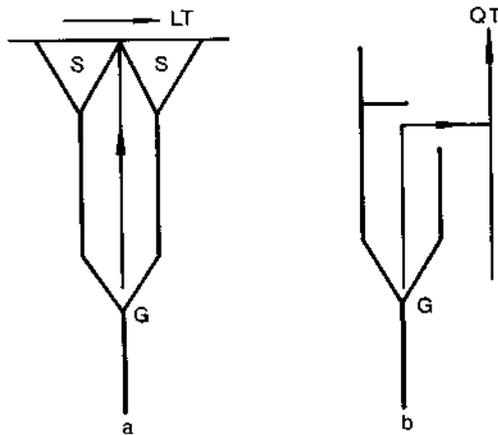


Abb 9.  
Wasserscheidegabelungen.

a Aufgabelung und Bildung eines selbständigen Tales (vgl. Abb. 16); G Gipfel im Gratverlauf;  
b Aufgabelung und Mündung in ein Seitental (vgl. Abb. 17).

### 2.3.5. Talstrecken parallel zu Firstlinien (Abb. 10)

Als Nächstes betrachten wir wasserscheidenparallele Talstrecken. Es steht zu erwarten, daß die Entwässerung von einer Firstlinie senkrecht zu dieser erfolgt, die Täler also von einer Hauptwasserscheide in kürzester Linie zum Haupttal laufen. Nun kann aber recht häufig beobachtet werden, daß gerade entlang von Firstlinien Talstrecken verlaufen, unter der Hauptwasserscheide also Längstäler angeordnet sind, die dann in Quertäler umbiegen. Wir haben auch gezeigt, daß Tälchen, die in einer Gratgabelung beginnen, zunächst der Wasserscheide des Tales, in das sie als Seitentälchen münden, entlang laufen.

Unter der Hauptwasserscheide lassen sich oft ganze Längstalfluchten vom Ursprung des einen Quertales über Einsattelungen zu den benachbarten verfolgen. Es können drei Anordnungsmuster unterschieden werden:

- Die Längstalstrecke oder Längstalflucht ist nur auf einer Seite der Hauptwasserscheide ausgebildet.
- Die Längstalflucht wechselt über die Hauptwasserscheide, welche geknickt verläuft.
- Es sind beidseits der Hauptwasserscheide Längstalstrecken ausgebildet.

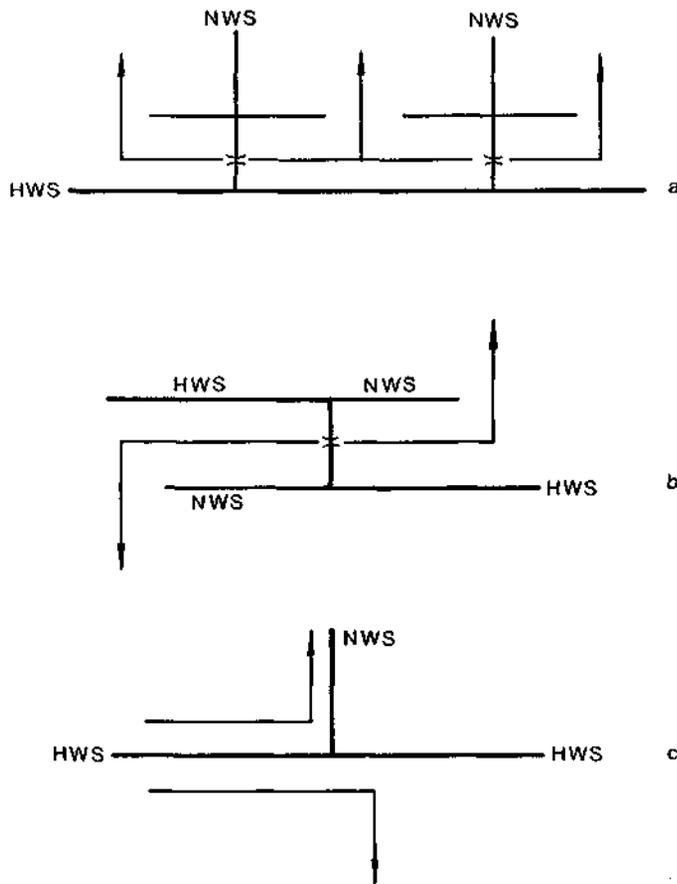


Abb. 10.

Talstrecken parallel zu Wasserscheiden.

a Die Paralleltalstrecken sind nur auf einer Seite der HWS ausgebildet; b Die HWS bildet einen Knick, die Paralleltäler wechseln die Seite zur HWS; c Paralleltäler beidseits der HWS.

### 2.3.6. Bogentäler (Abb. 11)

Bis hierher wurden vor allem Talmuster erwähnt, die durch ihre Geradlinigkeit auffallen. Diese wurde in Beziehung zu geradlinig verlaufenden Bruchsystemen gebracht. Nun können aber Talanordnungsmuster nicht übersehen werden, in denen kreisbogenförmig verlaufende Talstrecken ausgebildet sind. Diese können so angeordnet sein, daß sie einen zentralen Berg nahezu kreisförmig umgeben. Bogenformen als Hohl- wie als Vollformen gehören zu den statisch günstigen Formen. Die unzähligen kreisbogenförmigen Kare sind nicht die Folge kreisbogenschaffender Glazialerosion. Vielmehr erweist sich der Kreisbogen gegenüber Vorsprüngen und Ecken als statisch besonders günstig. Bei der Verwitterung und Erosion erfolgt eine Selektion nach der statisch günstigsten Form (GERBER, 1969). Diese ist erreicht, wenn Querschnitte senkrecht zur Oberfläche

nur durch Druckspannungen beansprucht werden. Glazialerosion begünstigt die Selektion zur Bogenform, sie schafft sie nicht.

Da nun aber mit Kreisformen eine Fläche nicht restlos überdeckt werden kann, verlaufen Wasserscheiden nur stellenweise bogenförmig, umgeben vielmehr kreisbogenförmige Hohlformen polygonal.

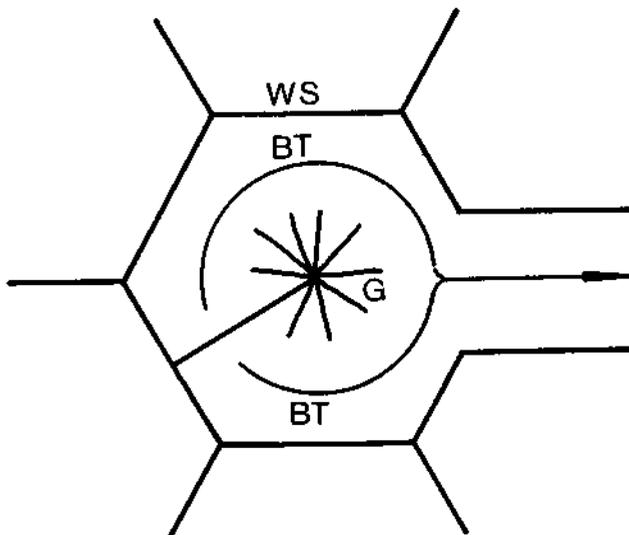


Abb. 11.  
Bogentäler:

BT Bogentäler; WS polygonale Wasserscheide; G Gipfel in der Mitte der Bogentäler.

Auch Vollformen einzeln aufragender Erhöhungen oder Vorwölbungen zeigen oft Rund- und Bogenformen als Resultat der Selektion nach der günstigsten Form. Dies gilt besonders, wenn spannungsfreies Material vorliegt und die Form durch „reine“ Verwitterung entsteht, im Kleinen, z. B. bei den sogenannten Erdpyramiden, die ja eigentlich Erdkegel sind. Da aber die Verwitterung meist Bruchsystemen folgt und Bruchflächen freilegt und die Erosion, die bei der Gestaltung meist ja auch mitwirkt, Hohlformen schafft, widerstreben sich verschiedene Formungsprinzipien, so daß Berggipfel meist Kanten besitzen. Bei den Bogentälern ist auffallend, daß sie sich im Talursprung unmittelbar an der Hauptwasserscheide befinden. Ist nun bei ihrer Entstehung an das Selektionsprinzip zu denken oder ist auch hier eine spannungsinduzierte Entstehung wahrscheinlich? Im zweiten Fall könnte eine örtliche Bombierung bei der Hebung des Gebirges angenommen werden.

### 3. Das Salzachlängstal und seine südlichen Seitentäler

#### 3.1. Allgemeine Bemerkungen

An konkreten Beispielen des Salzachlängstales und seiner südlichen Seitentäler sollen nun die dargelegten Muster aufgezeigt werden (Abb. 12).

Salzach und Enns bilden eine Längstalfucht von 200 km. Zwar mündet die Enns nicht in die Salzach. Trotzdem bilden die beiden zusammen doch ein Kandelabermuster. Stammtal ist das Salzachtal von Salzburg bis Bischofshofen, das hier in die Gabeltäler der Salzach und des Fritzbaches symmetrisch aufspaltet. Die Talung des Fritzbaches hat mit dem Ennslängstal eine breite Verbindung über eine wenig hohe Talwasserscheide. Zudem existiert eine Talung von St. Johann i. Pongau nach Radstadt. Dort, wo die Gabeltäler in die Längstäler übergehen, münden südliche Seitentäler, in die Salzach das Große Arltal, ins Ennslängstal der Oberlauf der Enns.

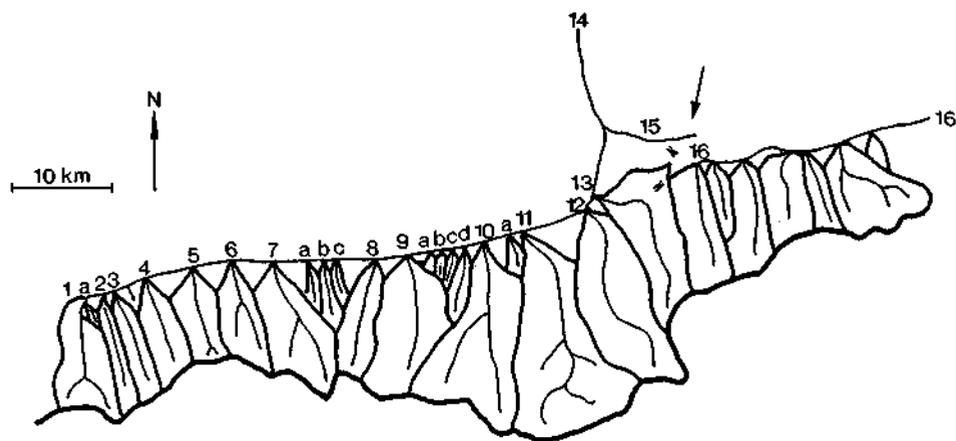


Abb. 12.

Das Salzach-Längstal und seine südlichen Seitentäler.

1. Krimmler Achental; 1 a Krimmler Rinderkar; 2. Obersulzbach-Tal; 3. Untersulzbach-Tal;
4. Habachtal; 5. Hollertal; 6. Felbertal; 7. Stubach-Tal; 7 a—c: Aisdorferbach, Mühlbach, Dietersbach;
8. Kaprunthal; 9. Fuschertal; 9 a: Bruchbach, Kandlhofgraben, Scheidenmoosgraben, Wolfbach-Tal; 10. Rauristal; 10 a. Tauferbach; 11. Gasteiner Tal; 12. Großarlbach-Tal;
13. Wagreiner Tal mit Talwasserscheide zur Enns und Kleinarltal; 14. Salzachquertal;
15. Fritzbachtal und Talwasserscheide ins Ennstal; 16. Enns.

Vom Beginn des Salzachlängstales bei Krimml bis zum Ennstal münden in die Längstalfurche alle Südtäler mit auffallender Regelmäßigkeit senkrecht. Davon machen, was besonders bemerkenswert ist, die jeweils ersten Südtäler, bei der Salzach das Krimmltal, bei der Enns das Ennsquerthal, keine Ausnahme. Durch diese Talmündungen ist das Salzachsüdgehänge in regelmäßige Dreieckssektoren zerschnitten worden. Im weiteren Verlauf des Ennstales sind verschiedene Südtäler in der Anlage und im Mündungsgebiet komplizierter als die des Salzachlängstales. Darauf sei hier nur hingewiesen.

Wir beschränken uns nun auf das Salzachtal. Folgen wir der Hauptwasserscheide, welche die Nordabdachung von der Abdachung zum Mittelmeer und hauptsächlich zur Drau trennt, so verläuft diese im großen parallel zur Längstalfucht, wenn auch nicht so geradlinig wie das Längstal. Vielmehr bildet sie eine gebrochene Linie, die von der allgemeinen Westostrichtung meist unvermittelt nach Süden oder nach Norden ausbiegt. Die größte Breite von ca. 30 km erreicht

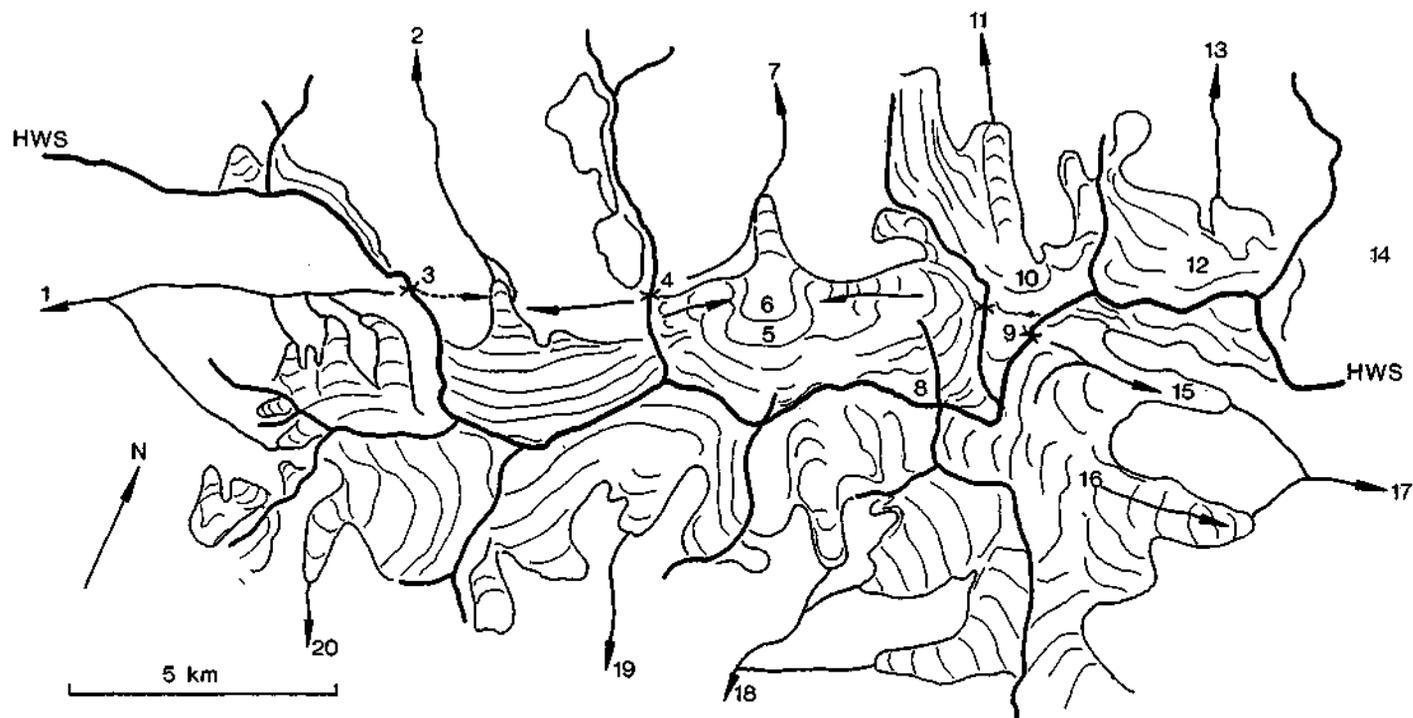


Abb. 13.

Hohe Tauern mit Großvenediger. Hauptwasserscheide und Ahrntalrichtung.

1. Ahrnbach; 2. Krimmler Ache; 3. Birnlücke; 4. Krimmler Törl; 5. Obersulzbach-Kees; 6. Türkische Zeltstadt; 7. Obersulzbach; 8. Großvenediger, 3674 m; 9. Untersulzbachtörl; 10. Untersulzbach-Kees; 11. Untersulzbach; 12. Habach-Kees; 13. Habach; 14. Hollertal; 15. Viltragen-Kees; 16. Schlatten-Kees; 17. Tauernbach (Isel-Drau); 18. Dorferbach (Isel); 19. Maurer Bach (Isel); 20. Isel; 1-3-4-9-15 Ahrnbachrichtung.

das südliche Einzugsgebiet der Salzach im Ankogelgebiet am Ostende der Hohen Tauern. Dann weicht die Wasserscheide in zwei Absätzen nach Norden aus und verläuft weiter ostwärts auf den Niedern Tauern. Achten wir entlang der Hauptwasserscheide der Salzach auf wasserscheidenparallele Talstücke, so läuft im Westen auf der Südseite das Ahrntal der Wasserscheide parallel. (Es gehört zum Etschtalsystem, das ein auffallendes Kandelabermuster bildet. Das Stammatal spaltet in Bozen in zwei Gabeln, die in die Längstäler des Vintschgaus und des Pustertales übergehen.) Das Ahrntal (Abb. 13) endet in der Mitte der östlichen Gabel des Krimmltals. Die Hauptwasserscheide biegt hier nach Süden aus und läuft der Seite des einen Gabeltales entlang. Über dieses 5 km lange Querstück der Wasserscheide setzt sich die Ahrntalrichtung fort. Von der Birnlücke zieht eine Rinne ins hintere Krimmltal und steigt im Gegenhang zum Krimmler Törl an. Über diese Lücke setzt sich die Richtung im nächsten Tal im Obersulzbach-Kees fort. Dieser Gletscher besteht aus zwei Ästen, die von Westen und Osten gegeneinander laufen und sich in der „Türkischen Zeltstadt“, einer Seracpartie, vereinigen und in die Talrichtung umbiegen.

Vom Großvenediger weicht die Hauptwasserscheide um ca. 3,5 km nach Norden aus und damit tritt die wasserscheidenparallele Talung wieder auf die Südseite über, zunächst als Viltragen-Kees, dann als breites Tal mit dem Glöß-Bach.

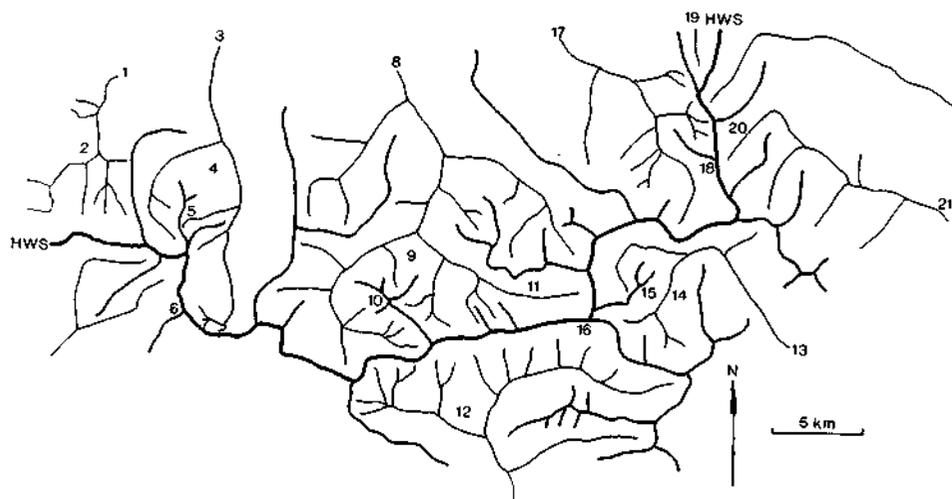


Abb. 14.

Tal- und Wasserscheideverlauf zwischen Sonnblick und Ankogel.

1 Seidlwinklache (Rauristal) mit 2 Kandelabermuster. 3 Hürtwinkeltal (Rauristal) mit 4 Rundbogental und umkreistem Gipfel: 5 Ritterkopf, 6 Sonnblick mit 7 Vogelmaier Ochsenkar-Kees, bogenförmig entlang der HWS. 8 Gasteiner Ache. 9 Rundbogentalung um 10 Kreuzkogel. 11 Wasserscheideparalleler Anlaufbach. 12 Kandelabermuster bei Mallnitz. 13 Malta. 14 Rundbogentalung um 15 Schwarzhorn. 16 Ankogel. 17 Großarlbad. 18 Grataufspaltung mit Talursprung des 19 Kleinarlbaches. 20 Mur. Vorherrschen von nach NE gerichteten Oberläufen. 21 Mur in charakteristischer SE-Richtung.

Im Großglocknergebiet, dessen Hauptgipfel südlich der Hauptwasserscheide liegt, macht die Hauptwasserscheide eine Ausbuchtung nach Südosten, eine Richtung, die in den Tälern zur Drau vorherrschend wird. Dieser folgt der Pasterzengletscher und die daran anschließende Talung bis Heiligenblut. Direkt unter der Hauptwasserscheide verläuft auf der Südseite in Ostwestrichtung der Oberlauf des Fleißbaches.

Dann biegt die Hauptwasserscheide ein letztes Mal stark nach Süden aus, womit das Einzugsgebiet der Salzach mit dem Gasteiner Tal seine größte Breite erreicht.

Hier folgen nun wieder auf der Nordseite Paralleltäler (Abb. 14) der Hauptwasserscheide, so der Oberlauf der Naßfelderache mit dem Weißenbach und der Oberlauf des Anlaufbaches, die sich südlich Badgastein vereinigen. Hier sind aber auch die beiden Taläste ob Mallnitz auf der Südseite wasserscheideparallel. Die beiden bilden ein Kandelabermuster.

Der Ankogel bildet dann den Eckgipfel, von dem aus die Hauptwasserscheide um 4,5 km nach Norden ausweicht. In dem nach Süden offenen Bogen der Wasserscheide ist ein Bogental ausgebildet, das am Kleinellend-Kees beginnt, ein Halbrund beschreibt und dann in die Malta mündet. Es ist dies wohl eines der schönsten Beispiele einer fast geschlossenen Talrundform, in deren Mitte ein Berg aufragt. Wir haben als Vergleich die Rundtalung unter der Ostwand der Monte Rosa beigefügt (Abb. 15). Es folgt in der Wasserscheide eine letzte Ausbuchtung

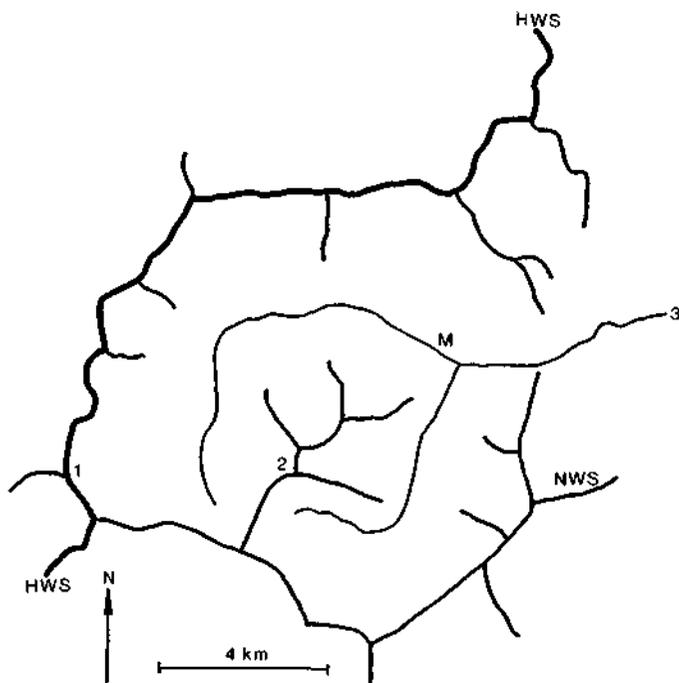


Abb. 15.

Rundtal unter der Ostwand der Monte Rosa (Walliser Alpen, Schweiz/Italien).

1. Dufourspitze der Monte Rosa, 4634 m; 2. Piz Bianco, 3215 m; 3. T. Anzo; M. Macugnaga.

nach Süden, die bis zum Weinschnabel reicht. Dann weicht die Hauptwasserscheide um 13 km nach Norden aus. Mit diesem Knick in der Hauptwasserscheide endet das Einzugsgebiet der Salzach und beginnt dasjenige der Enns.

### 3.2. Die einzelnen Südtäler des Salzachlängstales

Von den 21 Südtälern reichen 12 bis an die Hauptwasserscheide, 9 entwässern dazwischenliegende Restflächen. Durch diese 21 Seitentäler wird das Gehänge des Salzachtales in 19 Sektoren von meist auffälliger Dreieckform zerschnitten.

1. Das Krimmler Achental besteht aus einem Stammtal, das sich in zwei Äste gabelt, wovon der östliche länger ist. Ins Stammtal münden von Westen kleine Seitentäler, während im Osthang nur Gehängerrinnen ausgebildet sind. In der Stufenmündung zum breiten Längstalboden befinden sich die berühmten Wasserfälle.

1 a. Das Krimmler Rinderkar. In der Restfläche zwischen dem Krimmler Achental und dem Obersulzbach-Tal liegt das Krimmler Rinderkar (Abb. 16). Es ist ein schmales, einfaches Tal von nur 1 km Breite und 4.5 km Länge, beginnt in einer Gratgabelung und verläuft zwischen parallelen Graten bis zur Mündung auffallend geradlinig.

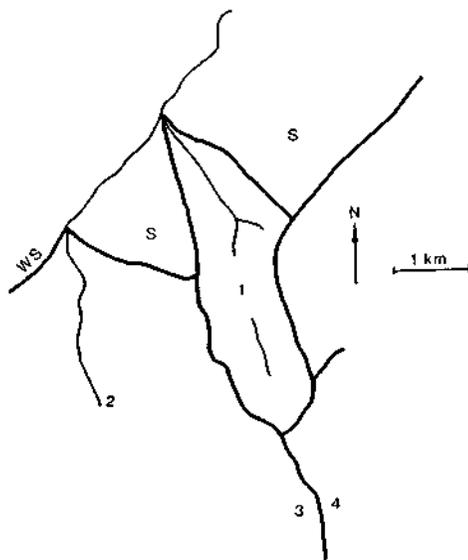


Abb. 16.

Krimmler Rinderkar als Beispiel einer Grataufspaltung.

1. Krimmler Rinderkar; 2. Krimmler Ache; 3. Krimmler Ache-Tal; 4. Obersulzbachtal.

2. Das Ober-Sulzbach-Tal ist ein zusammengesetztes Tal von der gleichen Asymmetrie wie das Krimml-Achental, da nur auf der Westseite kleine Seitentälchen münden, die alle in Gratgabelungen beginnen, der Wasserscheide parallel laufen und dann senkrecht ins Quertal münden.

Das Untersulzbachtal ist wie die vorhergehenden asymmetrisch. Wie bei diesen ist der nach Nordosten gerichtete Hang weit mehr vergletschert als der Osthang, der nach Südwesten blickt. Ein einziges Seitentälchen zerschneidet den Westhang.

3. Das Untersulzbachtal mündet in einer Entfernung von nur ca. 1 km vom Obersulzbachtal. Zwischen den beiden blieb vom Haupttalgehänge nur ein sehr schmaler und steil aufstrebender Dreiecksektor stehen.

4. Das Habachtal ist ebenso asymmetrisch. Die Westseite ist durch Kleintälchen von karartigem Charakter zerschnitten, während auf der Ostseite nur Gehängerinnen ausgebildet sind.

5. Das Hollertal ist weiterhin asymmetrisch. Ein größeres Seitental mündet von Westen ins Stammtal. Die Gabelung erfolgt erst im Talursprung, wovon wie im Krimmler Achental und im folgenden Felbertal der östliche Talast länger ist. Die Achse des Hollertales findet auf der Nordseite des Salzachtales ihre Fortsetzung in der Talung, die über den Paß Thurn nach Kitzbühel führt.

6. Das Felbertal gabelt schon nach dem ersten Drittel in zwei Äste auf, die sich in der Länge wie 3 zu 4 verhalten. Ins längere östliche mündet von Westen ein Seitentälchen das an einer Grataufspaltung beginnt.

Schon in Arbeiten über die Scheelitlager wurde darauf hingewiesen, daß die Talrichtung durch Bruchsysteme bestimmt sei. Das bestätigten auch die Kluftmessungen, über die CARNIEL et al. (1975) berichtet haben.

7. Das Stubachtal ist weiterhin asymmetrisch: Auch hier gabelt das Stammtal in zwei Äste auf, wovon das östliche bedeutender und länger ist. Die Hauptwasserscheide weicht nach Süden aus und läuft dem Westrand der östlichen Gabel entlang. Ins Stammtal mündet von der Westseite ein Tälchen, das an einer Grataufspaltung beginnt und zunächst der Wasserscheide entlang läuft.

7a — c. Aisdorferbach, Mühlbach und Dietersbach. Nach dem Stubachtal ist das Kapruntal das nächste, welches bis zur Hauptwasserscheide zurückreicht. Ihre Talachsen laufen gegen das Haupttal etwas auseinander. So ergab sich zwischen ihnen eine größere Restfläche. Diese wird durch drei Kleintälchen entwässert, die alle zum Typus der einfachen Täler gehören. Das mittlere der drei, das Mühlbachtal, beginnt in der Gabelung der Wasserscheide der beiden Einzugsgebiete 1. Ranges, ist also ein Einzugsgebiet 2. Ranges. Die beiden andern, die des Aisdorferbaches und des Dietersbaches, liegen westlich und östlich davon, beginnen ebenso in Grataufspaltungen und sind Einzugsgebiete 3. Ranges.

8. Das Kapruntal ist relativ schmal und langgestreckt und grenzt nur auf 3,5 km an die Hauptwasserscheide. Es gabelt auch nicht auf. Die Asymmetrie besteht auch hier darin, daß es auf der Westseite mehr Seitentälchen hat als auf der Ostseite, so dasjenige mit dem Schmidinger-Kees, der in einer wasserscheidenparallelen Talstrecke liegt. Der Ausgang des Kapruner Tales ist haupttalabwärts gerichtet und zielt auf die auffallend breite Lücke des Zellersees hin.

9. Das Fuschertal ist das letzte, welches auf den breit aufgeschütteten Talboden der Salzach mündet, der sich in der großen Talfurche von Zell am See fortsetzt. Doch weder das Kapruner noch das Fuschertal setzt sich geradlinig in dieser Talfurche fort. Vielmehr blickt man von Zell am See auf den Dreiecksektor zwischen den beiden Tälern. Nach der Mündung des Fuschertales schnei-

det sich die Salzach ein. Die Dörfer liegen nicht mehr im Talgrund, sondern auf Terrassen. Erst dort, wo die Salzach ins Quertal umbiegt, ist wieder ein breiter Talboden ausgebildet.

Mit dem Fuscher Tal hört die immer wieder betonte Asymmetrie in Bezug auf die Seitentälchen auf. Von beiden Seiten münden kleine Tälchen, zwei etwas größere von der Ostseite, wobei beim Sulzbachtal der Oberlauf der Wasserscheide parallel läuft und beim Weixelbachtälchen das fast kreisrunde Einzugsgebiet unter dem Schwarzkopf zu beachten ist. Auch auf der Westseite folgt das in Fusch mündende Hirzbachtal (Abb. 17) der Wasserscheide.

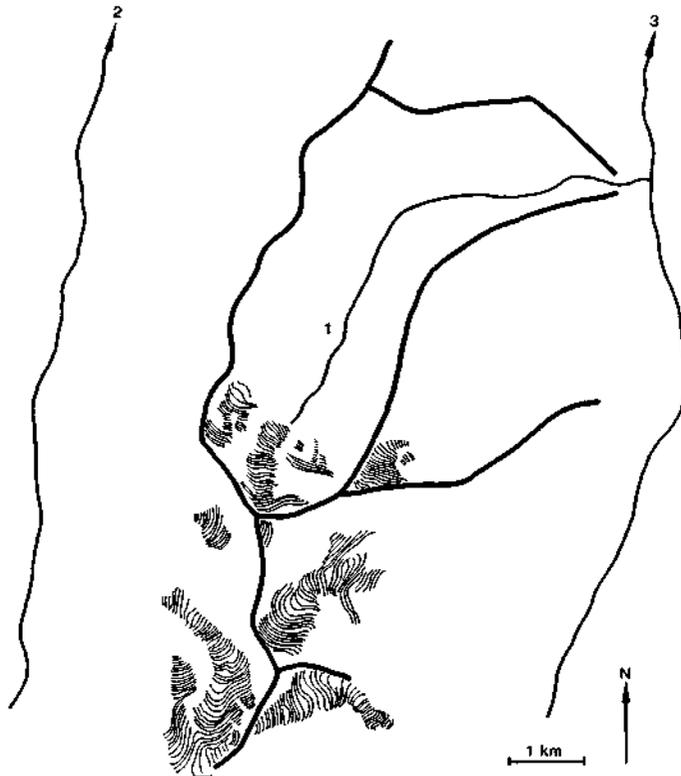


Abb. 17.  
Das Hirzbachtal im Fuschertal.  
1. Hirzbachtal; 2. Kapruner Ache; 3. Fuscher Ache.

9 a — d. Bruchbach, Kandlhofgraben, Scheidmoosgraben und Wolfbachtal. Zwischen dem Fuscher und dem Rauris-Tal befindet sich eine Restfläche, dessen längerer Schenkel die Wasserscheide zum Fuschertal trägt. Diese verläuft zuerst südsüdöstlich, biegt dann gegen Ostüdost um und hat dann südliche Richtung. Diesem Verlauf entsprechend nimmt die Länge der Kleintälchen, die an der Ostüdoststrecke an Gratgabelungen beginnen, nur wenig zu. Sie können als Einzugsgebiete 5., 4. und 3. Ranges bezeichnet werden. Es sind

schmale, einfache Tälchen, wovon das längste 5 km mißt. Entlang der nach Süden abbiegenden Wasserscheide wird das Wolfbach-Tal um 4,5 km länger. Es beginnt in einer symmetrisch aufgabelnden Wasserscheide. Es kann als ein geradliniges, einfaches Tal 2. Ranges eingeordnet werden.

10. Das Rauristal. Im Einzugsgebiet des Rauris- und Gasteinertales erreicht die Abdachungsfläche von der Hauptwasserscheide zur Salzach ihre größte Breite. Im Rauristal sind es 28 km, im Gasteiner Tal über 29 km. Das Rauristal verläuft in einem leicht nach Osten gerichteten Bogen bis zur Gabelung. Zu diesem Stammtal münden von der Ostseite das Geißbach- und Vorsterbachtal, die beide an Grataufspaltungen beginnen und der Wasserscheide parallel laufen und die in kurzen Längstalstücken in die Rauriser Ache münden. Dann, nach dem ersten Drittel, gabelt sich das Stammtal, wobei der östliche Talast wie bei allen schon besprochenen Tälern, der längere ist, denn auch hier schwenkt die Hauptwasserscheide nach Süden aus und bildet dessen westliche Wasserscheide. Von der Westseite mündet in diesen Talast (Abb. 14) der Krumbach, der bis in sein Quellgebiet nahezu einen Halbkreis beschreibt. Mit dem Ritterkarbach und der Hüttwinkelache ergibt sich eine Rundtalung, welche den Ritterkopf umschließt (Abb. 14).

Im Talursprung beschreibt vom Sonnblick her der Vogelmaier Ochsenkar-Kees entlang der gerundeten Hauptwasserscheide einen Halbkreis.

10 a. Der Tauferbach. Auch zwischen dem Rauris und dem Gasteiner Tal ist eine dreieckförmige Restfläche vorhanden, in der sich das kleine Tälchen des Taufenbaches ausbilden konnte, das in einer Gratgabelung beginnt.

11. Das Gasteiner Tal. Zwischen der Mündung des Rauris und des Gasteiner Tales beschreibt das Salzachtal einen nach Norden gerichteten Bogen, während ein Terrassenband die Sehne dieses Bogens bildet. Die Gasteiner Ache hat zur heutigen Salzach eine tiefe Klamm eingeschnitten, die auf eine Strecke von ca. 1 km haupttalaufrwärts gerichtet ist. Die ganze Mündungsschlucht ist fast 5 km lang. Dann aber folgt ein breit aufgeschüttetes Stammtal, das geknickt verläuft und talaufrwärts gesehen zuerst südöstliche, dann südliche und von Markt Hofgastein wieder südöstliche Richtung hat. In dieses Stammtal münden von Westen und Osten Seitentälchen, wobei besonders wasserscheidenparallele Talstücke zu beachten sind, so von Westen beim Bernkogelbach wie beim Luggernbach.

Unterhalb Badgastein gabelt sich das Tal. Das Kötschenbachtal verläuft in südöstlicher, der Talast mit Badgastein in südwestlicher Richtung. Dieser verzweigt sich bei Böckstein ein zweites Mal. Der eine Talast mit der Anlaufache zweigt nach Südosten ab, der Talast mit der Naßfelder Ache verläuft mit leichtem Bogen in südwestlicher Richtung und biegt dann im Oberlauf in einem Bogen in die Südostrichtung um.

Die Südostrichtung, welche von drei Talungen eingenommen wird, entspricht in auffallender Weise derjenigen der Quelltäler der Mur, aber auch der markant geradlinig angelegten Talung der Möll-Drau. Dieses Talrichtungsmuster der Südabdachung reicht offensichtlich über die Hauptwasserscheide auf die Nordabdachung hinüber (Abb. 14).

Auch im Quellgebiet des Gasteinertales ist eine Rundtalung ausgebildet. Die Naßfelder Ache und ihr oberstes Quellgebiet mit dem Weißenbach umgreifen mit dem Anlaufbach und dessen von Süden bei Anlaufthal mündenden Zufluß den Gebirgsstock des Kreuzkogels.

12. Das Großarlbachtal ist das letzte, das wenig unterhalb Schwarzach in das Salzbachlängstal mündet. Wie das Gasteiner Tal verläuft auch dieses gebrochen, von der Mündung zuerst in südöstlicher, dann in südwestlicher, weithin in südlicher, in südöstlicher und im Quellgebiet in südwestlicher Richtung. Die einzelnen Talabschnitte sind geradlinig, die Richtungswechsel erfolgen fast alle in Knicken. Das Tal gabelt sich nicht, doch erhält es von beiden Seiten Zuflüsse, wobei auf der West- wie auf der Ostseite wasserscheidenparallele Strecken zu erwähnen sind. Es zeigt sich, daß die im Oberlauf vorherrschenden zwei Richtungen des Großarltales wie seiner Seitentälchen auffallend mit den Talrichtungen oberhalb der Gabelung im Gasteiner Tal übereinstimmen, also einer großräumigen ungefähr rechtwinkligen Gitterung entsprechen, von der die Südostrichtung, wie schon beim Gasteiner Tal erwähnt, über die Hauptwasserscheide hinüberreicht.

### 3.3. Das Wagreinertal, die Talung bis zur Enns und das Kleinarltal

Diese Talanlagen münden nicht mehr in das Salzbachlängstal, denn etwa 2 km oberhalb St. Johann i. Pongau biegt die Salzach aus der Längstalrichtung ab und hier mündet das Wagrainertal, das bis Wagrain die Längstalrichtung der Salzach fortsetzt. In Wagrain mündet von Süden das Kleinarlbach Tal. In der Fortsetzung des Längstales fließt von Osten her nur der Kleine Schweighof Bach, dann folgt eine Talwasserscheide, die ins Längstal der Enns führt.

Das Kleinarlbach Tal beginnt in einer Gratgabelung, denn die Hauptwasserscheide verläuft von der Ankogelgruppe von Süden nach Norden. Das ganze Tal behält diese Süd-Nord-Richtung bis zur Mündung bei. Es ist ein einfaches Tal.

## 4. Theorie

### 4.1. Grundsätzliches

#### 4.1.1. Endogene und exogene Vorgänge

Auf jede Oberfläche wirken ständig exogene und endogene Kräfte ein. Eine Oberfläche ist dadurch charakterisiert, daß sie unter Randbedingungen steht, die vom Zustand im Inneren des Körpers wesentlich abweichen.

Nun zeichnet sich die Erdoberfläche vor allem dadurch aus, daß sie keine Äquipotentialfläche des Erdschwerfeldes darstellt, trotzdem Niveauunterschiede durch exogene Vorgänge ständig ausgeglichen werden. Es müssen also endogene Kräfte im Spiel sein, welche immer wieder neue Niveauunterschiede zustande bringen. Weil endogene Vorgänge im kurzen menschlichen Dasein nicht so offensichtlich erlebt werden, erweckt dies den Eindruck, daß die endogenen Vorgänge der Gebirgsbildung der „Urzeit“ angehören und für das Verständnis der Talbildung von einer „Uroberfläche“ am Ende der Gebirgsbildung ausgegangen werden

könne und nur noch mit späteren Hebungsphasen oder geringfügigen Verbiegungen zu rechnen sei, die wichtigsten Vorgänge bei der Talbildung aber rein exogener Natur seien.

Diese Auffassung und die daraus resultierende Trennung in primäre endogene Vorgänge und zeitlich sekundäre exogene Vorgänge ist aber grundfalsch. Denn ebenso wie es keine Kraft ohne Gegenkraft, keine Aktion ohne Reaktion gibt, ebensowenig gibt es an einer Grenzfläche exogene Kräfte und Vorgänge, denen nicht endogene gegenüberstehen. So gibt es z. B. auch keine „reine Erosion“, denn der Erosion durch die kinetische Energie des Wassers und des mitbewegten Materials als erodierende exogene Kräfte stehen die endogenen Widerstandskräfte des abzuschleifenden und auszubrechenden Materials, aber auch Spannungen, welche durch die Erosion zur Klüftbildung führen, gegenüber. Erst recht spielen bei den exogenen Verwitterungsvorgängen und Massenbewegungen im Hang endogene Spannungen im Material, vor allem im Festgestein, eine hervorragende Rolle, durch deren Auslösung Klüftflächen entstehen, deren Richtung von exogenen Vorgängen völlig unabhängig sind, die aber weitgehend den Talverlauf bestimmen.

#### 4.1.2. Erste Talanlagen

Bei der Beurteilung des heutigen Fluß- und Talnetzes geht man bei der genetischen Betrachtung von einer „Uroberfläche“ aus, auf der es sich entwickelte. Von dieser Uroberfläche ist nun allerdings nichts mehr vorhanden, da die Abtragung in die Tausende von Metern geht. Sie kann also nur hypothetisch rekonstruiert werden.

Was wir heute an Aufschlüssen beobachten können, sind z. B. tief unter der ehemaligen Oberfläche entstandene Deckengrenzen, die oft über erstaunlich große Erstreckungen weitwellig und stetig gekrümmt verlaufen. So lag es für gewandte Zeichner nahe, auch die Oberfläche der obersten unbelasteten Decke, welche also die Uroberfläche bildete, ebenso elegant großwellig und geschwungen zu zeichnen. Diese Oberfläche aber hat nie jemand gesehen, denn viel zu viel wurde abgetragen. Zwar ist man von der Vorstellung von Heim, daß an den höchsten Stellen 20 bis 25 km abgetragen wurden, schon längst abgekommen, aber Überlagerungen von einigen tausend Metern werden doch immer noch angenommen, so in den Hohen Tauern über dem Granatspitz über 6000 m. Auch wenn wir uns die ersten Talanlagen nicht mehr als tief aufgerissene Spalten vorstellen, so war sicher die aus den Wassern aufsteigende Oberfläche nicht stetig gekrümmt, sondern je nach dem Material und dem Spannungsfeld auf bestimmten Linien und Zonen aufgerissen und zerklüftet, und zwar gerade weil es eine unbelastete Oberfläche war. Diese Linien, die durchaus nicht immer tektonischen Bauelementen zu folgen hatten, sondern diese stellenweise kreuzten und weitgehend geradlinig verliefen, waren prädestiniert für Talanlagen. Auch in den Firstregionen waren und sind große Spannungen vorhanden, die zu Bergzerstörungen führen, was sich in den vielen wasserscheidenparallelen Talstrecken äußert.

Die Beobachtung, daß in einem Tal hangparallele Klüfte auftreten, die deshalb auch etwa als Talklüfte bezeichnet werden, muß nicht zur Frage führen, ob das Huhn oder das Ei zuerst war. Denn da endogene und exogene Kräfte antagonistisch sind, führen Spannungen zu bestimmten Talbildungen, diese aber führen dazu, daß sich Spannungen in Klüftbildungen äußern, die wieder die Talrichtung beeinflussen.

#### 4.1.3. Das Grundmuster

Die Ursache dafür, daß ein Gebirge oft ausgeprägte Längstäler aufweist, muß in der Ausrichtung der tektonischen Kräfte gesucht werden, die das Gebirge aufgebaut haben.

So wird für die Alpen im allgemeinen ein N-S ausgerichtetes Spannungssystem postuliert, welches vielleicht mit einer entsprechenden Bewegung von tektonischen „Platten“ im Zusammenhange steht. Während der Auffaltungsphase muß die N-S gerichtete Hauptspannung eine Kompression gewesen sein; heute wird oft für diese Richtung eine Spannungsentlastung angenommen, durch die eine isostatische Hebung des Alpenkörpers erlaubt wird. Während der Auffaltungsphase war somit die größte Druckspannung N-S gerichtet; als die kleinste Druckspannung muß in Erdoberflächennähe das Gewicht betrachtet werden. Die mittlere Hauptspannung ist somit E-W gerichtet. Nach der ANDERSONSchen (1951) Bruchtheorie muß dies zu Verwerfungen führen, die normal zur größten Druckspannung streichen: Dies würde genau den Alpenlängstälern entsprechen.

Man muß wohl annehmen, daß die Grundmuster der Alpenlängstäler zu Beginn der Auffaltungsphase angelegt wurden. Die Streichrichtungen wären dann als Bruchkerben zu jener Zeit festgelegt worden. Während der späteren Phasen würden sich Spannungskonzentrationen sowie Erosionswirkungen an diesen Kerben ausbilden, so daß das einmal angelegte Muster verstärkt wurde.

## 4.2. Die speziellen Muster

### 4.2.1. Allgemeines

In einer früheren Arbeit über spannungsinduzierte Phänomene in Gebirgen haben wir solche von erster, zweiter und dritter Ordnung unterschieden (GERBER & SCHEIDEGGER, 1975). Danach werden Phänomene erster Ordnung durch das primäre tektonische Spannungsfeld erzeugt. Die Phänomene zweiter Ordnung sind dann solche, welche durch die Wechselwirkung mehrerer Phänomene erster Ordnung hervorgerufen werden. Phänomene dritter Ordnung sind solche, die gravitationell bedingt sind.

Man kann in den alpinen Talanlagen ein ähnliches Schema wie in den Festformen suchen. Die alpinen Längstäler können dann mit den Phänomenen erster Ordnung in Zusammenhang gebracht werden, die kleineren Formen der Seitentäler mit Phänomenen zweiter Ordnung. Festformen dritter Ordnung, die durch die Selbstwirkung des gravitationellen Feldes bedingt werden, finden in den Talanlagen ihr Analogon in den Bogentälern.

Die alpinen Längstäler wurden schon im letzten Abschnitt besprochen; sie entsprechen spannungsinduzierten Phänomenen erster Ordnung. Wir werden nun noch die Talmuster besprechen, die spannungsinduzierten Phänomenen zweiter und dritter Ordnung entsprechen.

#### 4.2.2. Das Stamm- und Gabeltalmuster

Die Gabelung von Brüchen und die Entstehung von Zweigbrüchen ist eine weitverbreitete Erscheinung. Man muß sie als Folge einer Veränderung des grundsätzlichen Spannungssystems während der Ausbildung eines Stammbruches verstehen.

In der Tat entsprechen die in Abbildung 7 gezeigten speziellen Formen von Talgabelungen genau den auch in Festformen beobachteten Bruchgabelungen (GERBER & SCHEIDEGGER, 1975). Die vergabelten Brüche richten sich möglicherweise nach einiger Distanz wieder nach dem ursprünglichen Spannungssystem aus, was die Form mit „Umbiegung“ von der Abbildung 7 erzeugt.

#### 4.2.3. Das Kandelabermuster

Eine Form von Talgabelung wird auch durch das Kandelabermuster (Abb. 8) repräsentiert. Das Stammtal eines „Kandelabers“ ist in den Alpen gewöhnlich ein Quertal. Damit es entstehen kann, muß man eine Entlastungsphase annehmen, in der die Alpenlängsrichtung, vordem die mittlere Hauptspannungsrichtung, die größte Druckrichtung wird. Dann würde man Querbrüche erwarten, die unter Aufspaltungserscheinungen zu Kandelabermustern führen müssen.

#### 4.2.4. Wasserscheidengabelungen

Das durch Wasserscheidengabelungen gekennzeichnete Talmuster (Abb. 9) ist nicht in erster Linie ein Charakteristikum von Talanlagen, sondern eine passive Folge von Gratanlagen. Für die Aufspaltung der letzteren wurde eine mechanische Erklärung in unserer früheren Arbeit gegeben (GERBER & SCHEIDEGGER, 1975).

#### 4.2.5. Paralleltäler

Das in Abbildung 10 dargestellte Schema von Paralleltälern muß als ein Netz von Quer- und Längstälern aufgefaßt werden, die durch sich gabelnde Zweigbrüche miteinander verbunden sind. Die Spannungssysteme, die Quer- und Längsbrüche vorzeichnen, sind allseitige Druckspannungen, wo die Quer- und Längsrichtung des Gebirges abwechselungsweise größte und mittlere Druckspannungsrichtungen sind. Das Gewicht ist dann immer die kleinste Druckspannung. Eine Folge von derartigen Phasen ist aber eine gängige Annahme für die Alpen.

#### 4.2.6. Bogentäler

Schließlich findet man in den Talmustern auch noch eine Form dritter Ordnung, welche gravitationsbedingt erscheint. Die in Abbildung 11 gezeigte Anordnung kann als Folge der Bildung von Bruchmuscheln, die von den Ecken der poly-

gonalen Wasserscheide ausgehen und sich aneinanderreihen, verstanden werden. Somit findet man, daß sich in den Talmustern ein volles Komplement zu den möglichen Festformen findet.

Die vorliegende Studie stellt einen österreichischen Beitrag zum internationalen Geodynamikprojekt dar. Die Feldarbeiten und der Druck dieser Arbeit wurden durch das österreichische Geodynamik-Komitee unter dem Vorsitz von Herrn Prof. Dr. F. STEINHAUSER unterstützt, wofür ihm die Autoren den herzlichsten Dank aussprechen. Der Druck wurde durch Herrn Direktor Dr. T. GATTINGER in den Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt in Wien vermittelt, wofür ihm die Autoren sehr verbunden sind.

#### Literatur

- ANDERSON, E. M.: *The Dynamics of Faulting and Dyke formation with Applications to Britain*. 2. Ed., 206 pp. London: Oliver & Boyd, 1951.
- CARNIEL, P., HAUSWIRTH, E. K., ROCH, H. H., & SCHEIDEGGER, A. E.: Geomechanische Untersuchungen in einem Rutschungsgebiet im Felbertal in Österreich. *Verh. Geol. B.-A.* 1975 (4): 305—330, 1975.
- CLAR, E.: Über den geologischen Gegensatz von Gestein und Fels. *Mitt. Inst. Grundbau u. Bodenmech. der T. H. Wien*, 6: 41—53, 1965.
- GERBER, E.: Morphologische Untersuchungen im Rhonetal zwischen Oberwald und Martigny. *Arb. Geograph. Inst. Eidg. Techn. Hochsch. Zürich* 1: 1—116, 1944.
- GERBER, E.: Bildung und Formen von Gratgipfeln und Felswänden in den Alpen. *Z. Geomorph. supp.* 8: 94—118, 1969.
- GERBER, E., & SCHEIDEGGER, A. E.: Geomorphological evidence for the geophysical stress field in mountain massifs. *Riv. Ital. Geofis. Scien. Aff.* 2 (1): 47—52, 1975.
- HEIM, A.: *Mechanismus der Gebirgsbildung*. 2 Bde. (346 + 245 pp.) u. Atlas. Basel: Schwabe Verlag, 1878.
- HEIM, A.: *Geologie der Schweiz*. 3 Bde., 1722 pp. Leipzig: Tauchnitz Verlag, 1921.
- STAUB, R.: *Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie*. *Denkschr. Schweiz. Natf. Ges.* 69 (1): 1—183, 1934.

Manuskript eingereicht im März 1976.