

# Wasserscheidenstudien im Vorarlberger Lechgebiet.

Von Hans Dvořák.

Mit 1 Tafel.

## Problemstellung.

Im Osten Vorarlbergs ist die europäische Hauptwasserscheide, ohne dabei einem Hauptkamme der Alpen zu folgen, ein gutes Stück gegen Westen ausgebuchtet, so daß hier das Lechgebiet zungenförmig in das Rheingebiet hineinragt und entgegengesetzt zur Abdachungsrichtung entwässert. Dieser auffallende horizontale Verlauf ist die eine Eigenart der Wasserscheide rings um das Vorarlberger Lechgebiet. Die andere ist der im Alpeninnern noch ungewöhnlichere vertikale Verlauf, denn in ihm sind in kurzen Abständen tief (bis zu 1100 m) eingesattelte Jöcher und Pässe und sogar Talwasserscheiden eingeschaltet und nur auf kurzen Zwischenstrecken läuft die Wasserscheide über Kämme. Die erstgenannte Eigenart wird noch dadurch besonders betont, daß die Wasserscheidenlinie, vielfach gebrochen, sich hier bis auf wenige hundert Meter dem Lech bzw. Formarinbach nähert, um unmittelbar daneben sich auf einige Kilometer Abstand zurückzuziehen, wobei sie — als besondere morphologische Seltenheit — einmal einen Seespiegel quert und ein andermal einen Karboden in der Art, daß ein Karbach zum Einzugsgebiet der Nordsee, der andere aber zu dem des Schwarzen Meeres entwässert.

In alpenrandnahen Gebirgstteilen oder im Alpenvorland, wo vielfache Laufverlegungen der Gewässer stattfanden, mag ein derartiger Wasserscheidenverlauf, wie er oben beschrieben wurde, nichts auffallendes sein, wohl aber ist er es im Quellgebiet eines der großen Alpenflüsse. Es können auch diejenigen Erklärungen für Wasserscheidendepression und Wasserscheidenverlegung, die für die randnahen Alpentteile vorgebracht wurden, nämlich interglaziale oder postglaziale Talverschüttung mit Epigenesen als Folge, aus begreiflichen Gründen auf das Vorarlberger Lechgebiet, dessen tiefster Punkt bei 1300 m Höhe liegt, nicht angewendet werden.

Zwei Fragen sind zu beantworten: Was verursachte den sowohl im kleinen als auch im großen (um das Vorarlberger Lechgebiet herum) gewundenen Verlauf der Wasserscheide und was verursachte ihre regelmäßigen tiefen Depressionen. Eine möglichst eingehende Untersuchung des gesamten Wasserscheidenverlaufes wird außer darauf noch auf die Frage nach Stabili-

tät oder Labilität der Wasserscheide während der Talnetzentwicklung Antwort geben.

Durch die langjährigen und sorgsamten Aufnahmearbeiten Otto Ampferers wurde das hier behandelte Gebiet zu einem der geologisch besterforschten und bestkartierten der Ostalpen, wodurch für eine morphologische Untersuchung alle Voraussetzungen geschaffen wurden. Die großmaßstabigen Karten O. Ampferers im Verein mit eigener Beobachtung ermöglichen eine exakte Interpretation lokaler Fragen. Es braucht daher lediglich das für die Formenentwicklung wesentliche Allgemeine erwähnt zu werden, für alles weitere, soweit es nicht im folgenden diskutiert wird, sei auf die angeführten Schriften und Karten verwiesen.

Eine äußerst intensive Tektonik schichtete die Allgäu-, Lechtal-, Krabachjoch- und Inntaldecke sowie Teilschuppen dieser übereinander und ineinander, wodurch auf engem Raum ein ungemein häufiger Gesteinswechsel bei verschiedenster Schichtlagerung entstand. Weil schon innerhalb der einzelnen Decken regelmäßig sehr widerständige mit leicht abtragbaren Schichten wechseln, setzt sich die gesteinsbedingte Formung im Formenbild stark durch, so auch entlang der Wasserscheide.

### Die Lutzbachwasserscheide.

Der eigentliche Beginn des Lechtales ist ein zirka 1200 m langer und 300 m breiter Taltorso in  $\pm 2000$  m Höhe nordwestl. des Formarinsees.\*) Der im teilweise kalkhaltigen Hauptdolomit völlig verkarstete Talboden ist, abgesehen von den zahllosen Dolinen und dazwischenstehenden Schliffbuckeln, im NW, wo er knapp vor dem 400 m tiefen Abbruch zum Talschluß des Marultales durch einen niedrigen Sporn eingeengt wird („In der Enge“), fast gefällslos, im SE versteilt er sich allmählich zu einem Talabschnitt von mäßigem Gefälle. In der verkarsteten Paßfurche zwischen den Gaißköpfen im SW und dem Roten-Wand-Stock im NE verliert sich die Wasserscheide, keinerlei höherer Bergsporn deutet an, wo ursprünglich die Wasserscheide verlaufen sein könnte. Am nordöstl. Hang anstehende Kössener-Schichten lassen darauf schließen, daß dieses nachgiebige und leicht ausräumbare Material als Hangendes zum starren Hauptdolomit den Raum der gegenwärtigen Paßfurche füllte und dadurch zu ihrer selektiven Ausräumung sowie zur Umlegung der höheren Wasserscheide (Wasserscheide hier im Sinne von Zwischentalscheide) Anlaß gab. Für eine Verschiebung der Wasserscheide fehlen die Anzeichen.

Die gegen NE folgenden drei Jöcher, Johannesjoch (2070 m), Gamsbödenjoch (2228 m) und Putzensattel (2196 m) haben außer ihrer Höhenlage noch außergewöhnliche Breite ( $\pm 1000$  m) und gleiche Entstehungsursache gemeinsam. Am Johannesjoch waren es Kössener-Schichten in ungestörter Lagerung und Kreideschiefer neben Glaukonitsandsteinen (Flyschfenster) in diskordanter Lagerung in einer Hauptdolomitsynklinale, am Gams-

\*) Sämtliche hier verwendete Ortsbezeichnungen sind in der beigegeführten Übersichtskarte eingetragen. Die Schreibart richtet sich nach der Karte der Lechtaler Alpen des Dt. u. Österr. Alpenvereines, Blatt Arlberggebiet 1913 und Blatt Klosteraler Alpen 1927.

bödenjoch Raibler-Schichten und am Putzensattel Raibler-Schichten mit Kreideschiefern in Hauptdolomitmulden, welche die selektive Abtragung verursachten. Wo diese wenig widerständigen Schichten vollständig von den Jöchern entfernt sind und statt ihnen der Hauptdolomit in rundbuckeligen Karrenfeldern ansteht, kann dennoch ihre ehemalige Existenz an dieser Stelle durch den geologischen Befund der Umgebung nachgewiesen werden.

An der dem Lechgebiet abgekehrten Seite schiebt sich an die beiden tieferen Jöcher je ein Talende eines Seitentales des Großen Walsertales (Lutzbach) an die Jöcher heran, so daß die Möglichkeit einer Wasserscheidenverlegung gegeben ist, selbst wenn die Jöcher sich dem allgemeinen Wasserscheidenverlauf einfügen, denn gegensinnige Verlegungen können gleichgebliebene Lage vortäuschen.

### **Die Wasserscheide der Bregenzer Ache.**

Zwischen Mohnenfluh und Karhorn fällt die Wasserscheidenlinie bis auf 1714 m hinab, zum Jooh „auf der Sulzen“, doch nicht in Fortsetzung ihrer bisherigen Richtung, sondern vermittelt eines stark lechwärts ausgestülpten Bogens, der an der Mohnenfluh ansetzt. Der zum Lech schauende (SE-)Hang des Mohnenfluhsockels entwässert daher nur teilweise zum Lech, denn senkrecht zur Fallinie des geraden (!) Hanges greift von N her die Bregenzer Ache in den Hang ein und empfängt einen Teil der Hanggerinne, so daß die Wasserscheide zwischen zwei nur 100 m nebeneinander parallel verlaufenden Wassergräben den Hang hinabläuft (siehe Übersichtskarte). Der Quellbach der Ache fließt in 1780 bis 1740 m über einen 150 bis 200 m breiten Talboden, an den sich lechwärts noch ein zwei- bis dreimal so breiter Flachhang von wenigen Graden Neigung anschließt, jedoch das Ganze sieht weit mehr wie eine Terrasse des Lechtales aus als wie ein Tal, da diesem doch das rechte (östliche) Talgehänge fehlt und nur der Hohe Bühel (1844 m) durch seine wenige 10 m hohe Aufwölbung eine „Zwischentalscheide“ bildet.

Der Gaisbühel talboden endet nach kurzem Lauf an einer Gefällssteile, unterhalb der sich, nun aber in SE—NW-Richtung, ein tieferer (1670 bis 1620 m), ebener und fast gefällsloser Talboden (die Bregez bzw. das Auenfelder Ried) ausbreitet. Auch von hier hat man nur 34 m sanft anzusteigen, um „auf der Sulzen“ zu stehen, von wo ein steiler Tobel zum Lech hinabführt. Der Gaisbühel talboden endet auch im S, ohne dabei steiler zu werden, hängend, und zwar am Oberrand des Gaisbachtobels gerade dort, wo dieser aus seiner bisherigen Richtung, die mit dem Gaisbühel talboden annähernd in einer Geraden liegt — also gleichfalls senkrecht zur Fallinie des Mohnenfluhanges —, rechtwinkelig nach E umbiegt. Nur 200 m davon entfernt, doch 70 m höher, biegt der südlichste Quellast der Bregenzer Ache ebenfalls rechtwinkelig um. Je zwei Schenkel dieser beiden Winkel, deren Spitzen einander fast berühren, haben gleiche Richtung! Je zwei Schenkel könnten der Oberlauf bzw. Unterlauf eines durch Anzapfung geteilten Wasserlaufes sein.

Es ist ganz offenbar, daß der Gaisbach dank seines tieferen Einschnittes der (zuletzt) anzapfende Fluß war und den Oberlauf der Ache, der vorher

bis an das Kriegerhorn heranreichte, zu sich ablenkte. Noch immer erodiert er energisch in die Tiefe, weil sein Gefälle zum Lech hinab noch unausgeglichen und steil ist und außerdem der Lech selbst an seiner Mündung noch kräftig erodiert und die Erosionsbasis, die zur Zeit in zirka 1400 m liegt, dauernd tiefer legt. Da die lokale Erosionsbasis der Ache 380 m höher liegt, wird der Gaißbach weiterhin einen Quellast nach dem anderen der Ache wegnehmen.

Wenn vor der Anzapfung die Bregenzer Ache zwischen Mohnenfluh und Lechtal noch weiter als jetzt südwärts reichte und gleichsam als 2½ km langes „Tal im Tal“ in den Lechtalhang eingeschnitten war, dann war diese Täleranordnung noch weniger ursprünglich als die gegenwärtige. Daß es aber tatsächlich so gewesen sein muß, beweist die unverhältnismäßig große Breite des Bregez-Auenfeldtalbodens und auch die des Gaißbühelalbodens, deren Entwicklung einen stärkeren Fluß als den gegenwärtigen Achenquellbach voraussetzt, selbst wenn man dem Gletscher einen erheblichen Anteil an der Talverbreiterung zubilligt.

Nur unter einer Bedingung ließe sich die beschriebene Täleranordnung als ursprüngliche annehmen, wenn Kriegerhorn und Karhorn durch eine hohe Zwischentalscheide verbunden gewesen wären und somit die älteste Wasserscheide hoch über beiden Tälern verlief und nicht über einen unscheinbaren Buckel knapp über der Ache. Was sagt der geologische Befund über die Möglichkeit einer Umlegung dieser Zwischentalscheide? Der Arlbergkalk, der am westl. Lechtalhang bis zum Kriegerhorn hinan ansteht, ist entlang einer steil gegen den Lech (SE) einfallenden Schubbahn auf Kreideschiefer und Fleckenmergel aufgeschoben. Daraus ergibt sich, daß im Raum der erforderlichen Zwischentalscheide sehr harter Arlbergkalk und über ihm, nur durch dünnbankige Partnachschiechten getrennt, fast ebenso widerstandsfähiger Hauptdolomit anstand. Zu bevorzugter selektiver Abtragung war hier keine Ursache vorhanden. Wenn eine hohe Vollform vorhanden gewesen wäre, müßte sie noch erhalten sein. Es bleibt nur die zweite Erklärungsmöglichkeit, daß der beschriebene längere Achenlauf kein ursprünglicher war, sondern ein nachträglich durch Anzapfung geschaffener.

In einer älteren Phase der Talbildung, als die Sohle des Lechtals bedeutend höher lag als heute, hatten die Lechseitenbäche in hartem Arlbergkalk einzuschneiden, während die Bregenzer Ache in Fleckenmergeln und Kreideschiefern leichte Arbeit hatte. Die ursprüngliche Wasserscheide ist deshalb zwischen Mohnenfluh und Körber-Alpe anzunehmen, von wo sie entlang leicht ausräumbarer Schichten von der Ache mit geringem Erosionsaufwand lechwärts verschoben werden konnte. Sobald die Wasserscheide bis zur Bregez zurückverlegt war, verlief nach S zur Gaißbühelalm und zum Kriegerhorn hin die Richtung des geringsten Widerstandes, so daß die Ache die über den Mohnenfluh südosthang zum Lech fließenden Bäche nach und nach an sich ziehen und die Wasserscheide allmählich nach S ausstülpfen konnte. Für die genaue örtliche Lage der ältesten Wasserscheide fehlen allerdings Anhaltspunkte, weil der Mohnenfluhsockel in ganzer Breite nach N zum

Auenfelder Ried abbricht und nördl. davon sich die wellige Hochebene der Körber-Alpe ausbreitet, also keine vorspringenden Sporne vorhanden sind.

Trotz der gesteinmäßigen Begünstigungen kann die Bregenzer Ache zu dieser großartigen Wasserscheidenverschiebung nur dann befähigt gewesen sein, wenn die Erosionsbasis des Lech wenigstens gleich hoch mit der Ache lag, sonst hätten die Lechzuflüsse durch größeres Erosionsgefälle die Wasserscheide stabil erhalten und es wäre lediglich zu einer starken Depression gekommen. Später änderten sich die Verhältnisse durch die starke Eintiefung des Lechtales, so daß die Lechzuflüsse nun ihrerseits durch Anzapfung zur Wasserscheidenverlegung übergehen und verlorengegangenes Einzugsgebiet zurückerobern konnten. Dieser Vorgang dauert noch an, wird jedoch einmal ein Ende haben, wenn von Schröcken (1200 m) und noch dazu von Schopperau (800 m) herauf die gewaltigen Erosionsimpulse der Ache bis in das Quellgebiet aufwärts gewandert sind. Der vom Tiroler Lechtal aufwärts wandernde Erosionsimpuls des Lech ist dagegen weitaus schwächer. Schon 12 km von der Wasserscheide weg steigt der Talgrund der Ache bis auf 856 m hinab, indessen die Lechtalsole diese Tiefe erst bei Reutte, schon ganz am Alpenrand und 60 km weit weg, erreicht.

Jenseits des Karhornmassivs (2492 m) sinkt die Wasserscheide sofort wieder tief hinab zur Hochebene der Kälberkörbalpe. Sie verläuft hier am Ostrand der Hochebene, gerade bevor diese gegen E zum Krumbachtal schmaler- und steiler werdend niederbiegt. Unmittelbar am Übergang erhebt sich ein 70 m hoher Rücken, die Semmelhöhe mit dem Kirchlein von Hochkrumbach, wodurch der breite Übergang über die Wasserscheide in zwei Paßfurchen in 1680 m gespalten wird, eine schmalere (100 m) im N und eine breitere (300 m) im S. Für beide sind die Namen Hochtannbergpaß und Hochkrumbachpaß üblich. Die im Oberrätikalk teilweise verkarstete Umgebung bietet keinerlei Hinweis mehr zur Rekonstruktion der Wasserscheidenentwicklung; das vorherrschende Gestein sind jedenfalls wenig widerstandsfähige Fleckenmergel in großer Schichtmächtigkeit.

Über den Hochalppaß (1870 m) erreicht die Wasserscheide am Widderstein den Allgäuer Hauptkamm, dem sie nahezu bis an den Alpenrand folgt.

### **Die Alfenzbachwasserscheide.**

Am „Rauhen Joch“ (1930 m) über dem Formarinsee und an den beiden Jöchern in 2085 m und 1950 m Höhe beiderseits des Formaletsch (2282 m) ist die Wasserscheide des Lechgebietes bis auf 1000 m Nähe durch die Wildbachtrichter des Schmiedtobels und Radonatobels an den Formarinbach herangeschoben und deshalb stark erniedrigt. Kössener-Schichten bzw. Kreideschiefer in Schichtmulden hatten diesen Vorgang ermöglicht. Die Entfernung vom Joch 2085 m oder vom Rauhen Joch zum Ganahlskopf (2315 m), zu dem sie südwärts vorspringt, zeigt, wie weit die Wasserscheide auf jeden Fall verschoben wurde. Mit fortdauernder Zurückverlegung der Wildbachtrichter werden die drei Jöcher immer niedriger werden und dabei solange an den Formarinbach heranrücken, bis schließlich ein Wildbacharm ihn angezapft haben wird.

Weil sich der Radonatobel mit seinem weiten Trichter gegen fremdes Einzugsgebiet zurückschob, steigt die Wasserscheide von dem von einem Karrenfeld (Oberrätalk) gebildeten Joch (1950 m) einen glatten Hang, an dem die Schichten horizontal ausbeissen, über Fleckenmergel bis zu einer Kante von Aptychenkalk in  $\pm 2300$  m hinan, worüber sie einen 700 bis 800 m breiten Karboden (!) über eine niedere Schwelle quert, so daß ein nördl. Bächlein zum Formarinbach (Schwarzes Meer), ein südliches aber zum Alfenzbach (Nordsee) fließt.

Auch zwischen Gehrenglat und Plattnitzerjochspitze durchbrach ein Tobelbach von S her in 2100 m den Kamm und zog hier die Entwässerung eines südl. Teilkars oder schon dessen Vorform an sich. Von hier läuft die Wasserscheide nicht über die südlichere Plattnitzerjochspitze, sondern über das Gehänge zum Spullersee.

Am Spullersee wird die Wasserscheide heute einfach durch den Stausee ersetzt, doch nicht weniger ungewöhnlich war das morphologische Bild vor Errichtung der beiden Staumauern. Der zirka 60 m breite Boden des Dalaaserstaffeltales endete in 1820 m, wenige Meter hoch über dem Seebecken hängend, von wo aus dieses Talende als niedere Felsschwelle erschien. Eine gleichhohe tatsächliche Felsschwelle von Oberrätalk, wie die übrige Umgebung stark eisüberformt, schnürte die Seewanne gegen S ab. Der Seeabfluß durchbrach die Schwelle in einer schmalen Kerbe, um zu einem kurzen Talbodenstück in 1800 m bis 1750 m hinabzufließen, das an dem steilen Tobel des Streubaches endete. Von NE mündete der Alpbach mit einem flachen Delta in den See. Das gesamte Seebecken ist durchschnittlich 500 m breit, ein Vielfaches der Breite des Alpbachtals oder Dalaaserstaffeltales.

Vor dem Bau der Staumauern verlief die Wasserscheide am Rand der nördl. Schwelle, gerade wo sich zur Zeit die nördl. Staumauer erhebt. Dem Dalaaserstaffeltal fehlte also das Quellgebiet, woraus sich ergibt, daß es einmal über das Seebecken hinausgereicht hat. Es sind zwar keinerlei durchlaufende Kanten oder Terrassen vorhanden, auch die NE—SW-Richtung scheint eher für den Zusammenhang mit dem Klostertal zu sprechen, dennoch war das Alpbachtal der frühere Oberlauf zum Dalaaserstaffeltal. Es folgt nämlich dem Schichtstreichen und liegt vollständig in Kreideschiefern, während an den beiderseitigen Berghängen Oberrät- und Aptychenkalke anstehen. Die Talrichtung ist die Richtung des geringsten Widerstandes. Die örtliche Wasserscheide verlief somit südl. des Spullersees. Zwischen Plattnitzerjochspitze und Rhonspitze steht zwar Oberrätalk an, doch nur in geringer Mächtigkeit bei Nordfallen, so daß südwärts davon sich Kössener-Schichten herausheben, die ebenso wie Raibler-Schichten über dem Klostertal die Erosion des Streubaches von dort herauf bis zur Anzapfung fortschreiten ließen. Die Ausräumung der Seewanne aus Kreideschiefern ist zweifellos ein Werk der hier konzentrisch zusammenströmenden Gletscher der Eiszeit. Vielleicht wurde dadurch, daß die Gletscher auch nach S abfließen konnten, das Werk der Anzapfung erst ermöglicht oder zumindest begünstigt.

Unmittelbar östl. des Schafberges (2681 m) ist das Stierlochjoch (2016 m) der Wasserscheide eingeschaltet. Der 300 m lange, annähernd gefällslose

Taltorso endet im N über dem steilen Talschluß des Stierlochtales und im S über dem oberen Alpbachtalboden, der hier unterhalb seines oberen Knies ein kurzes Stück E—W verläuft. Gerade südl. des Stierlochjoches biegt nämlich das Alpbachtal aus der S—N-Richtung rechtwinkelig gegen W um, wobei eine breite Hangstufe die beiden Talabschnitte verschiedener Richtung trennt. Vom Stufenrand in 2020 m steigt mit geringem Gefälle ein breiter, muldenförmiger Talboden zur Sumpfebene der Spullersalpe hinan. Denkt man sich das untere Alpbachtal zugeschüttet, dann führte dieser flache Hohtalboden unmittelbar auf das Stierlochjoch hinüber, wodurch ihre ehemalige Zusammengehörigkeit zu einem Tal deutlich veranschaulicht wird. Der Alpbach hat durch Anzapfung dieses Tal zerteilt und den Torso des Stierlochjoches geschaffen. Er war gegenüber dem Stierlochbach bezüglich Erosionsfähigkeit im Vorteil, weil er vom Spullersee herauf nur in Kreideschiefern einzuschneiden hatte, jener aber vom Lech aufwärts durchwegs im Hauptdolomit.

Im S, an seinem oberen Ende, verbreitert sich der oberste Alpbachtalboden zu einer kleinen versumpften Hochebene (Spullersalpe). Diese hat eine ebene, zungenförmige Ausstülpung nach W, die nach 500 m in einen steilen Tobel übergeht. Es besteht hier also eine regelrechte Bifurkation des Talbodens (nicht auch des Baches). Der auf den Spullersalpboden herabfließende Bach läßt den breiten Talboden nach N unbenützt und fließt statt dessen über die westwärts gerichtete schmale Talbodenzunge und durch den Tobel zum Alpbach, in den er knapp oberhalb des Spullersees einmündet. Der Alpbach selbst nimmt seinen Ursprung am Spullersalpboden (Seetümpelabfluß) und wählt den längeren Weg nach N und dann zurück nach SW.

Wie ist die Talbodengabelung entstanden? Die beiden Äste des Talbodens können nicht gleich alt sein. Als ältere Form ist ein einheitlicher Talboden zum Stierlochjoch hin anzunehmen, der nach N entwässerte. Eine Anzapfung des Baches in diesem Tal durch den heute durch den Tobel abfließenden Bach hat hier nicht stattgefunden, weil sonst der steile Tobel bis in den angezapften Talboden hineingreifen müßte, während er tatsächlich 500 m davon entfernt endet. Dennoch hat zweifelsohne die starke Eintiefung des Tobels eine starke Erniedrigung der Zwischenscheide zur Spullersalpe verursacht. Mehr kann hier nicht festgestellt werden. Ob nach einer (Moränen-) Verschüttung ein Bach einen epigenetischen Durchbruch und zufällig in genau demselben Niveau, wie schon vorhanden, einen Talboden schuf oder ob ein Gletscher diese Zufallsleistung vollbrachte, muß dahingestellt bleiben. Eines ist jedoch augenscheinlich, daß der südl. Bach den Spullersalpboden „bald“ zerschnitten und vielleicht auch die Entwässerung des nördl. breiten Talastes zu sich abgelenkt haben wird, denn sein Weg ist kürzer und steiler als der des Alpbaches bei gleicher lokaler Erosionsbasis im Spullersee.

Rundum von Tälern eingeschlossen wird der Bühel (2146 m) zum niedrigen Einzelberg, der außerdem nur im N eine Kuppe, im S vielmehr eine geneigte, wellige Hochfläche ist. In den weichen Kreideschiefern konnten die von E herabkommenden Kargletscherr den Einzelberg leicht abplatten. Das ganze, der gegabelte Spullersalpboden und der Bühel, bildet innerhalb einer großartigen Bergumrahmung (Schafberg, Roggalspitze, Rhonspitze)

eine auffallende Flachlandschaft, so daß R. v. Klebelsberg versucht war, sie als mitteltertiäres Oberflächensystem anzusprechen (9, S. 424). Erst die genaue Untersuchung hat gezeigt, daß die einzelnen Bestandteile der Flachlandschaft von verschiedenem relativen Alter und auch auf verschiedene Weise entstanden sind.

Vor der Anzapfung des „Urstierlochtales“, südl. des Stierlochjoches und vor der Bildung der Bifurkation verlief die Wasserscheide zwischen Alpbach- und Stierlochbachgebiet etwa vom Schafbergostgipfel über den Bühel zur Rhonspitze, wo sie an die Hauptwasserscheide anschloß. Das damalige Talbild im Raum des Spullersees mit dem viel kürzeren Alpbachtal erscheint demnach weitaus ungewöhnlicher als das gegenwärtige, weil das Alpbachtal damals ein genau so kurzes Quelltal zum Dalaaserstaffeltal war wie die anderen. Die fast inverse Richtung der gegenwärtigen Täler hat dann gar nichts Ungewöhnliches an sich.

Zusammenfassend stellen wir fest, daß im Spullerseegebiet drei Talverlegungen stattfanden. Ein absolut sicherer Anhaltspunkt für die Reihenfolge der Verlegungen fehlt, jedenfalls ging stückweise Lechgebiet an das Illgebiet verloren.

Von der Mahdlochspitze (östl. des Stierlochjoches) springt die Wasserscheide entlang des Kammes, der das Zürsertal westl. begleitet, weit nach S und steigt dann über die Hasenfluh in das Tal hinab zum Flexenpaß, so daß das Zürsertal das längste Vorarlberger Seitental zum Lechtal ist. 500 m südl. der Talwasserscheide des Flexenpasses endet der an der Paßhöhe zirka 300 m breite und südwärts schmaler werdende Talboden hängend über dem 300 m tiefer gelegenen obersten Klostertal.

Ebenso wie am Spullersee könnte man auch hier angesichts des jähren Endes eines flachen Talbodens vermuten, daß das Zürsertal einmal beträchtlich länger war.

Wegen der entsprechenden Höhenlage hielt J. Sölch die benachbarte Arlbergfurche (1802 m) für den Rest eines alten Tals, das aus der Fervallgruppe heraus über den Arlbergpaß und Flexenpaß verlief (15, S. 288). Das Zürsertal wäre also auch nur der Rest eines vielfach längeren Tals. O. Ampferer (3, S. 104) und R. v. Klebelsberg (9, S. 443) schlossen sich dieser Meinung an.

Außer der Nachbarschaft beider „Hochfluren“ führt J. Sölch die gleichartige Entwicklung von Niveaus sowohl über dem Arlberg als auch im Zürsertal als Beweise für seine Erklärung an. Besonders ein Niveau in 1900 m wird angeführt, dem im Zürsertal die Mündung des Pazieltales sowie „Ecken und Terrassen bis zum Lech hin und im W breite, alte Flächenreste“ angehörten (15, S. 288). Jedoch durch die Aufnahmsarbeiten O. Ampferers haben sich die erwähnten „Niveaureste“ als gesteinsbedingt erwiesen, ganz abgesehen davon, daß sie, wie die genaue Untersuchung ergab, durchaus nicht in einheitlichen Höhen liegen. Allein die Hängemündung des Pazieltales in 1880 m dokumentiert ein höheres Niveau über dem Zürser Talboden, sie liegt aber ein Stück tiefer als die nördl. anschließende Hangschulter der Monzabonalpe und die südl. Leiste der Trittalpe. Dort erzeugt

eine Tithonkalk-Oberrätikalk-Kante unter einem breiten Kreideschieferflachhang eine markante Hanggliederung, hier verursachen Einschuppungen von Kössener-Schichten in Hauptdolomit und Tithonkalk eine Hangstufung. Durchlaufende Terrassen oder Kanten an dem das Zürsertal mit der Arlbergfurche verbindenden Gehänge sind überhaupt nicht vorhanden, nicht einmal Reste solcher. Es besteht keinerlei Formenverknüpfung zwischen Flexenpaß und Arlberg.

Ein Hinweis für ein ehemals längeres Zürsertal, freilich nur bei oberflächlicher Betrachtung, könnte die Hängemündung des Pazieltals anscheinend doch sein, allerdings aus einem anderen Grunde als dem von J. Sölch angeführten. Das Einzugsgebiet des Pazieltalbaches ist nämlich nicht wesentlich kleiner als das des Zürserbaches bis zum Zusammenfluß, und dennoch mündet der Pazieltalbach über eine 200 m hohe Stufe. Diesen gewaltigen Unterschied in der Talvertiefung beider Gewässer könnte bei sonst gleichen Verhältnissen nur ein ebensolcher in der Wasserführung erklären, d. h. ein früher größeres Einzugsgebiet eines entsprechend wasserreicheren Zürserbaches. Diese gleichen Verhältnisse sind aber nicht gegeben. Harte Kalke beißen senkrecht zum Pazieltalbach im Gehänge des Haupttales aus und konnten somit in wirksamer Weise dessen Erosion behindern, während der ganze Talraum um Zürs von Kreideschiefern erfüllt war, die dem Zürserbach die Ausräumung sehr erleichterten. Ein deutlicher Hinweis dafür, daß die Stufenmündung des Pazieltales nur durch Ungunst der Gesteinsverhältnisse zustande kam, ist die Fähigkeit des kleinen Stubenbaches, seine, wenn auch steile, Gefällskurve dem Haupttal anzugleichen. Die Breite des Zürsertales in der Umgebung des Flexenpasses besagt also nur, daß der Zürserbach und später auch der Talgletscher bei der Ausräumung der cenomanen Kreideschiefer ganze Arbeit geleistet hatten, im wesentlichen schon vor der Anzapfung des Stubenbaches. Man darf sich hier durch die gesteinsbedingte selektive Talbildung nicht zu unangebrachten Schlußfolgerungen verleiten lassen.

Als stichhältiger Gegenbeweis gegen die Auffassung J. Sölchs ist noch folgendes anzuführen: Wenn man in dem Niveau, in dem das Zürsertal gleichzeitig das „Urverwalltal“ gewesen wäre, das Lechtal mit dem Zürsertal knapp oberhalb ihrer Mündung bezüglich der Breite vergleicht, dann erweist sich jenes noch immer als eindeutiges, breiteres Haupttal, während es doch zum „Urverwalltal“ nur ein ganz unscheinbares Seitental mit weitaus geringer Breite gewesen sein könnte.

Weil durch die eigenen Untersuchungen, gestützt auf die Karten O. Ampferers, die J. Sölch noch nicht zur Verfügung standen (!), die Beobachtungen J. Sölchs sich als nicht zutreffend erwiesen, müssen auch seine Schlußfolgerungen abgelehnt werden, daß durch „starke Flußverlegungen“ infolge einer „Aufwölbung und Hebung“ des Arlberggebietes der „Verwallfluß“ seitens der Rosanna und des Baches des Klostersales „enthaupet worden“ wäre (15, S. 289). Wir haben vielmehr eine ursprüngliche Wasserscheide südl. des Flexenpasses zwischen Erzberg und Trittkopf anzunehmen. Durch stärkere Eintiefung des Klostersales hat ein Seitenbach von dort herauf

die Wasserscheide gegen das Zürsertal so weit zurückgeschoben, daß dessen Talschluß beseitigt und der oberste Zürserbach nach S abgelenkt wurde. Vom Trittkopf nach E bleibt die Lech-Inn-Wasserscheide an den Hauptkamm der Lechtaler Alpen gebunden.

Überblicken wir den gesamten Verlauf der Wasserscheide zwischen oberstem Lechtal und Klostertal, dann merken wir, wie von W nach E sowohl die Entfernung Wasserscheide—Lechtal als auch die Entfernung Lechtal—Klostertal größer werden, der Betrag aber, um den die Wasserscheide verschoben wurde, immer geringer wird. Dies ist kein Zufall, sondern ein Abbild der erosiven Begünstigung der in das Klostertal mündenden Seitenbäche gegenüber dem Formarinbach-Lech und dessen Seitenbächen. Die lokale Erosionsbasis des Klostertales liegt, besonders im W, beträchtlich tiefer als das oberste Lechtal, so daß der relative Höhenunterschied vom Flexenpaß in das Klostertal 290 m, der vom Spullersee bereits 960 m und der vom Rauhen Joch dorthin 1150 m beträgt.

### **Zusammenfassung und Ergebnis.**

1. Das Vorarlberger Lechgebiet fällt, bildlich gesehen, aus dem Wasserscheidenrahmen des Donaugebietes westwärts heraus, so daß es — einem Balkon vergleichbar — im N, S und W über tieferen, westwärts entwässernden Tälern hängt. Der allgemeinen Abdachungsrichtung (zum Rhein—Bodensee) entgegengesetzt entwässert der Lech sein Vorarlberger Einzugsgebiet nach E bzw. NE, denn abgesehen von der Roten Wand werden die Gipfelhöhen von E nach W niedriger (siehe Übersichtskarte). Dank ihrer tiefer- und nähergelegenen Erosionsbasis sind die Seitenbäche des Alfenzbaches und Lutzbaches und die Bregenzerache (auch die Illerquellbäche) zu stärkerer Talvertiefung befähigt als der Lech, so daß die Wasserscheide bereits an vielen Orten lechwärts verschoben wurde. Am Auenfeld, Gehrenglat, Spullersee, Stierlochjoch und Flexenpaß waren die Verlegungen mit Anzapfungen verbunden.

Die Verlegung der Wasserscheide führte gleichzeitig zu Depressionen, so daß ihr in kurzen Abständen Jöcher, Pässe und Talwasserscheiden eingeschaltet sind, weil jede Verschiebung gleichzeitig einen Abstieg der Wasserscheide in das gegenüberliegende Quellgebiet bedeutet. Je steiler die Hänge der Zwischentalscheibe sind, desto höher ist der Abstieg bei gleichem horizontalem Verschub. Weil nun die Talschlüsse im Innern des Gebirges steil sind, erreicht die Depression große Beträge (z. B. Trittkopf-Flexenpaß: 940 m, Schafberg-Spullersee: 840 m, Mohnenfluh-„Auf der Sulzen“: 830 m).

2. Die morphologisch eindeutig analysierbare Entwicklung nordwestl. von Lech hat gezeigt, daß der Verlust des Einzugsgebietes weder stetig noch gleichsinnig vor sich ging, sondern mit Rückschlägen verbunden war und noch ist, indem der Lech bereits verlorengegangenes Gebiet zurückgewann. Es ist anzunehmen, daß der Kampf um die Wasserscheide auch an anderen Orten wechselvoll war, wenngleich Anhaltspunkte zur genaueren Feststellung fehlen.

3. Die Ursache für den Wechsel in der Wasserscheidenverschiebung ist ruckweise, beiderseits der Wasserscheide zu verschiedenen Zeiten erfolgte Talvertiefung. Dafür wiederum ist einerseits die während der Talbildung noch andauernde Tektonik, andererseits die im wechselnden Erosionswiderstand zur Geltung kommende Stratigraphie verantwortlich zu machen.

Zweifellos ist eine entscheidende Ursache die Jungtektonik mit ihren vielfachen Aufwölbungen, Einwalmungen oder En-bloc-Hebungen, jedoch wird hier ganz bewußt von allen diesbezüglichen Spekulationen (mehr wäre es auf keinen Fall!), etwa über die lokale Art und Weise oder den Zeitpunkt solcher Vorgänge, abgesehen, weil morphologische Methoden zwar nicht im allgemeinen, so doch hier im besonderen absolut unzureichend sind! Lediglich die eine Vermutung scheint mir nicht unberechtigt zu sein, daß das gesamte Vorarlberger Lechgebiet mit den angrenzenden Teilen des Bregenzerachen- und Alfenzbachgebietes ursprünglich gegen E abgedacht war und erst durch den Einbruch (?) des Bodenseegebietes die westwärts gerichteten Flüsse zu stärkerer Erosion und Talverlängerung veranlaßt wurden, wodurch auch die Abdachungsrichtung allmählich umgekehrt wurde. Allmählich deshalb, weil der Vorgang noch nicht abgeschlossen ist, sondern gerade das gegenwärtige, etwas eigenartige Formenbild eine Phase desselben widerspiegelt. Das oberste Lechtal erschiene dann als „Relikt“ aus früherer Zeit. Ganz besonders die tiefe und schmale Furche des Klostertales scheint irgendwie tektonisch vorgezeichnet und wegen des Fehlens von Seitentälern relativ jung zu sein. Es wäre ferner möglich, daß die selbständige Erhaltung des „Reliktes“ des obersten Lechtals gegenüber dem Rheingebiet nicht zufällig ungefähr mit der Verbreitung der kalkalpinen Decken gegenüber dem Flysch des Achegebietes und dem Kristallin des Alfenzbachgebietes zusammenfällt, sondern daß ein ursächlich-tektonischer Zusammenhang besteht. Das Fehlen von konkreten Beweispunkten für alle diese Vermutungen sagt noch lange nichts gegen deren Wahrscheinlichkeit aus.

Die andere Ursache für die Wasserscheidenverlegungen sind die stratigraphischen Verhältnisse. Der Gesteinswiderstand wechselt sowohl im Lechtal als auch in den nördl. Tälern jenseits der Wasserscheide von Ort zu Ort und was wichtiger ist — von Niveau zu Niveau. Nicht selten quert die eine oder andere harte Gesteinsbank bei verschiedenster Lagerung (!) nicht den gesamten Talquerschnitt, sondern entweder nur in höheren oder in tieferen Niveaus, so daß innerhalb eines und desselben Querschnittes die Flußerosion in diesem Niveau durch weiche Schichten begünstigt, in jenem aber durch harte stark behindert werden konnte. Weil nun beiderseits der Wasserscheide die Flüsse während der Talvertiefung einen derart variablen Gesteinswiderstand zu überwinden hatten, ist das Ergebnis eine ungleichmäßige Tieferlegung des Quellgebietes auf beiden Seiten und damit zwangsläufig eine Verschiebung der Wasserscheide zu dem soeben benachteiligten Quellgebiet. Die wechselnde Wasserscheidenverschiebung ist aber deswegen ebensowenig bloß ein Abbild der gesteinsbedingten Formung, wie sie ebensowenig ein bloßes Abbild der tektonischen Beeinflussung ist, sondern vielmehr die

Resultierende aus den gegenseitig sich teils verstärkenden, teils aufgehenden Wirkungen beider Ursachen.

Es muß wiederum auf diesbezügliche Spekulationen verzichtet werden, etwa durch Rekonstruktion geologischer Profile früherer Talbildungsphasen Aussagen zu machen, nicht nur, weil der Maßstab für die Erosionsleistung der Flüsse in den verschiedenen Gesteinsarten fehlt, sondern weil auch in diesem von Überschiebungslinien reichlichst durchzogenen Alpengebiet die Rekonstruktion geologischer Profile nur sehr fragwürdige Ergebnisse liefert, deren Genauigkeit für diesen Zweck völlig unzureichend ist.

4. Von allen Seiten her droht dem obersten Lechtal die Gefahr der Anzapfung. Es wandern Erosionsimpulse entlang der Bregenzerache, des Lutzbaches und Alfenzbaches (auch Breitach und Stillach) aufwärts. Der Stubenbach wird einmal das gesamte Zürsertal nach S entwässern, der Streubach das Dalaaserstaffeltal und die Bregenzerache oder ein Seitenbach des Lutzbaches oder vielleicht einer des Alfenzbaches den Lech in seinem Tal anzapfen. Wenn einmal alle Anzapfungen, die einander auch gegenseitig beeinflussen können, zustande gekommen sein werden, wird das Lechtal in mehrere kurze, durch Talwasserscheiden verbundene Talungen geteilt sein, bis letzten Endes derjenige Fluß sich den anderen gegenüber durchsetzen und die gesamte Entwässerung des ehemaligen Lechgebietes an sich ziehen wird, dessen Erosionskraft am stärksten durch Tektonik und Gestein begünstigt sein wird.

5. Die Erscheinung der Wasserscheidendepression, Wasserscheidenverschiebung, starken Durchgängigkeit des Talnetzes und Gliederung der Käme in einzelne Berggruppen ist inmitten des Hochgebirges eine Seltenheit, widerspricht geradezu dem gesetzmäßigen Ablauf der Talnetzentwicklung, nicht aber am Alpenrand, wo sie in den randnahen Gebirgsgruppen nahezu zur Regel wird. Die Studien im Vorarlberger Lechgebiet haben gezeigt, daß diese Erscheinung, die häufig durch Epigenese als Folge einer Talverschüttung erklärt wurde, auch ohne jede Talverschüttung und ohne jede Epigenese zustande kommen kann.

Epigenetische Talbildung über frühere Wasserscheiden hinweg kann nur dann stattgefunden haben, wenn die Verschüttung mindestens bis zur Höhe dieser Wasserscheide gereicht hat. Wenn nun die ursprüngliche Wasserscheide, wie es doch bei normaler Entwicklung der Fall ist, über einen (hohen) Kamm und dessen Gipfel verlief, dann müßte die Verschüttung bis in die Gipfelregion gereicht haben. Für solche übermächtige Talverschüttungen, seien es glaziale oder interglaziale, fehlt uns bisher jeder Hinweis, selbst die mächtigsten Verschüttungen, wie sie z. B. im Inntal oder im Lechtal durch die höchstgelegenen Schotterreste oder Konglomerate nachgewiesen sind, betragen immer nur einen Bruchteil der relativen Höhen des betreffenden Gebietes. Bei den gegebenen und wohl kaum zu niedrig geschätzten Höhen der Verschüttungen ist aber eine örtliche Verhüllung der Wasserscheide nur dann möglich, wenn sie an dieser Stelle schon vorher stark erniedrigt war, womöglich überhaupt schon bis zu einer Talwasserscheide. Die Wasserscheidendepression ist dann also nicht eine Folge von Talverschüttung und Epigenese, sondern eine Ursache für diese. Es soll

also keineswegs das bisher zu Recht festgestellte gemeinsame Auftreten beider Erscheinungen bestritten werden, sondern bloß die daraus mitunter in umgekehrtem Sinne gezogenen Folgerungen eines kausalen Zusammenhanges.

Als Ursache für die Häufigkeit von Talwasserscheiden und niedriger Pässe entlang der Wasserscheide kommen für die alpenrandnahen Gebirgsteile dieselben in Frage, die für das oberste Lechgebiet festgestellt wurden: Zeitlich und örtlich wechselnde tektonische und stratigraphische Beeinflussung der Talbildung. Warum aber findet sich diese Erscheinung regelmäßig am Alpenrand und selten im Alpeninneren? Weil gerade am Alpenrand jeder Hebungsimpuls, auch ein geringer, in einer Erosionserneuerung bzw. -beschleunigung wirksam wird und umgekehrt jede Senkung der Erosionsbasis eine Erlahmung der Erosion, wenn nicht überhaupt Aufschüttung, zur Folge hat, während selbst kräftige tektonische Hebungen oder Senkungen noch nicht bis in das Quellgebiet wirksam geworden sind, falls gegensinnige Tendenzen sich vorher nicht überhaupt ausgleichen. Weil alpenrandnahe Gebiete früher „reif“ werden, reagieren sie weitaus feiner auf tektonische Akte als weit entfernte, wobei nicht die Entfernung als solche entscheidend ist, sondern der mit ihr proportionale Erosionsweg. Deshalb also ist die tektonische Bevorzugung am Alpenrand in besonderem Maße mit Vergrößerung des Einzugsgebietes und Benachteiligung mit Verlust verbunden. Beides bedeutet Wasserscheidenverschiebung und -erniedrigung.

Wegen der Nähe der Erosionsbasis erreichen die alpenrandnahen Täler bald eine gewisse „Reife“, Talvertiefung und Tiefenerosion verschwinden zugunsten der Seitenerosion und Talverbreiterung durch Denudation. Um so stärker reagiert hier die Talbildung auch auf gesteinsmäßige Beeinflussung. Wiederum werden dadurch, nämlich durch selektive Abtragung, Wasserscheidenverlegungen ausgelöst. Dagegen werden beim Talaufwärtswandern der Eintiefungsphasen bis in das Quellgebiet stratigraphische Einflüsse ebenso abgeschwächt oder ausgeglichen wie tektonische, daher teilweise oder ganz ausgeschaltet.

Nach obigen Ausführungen erscheint es also nicht mehr als Zufall, daß gerade das Talnetz am Alpenrand sehr durchgängig ist und man oft schwer die primäre Täleranordnung feststellen kann. Eine Seltenheit, nur durch die besonderen, in der vorliegenden Studie behandelten Verhältnisse bedingt, ist die gleiche morphologische Erscheinung im Quellgebiet des Lech.

### Schrifttum.

1. Ampferer, O.: Das geologische Gerüst der Lechtaler Alpen. Zeitschr. D. Oe. A. V. Bd. 40, 1913, S. 1—25.
2. — Geologische Spezialkarte von Österreich, Blatt Stuben. Wien 1929.
3. — Beiträge zur Geologie des obersten Lechtales. Jb. G. B. A. Bd. 80, 1930, S. 103—146.
4. — Geologische Karte der Lechtaler Alpen: Arlberggebiet (1 : 25.000). Wien 1932.
5. — Geologische Karte der Lechtaler Alpen: Klostertaler Alpen (1 : 25.000). Wien 1932.
6. — Erläuterungen zu den geologischen Karten der Lechtaler Alpen (Zeichnungen!). Wien 1932.

7. Bastl, F.: Feststellungen von Erdkrustenbewegungen im oberen Lechtale und Flexengebiet. Geologie und Bauwesen, Bd. 1, H. 2, Wien 1929, S. 83—91.
8. Dvořák, H.: Morphologische Untersuchungen im Lechgebiet (nur Tiroler Lechgebiet). Diss., Wien 1949.
9. Klebelsberg, R. v.: Geologie von Tirol. Berlin 1935.
10. Lindner, H. G.: Das Karrenphänomen, Pet. Mitt. Erg.-H. 208, 1930.
11. Müller, J.: Die diluviale Übertiefung des Lech- und Illergebietes. Jb. preuß. Geol. L. A. Bd. 38, 1918, S. 1—138.
12. Mylius, H.: Die geologischen Verhältnisse des hinteren Bregenzer Waldes in den Quellgebieten der Breitach und der Bregenzer Ache bis südlich zum Lech. Mitt. Gg. Ges. München, Bd. 4, 1909, S. 1—96.
13. Neef, E.: Die Landformung des Bregenzer Waldes. Badener Geogr. Abh. H. 9, 1933.
14. Penck, A.: Die Vergletscherung der Deutschen Alpen. Leipzig 1882.
15. Sölch, J.: Zur Geographie des Arlbergs. Gedenkb. R. Schuilling, Groningen 1924, S. 286—306.

