

TEKTONISCHE UNTERSUCHUNGEN  
IM WETTERSTEINGEBIRGE

VON

KURT LEUCHS

SONDERDRUCK AUS DER  
ZEITSCHRIFT DER DEUTSCHEN GEOLOGISCHEN GESELLSCHAFT  
BAND 87, JAHRGANG 1935, HEFT 10

## **Tektonische Untersuchungen im Wettersteingebirge**

Von KURT LEUCUS, Frankfurt (Main).

(Mit drei Abbildungen.)

Zur Tektonik des Wettersteingebirges sind in den letzten Jahren von verschiedenen Seiten Beiträge veröffentlicht worden, die sehr unterschiedliche Deutungen enthalten. Es handelt sich dabei einerseits um genaue Untersuchungen von Teilgebieten, wodurch weitere Belege für die Richtig-

keit der von AMPFERER, REIS und LEUCHS angenommenen Bewegungsvorgänge erbracht wurden, andererseits aber sind es aus weiterem Überblick gewonnene Anschauungen, bei denen neue Spezialuntersuchungen anscheinend nicht als Grundlage dienen.

Das erhellt besonders deutlich bei einem Vergleich der Ansichten über die Nordgrenze der Wettersteinschubmasse, wie sie 1929 von MAX RICHTER und 1934 von HABER geäußert wurden.

Beide gehen von der Annahme aus, daß am Nordrande des Gebirges normale Verbindung mit dem Vorlande vorhanden ist. Nach RICHTER muß, da er die von SCHLAGINTWEIT behauptete Zugehörigkeit des Wettersteingebirges zur Inntaldecke als zutreffend ansieht, der Nordrand dieser Decke deshalb weiter im N liegen. Das am Nordrande des Beckens von Garmisch-Partenkirchen sich erhebende Kramermassiv wird aus diesem Grunde noch zur Inntaldecke gerechnet und die Überschiebung am Nordfuße des Kramers bildet dann deren Nordrand.

Gegen diese Vereinigung zweier nach ihrem Schichtbestand und Aufbau durchaus verschiedener Gebirgsteile zu einer tektonischen Einheit hat schon AMPFERER wohlbegründeten Einspruch erhoben, dem ich durchaus zustimme.

Ebenso erklärt HABER diese Annahme als falsch. Er sucht die Nordgrenze der Wettersteinmasse nicht im Vorlande, aber auch nicht am Nordrande des Wettersteingebirges, kommt vielmehr zu dem überraschenden Ergebnis, daß diese Grenze mitten durch das Wettersteingebirge selbst zieht. Sie soll südlich des Ehrwalder Köpfls am Westrande beginnen, von dort in östlicher Richtung durch das österreichische und bayerische Schneekar nördlich der Zugspitze und weiter am Fuße der Nordwände des Höllentalspitzen-, Hochblassen- und Gaisgrates entlang ziehen, dann über das Reintal hinüber zu den Ferchenseewänden und bis an das Ostende des südlichen Hauptkammes sich erstrecken.

Diese beiden verschiedenen Annahmen zeigen deutlich, wie schwer es selbst heute noch ist, eine befriedigende Lösung dieser Frage zu geben. Die Schwierigkeit liegt darin, daß zu der am Westrande des Gebirges mit voller Klarheit erschlossenen Westbewegung, die von den meisten Geologen, die sich näher damit befaßt haben, als Tatsache anerkannt ist, zwar entlang der großen Randstörung an der Südseite des südlichen Hauptkammes die dieser Westbewegung entsprechenden Bewegungsvorgänge nachgewiesen sind, daß aber an der Nordseite des Gebirges ähnliche, den O—W-Schub ebenso klar beweisende Aufschlüsse fehlen.

Daraus ergaben sich Unsicherheiten, zu deren Überwindung nicht nur die soeben dargelegten Annahmen gemacht wurden, sondern auch versucht wurde, die Westbewegung überhaupt abzuleugnen oder mindestens in ihrer Bedeutung stark herabzusetzen.

Bei zahlreichen Begehungen der dafür in Betracht kommenden Gebiete, teils gelegentlich von Gutachten für verschiedene Zugspitzbahnprojekte, teils zur genaueren Kenntnis des Gebirgsbaues, lernte ich eine Reihe von Aufschlüssen kennen, deren Bedeutung für die Klärung dieser Frage aus

dem Studium der Karte von REIS und PFAFF allein nicht zu entnehmen ist. Da diese Aufschlüsse anscheinend bei den letzten Erklärungsversuchen unberücksichtigt blieben, soll zunächst ihre Beschreibung gegeben werden.

Im Jahre 1909, also zwei Jahre vor Erscheinen der bayerischen geologischen Karte, stellte ich bei den Untersuchungen für das erste Zugspitzbahnprojekt fest, daß der Muschelkalk am Nordwestsockel des Zugspitzmassivs ungefähr in doppelter Mächtigkeit vorhanden ist. Daraus ergab sich mit Notwendigkeit die Annahme einer Überschiebung, an welcher der orographisch höhere Teil des Muschelkalkes zusammen mit dem hangenden Wettersteinkalk über den orographisch tieferen Teil geschoben ist. Dieser selbst ist über die westlich vorliegenden jüngeren Schichten geschoben.

Eine Bestätigung für diese Annahme brachte dann die geologische Karte mit den Erläuterungen von REIS, die zeigt, daß südlich des Ehrwalder Köpfls die Fortsetzung dieser oberen Überschiebung liegt. Dort ist über dem tieferen Teil des Muschelkalkes eine kleine Masse von Oberjura vorhanden, über den der höhere Teil des Muschelkalkes mit dem Wettersteinkalk geschoben ist. Weiter nach S ist dann nur noch die obere Überschiebung vorhanden.

Zwischen dem Nordfuß des Ehrwalder Köpfls und der Zuggasse, also am NW-Rande des Gebirges, ist der orographisch tiefere Teil des Muschelkalkes größtenteils durch die ausgedehnten Schutthalden verdeckt, die dort den Wandfuß begleiten. Am Riffelriß greift die Schuttbedeckung selbst über den orographisch höheren Muschelkalk und noch weit auf den hangenden Wettersteinkalk empor. Dann springt der Muschelkalk wieder stark nach NW vor und bildet, ebenso wie auch am Unterende des österreichischen und bayerischen Schneekars und unter der Kleinen Riffelwandspitze, eine deutlich ausgeprägte Sockelstufe, deren schwach ansteigende Oberfläche im Gelände terrassenartig hervortritt.

Diese Sockelstufe ist auch noch jenseits der Zuggasse am Nordrande des Gebirges bis zum Höllental vorhanden. Während aber am NW-Rande der Muschelkalk nach oben ziemlich rasch in den meist ungeschichteten Wettersteinkalk übergeht, liegen östlich des Bärnheimatkopfes, der selbst zu der Sockelstufe gehört, zwischen Muschel- und Wettersteinkalk Partnachsichten, bestehend aus Mergeln mit eingelagerten Kalkbänken, im ganzen mit einer Mächtigkeit, die weit hinter der im Ostgebiete (Wamberg—Waldeck) zurückbleibt. Es sind die letzten westlichsten Ausläufer der ladinischen Schlammfazies, die nur im Nordteil des Wettersteingebirges zur Ausbildung gelangt ist, während im übrigen Gebirgsteile nach der anisischen Kalkschlamm sedimentation sofort die ladinische Riffbildung begann.

---

Unterhalb der Schutthalden tritt am NW-Rande anstehendes Gestein erst auf in einem S—N streichenden Geländestreifen westlich der Zuggasse. Es sind Kössener Schichten, ihre Ausdehnung nach S ist noch etwas größer als auf der geologischen Karte angegeben, denn bei dem Bau der bayerischen Zugspitzbahn fand KNACER diese Schichten noch in 1425—1430 m. Vom Muschelkalk sind sie getrennt durch die Schutthalden,

es besteht aber nach der gesamten Sachlage kein Zweifel daran, daß zwischen Kössener Schichten und Muschelkalk die Fortsetzung der unteren Überschiebung liegt, die westlich des Ehrwalder Köpfls den Muschelkalk nach W vorgeschoben hat.

Im unteren Teil der Zuggasse liegen nördlich des Muschelkalkes mit ONO-Streichen Partnachschichten. Sie endigen an der Zuggasse und jenseits, etwa 100 m entfernt, stehen die Kössener Schichten an. Gleiche Entfernung besteht im mittleren Teil der Zuggasse zwischen ihnen und dem Muschelkalk.

Die Übereinstimmung zwischen der Tektonik am Ehrwalder Köpfl und im Bereiche der Zuggasse beschränkt sich aber nicht auf die untere Überschiebung. Denn auch in der Zuggasse ist in etwas höherer Lage eine Parallelüberschiebung vorhanden, analog der südlich des Ehrwalder Köpfls. Ihrer Lage nach ist sie sogar die unmittelbare Fortsetzung dieser oberen Überschiebung.

Der Muschelkalk östlich der Zuggasse streicht ungefähr NO und fällt mit  $45^\circ$  nach SO ein. Über ihm folgt, nach der Karte zwischen zwei spitzwinkelig nach NNO sich vereinigenden Verwerfungen, ein schmaler Streifen von Partnachmergelu und Kalken. Sie sind aufgeschlossen am Wege von der Zuggasse zum Bärnheimatkopf, viel besser aber in der südlich des Weges von der Bärnfalle herabziehenden Seitenschlucht der Zuggasse. Bei der Mündung der Seitenschlucht in die Zuggasse sind auch jenseits dieser, etwa 20 m tiefer, noch Partnachmergel sichtbar.

Am nördlichen Rande der Seitenschlucht stehen zunächst Mergel an, nach oben folgt eine Kalkbank und über dieser liegen wieder konkordant Mergel. Streichen NNO, Fallen  $35^\circ$  OSO. Eine NNO streichende,  $60^\circ$  O fallende Überschiebung trennt die Partnachschichten von dem Muschelkalk, der nach oben folgt. Die über eine längere Strecke entblößte Störungfläche besteht aus einigen, schwach schaufelförmig vorgewölbten Teilstücken, die sich in unregelmäßiger Weise ablösen (Abb. 1). Die Flächen selbst sind z. T. glatt, z. T. mit senkrechten Rutschstreifen versehen. Die Mergel sind am Kontakt stark zerknittert und auch im Muschelkalk oberhalb der Überschiebung und in entsprechender Höhe längs großer Teile des ganzen NW-Randes bis zum Riffelriß, ebenso auch zwischen diesem und dem Ehrwalder Köpfl sind starke Faltungen und Zerknitterungen der Muschelkalkschichten vorhanden, am stärksten ausgebildet in den graubraunen, schwach mergeligen Lagen, die stellenweise sehr gequältes Aussehen haben.

Diese entsprechend der Beschaffenheit des Gesteins hauptsächlich in den mergeligen Lagen sichtbare tektonische Beanspruchung beweist ebenfalls die Fortsetzung der Überschiebungsvorgänge durch das gesamte Gebiet des NW-Randes, in Übereinstimmung mit den Beobachtungen im Gebiete des Ehrwalder Köpfls.

Die Bedeutung der steilen Überschiebung an der Zuggasse ergibt sich zunächst aus ihrer Lage. Sie befindet sich ungefähr ebenso hoch über der unteren Überschiebung, wie die obere am Ehrwalder Köpfl. Aus den gesamten Verhältnissen des NW-Randes kann daher jetzt als sicher angenommen werden, daß die obere Überschiebung am ganzen NW-Rand

entlang streicht. Während aber am Ehrwalder Köpfl die Bewegungsrichtung noch rein westlich ist, wird sie von dort ab, entsprechend dem Umbiegen des Gebirgsrandes, zu einer nach NW gerichteten. Für die untere Überschiebung gilt das gleiche. An der Zuggasse aber erfolgt eine neue Änderung der Richtung nach WNW und im untersten Teil selbst wieder nach W.

Daß es sich dabei nicht um Erosionswirkung mit Rückwärtsverlegung des Stirnrandes der Schubmasse handelt, geht aus der Sachlage bei der steilen Überschiebung an der oberen Zuggasse deutlich hervor. Denn die

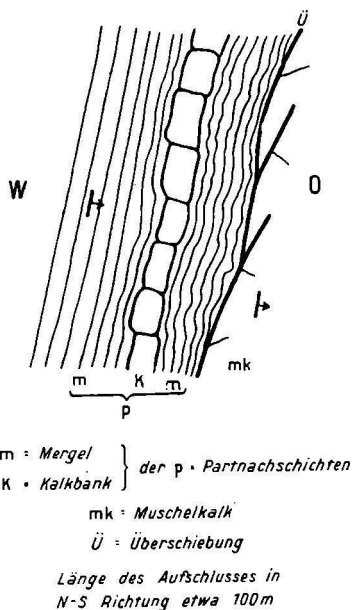


Abb. 1. Grundrißschema des Aufschlusses an der oberen Zuggasse.

senkrechten Rutschstreifen auf der mit  $60^\circ$  nach O einfallenden Überschiebungsfläche beweisen den Westschub der hangenden Massen, die selbst NNO streichen und nach O einfallen.

Über dem Muschelkalk des Bärnheimatkopfes folgt Wettersteinkalk, teilweise mit kenntlicher Bankung. In den Nordwänden der Schöneckspitze streicht er NO bei SO-Fallen, das auf der geologischen Karte südlich der Bärnfalle angegebene Fallen nach NW ist auf Verwechslung mit Klüftung zurückzuführen.

Weiter östlich zieht vom P. 1492 ein begraster Rücken über P. 1699,9 zu dem Westfuß des Großen Waxensteins. Dieser Rücken wird von 1600 m bis zum Wandfuß in 1850 m Höhe von Partnachschichten gebildet. Sie streichen im oberen Teil etwa N—S und fallen  $50\text{--}60^\circ$  nach O.

Dicht östlich des Beginnes des Rückens zeigt sich folgendes (Abb. 2): An einer nahezu O—W streichenden Störung ist der Westvorsprung der Felswand nach W verschoben. Nördlich von ihr liegen die Partnachschieben mit ihrem Wechsel von Mergeln und Kalkbänken. Auch sie sind, und zwar durch den Westschub der östlich über ihnen sich erhebenden Wettersteinkalkwand, nach W bewegt, dabei aus ihrer vorherigen O—W-Streichrichtung um  $90^\circ$  gedreht und steil gestellt. Im einzelnen sind dabei starke Zertrümmerungen und Verbiegungen der Schichten erfolgt. Besonders deutlich zeigt sich das in der östlichen dickeren Kalkbank, die in sich stark zerklüftet ist, mit wechselndem Einschub der einzelnen Blöcke in die vorlagernden Mergel.

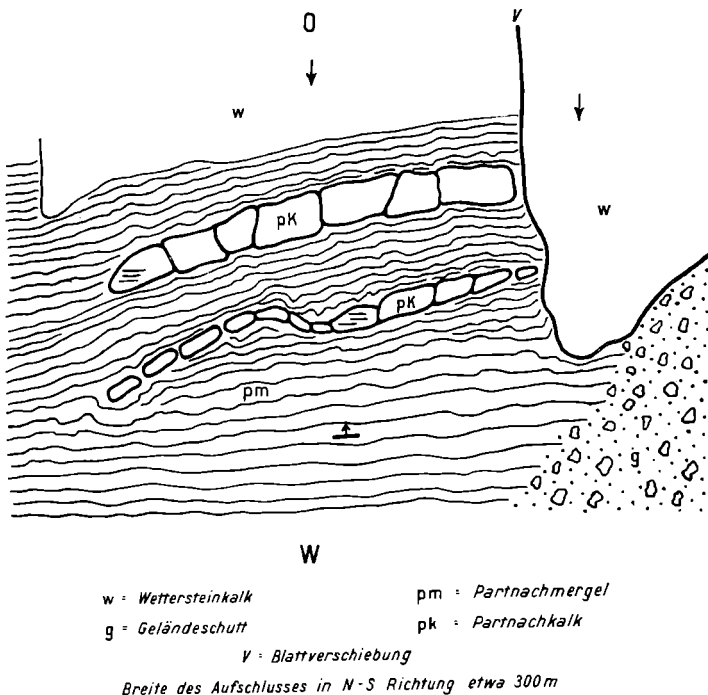


Abb. 2. Grundrißschema des Aufschlusses am Westfuß des Gr. Waxenstein.

Die westliche dünnere Kalkbank ist in ähnlicher Weise zerbrochen, in der Mitte hat sich eine Horizontalflexur gebildet und infolge der verschiedenartigen Einzelbewegungen sind an einigen Stellen beider Kalkbänke auch horizontale Rutschstreifen entstanden. Die Mergel zeigen, abgesehen von den Zonen stärkerer Zerknitterung, im allgemeinen N—S-Streichen, ebenso die dünne Kalkbank, während die dicke Kalkbank im ganzen mehr NNW—SSO streicht.

Gemeinsam ist demnach dieser Scholle von Partnachschieben das weitaus vorwiegende N—S-Streichen und das Einfallen nach O mit  $50-60^\circ$ , wie es in gleicher Weise auch der östlich folgende Wettersteinkalk aufweist.

Die Darstellung auf der geologischen Karte entspricht nicht ganz den tatsächlichen Verhältnissen, deren genaue Wiedergabe allerdings einen größeren Maßstab erfordern würde.

Die nördlich des Zwölferkopfes eingezeichnete westöstlich streichende Verwerfung liegt annähernd parallel zu der von mir festgestellten und auch sie spricht für eine Westbewegung der nördlichsten Wettersteinscholle, wobei Partnachschichten an ihrem Südrande eingeklemmt wurden.

Am Nordfuß des Zwölferkopfes dagegen zeigt sich diskordante Anlagerung der Partnachschichten an den Wettersteinkalk, so daß eine Westbewegung auch dieser Scholle anzunehmen ist.

Am Fuß des Männl, weiter im O, besteht dagegen Konkordanz auch mit dem liegenden Muschelkalk.

Von dort bis zum Beginn der Höllentalklamm bildet eine steile bis senkrechte Verwerfung die Grenze zwischen Wettersteinkalk und Partnachschichten. C. SCHMIDT berichtet allerdings von einem N-Vorschub des Wettersteinkalkes über Partnachschichten in einem Versuchsstollen 320 m westlich des Klammeingangs.

Die Grenzfläche Wettersteinkalk-Partnachschichten fällt dort steiler als diese, aber nahezu gleich steil wie die Wettersteinkalkbänke nach S, so daß die Verschiebung des Wettersteinkalkes nach N nur ganz gering ist. Das ergibt sich auch aus Karte und Profilen von SCHMIDT, besonders dann, wenn die dort angenommene Überfaltung der tieferen Trias über Raibler Schichten und dieser wieder über Hauptdolomit aufgegeben wird, da sie in keiner Weise mit den tatsächlichen Verhältnissen in Einklang zu bringen ist.

Östlich des Einganges zur Höllentalklamm springt der Wettersteinkalk des Hennenecks längs der dort vorhandenen Querverwerfung wieder um 500 m nach N vor. Partnachschichten und Muschelkalk westlich des Hammersbaches streichen WNW, also fast senkrecht zu dieser Scholle von Wettersteinkalk, so daß hier ein gegen W gerichteter Vorschub der Henneneck-Scholle anzunehmen ist, die durch eine im Rotgraben verlaufende Verwerfung von der Schwarzenkopf-Scholle getrennt ist.

---

Der Sockel des Nordrandes zwischen Zuggasse und Hammersbach wird von den steil aufsteigenden Gebieten des Riffel- und Stangenwaldes gebildet. Dichte Bewaldung, nur stellenweise durch die von den Felswänden herabziehenden Schuttströme unterbrochen, verhindert eine genauere tektonische Erforschung. Das Gestein ist zumeist Muschelkalk, im oberen Teil treten die Partnachschichten hinzu, womit dann die Waldbedeckung nachläßt.

In dem flacheren nördlichen Vorgelände sind an einigen Stellen Partnachschichten aufgeschlossen, im W an der unteren Zuggasse ONO, westlich von Hammersbach W—O streichend und übergehend in das von Muschelkalk und Partnachschichten aufgebaute Gebiet von Waldeck, das sich nach O in das Gebiet von Wamberg fortsetzt.



Beiderseits, im S und N, ist das Waldeck-Wamberger Gebiet begleitet von Raibler Schichten, die mit den oberen Partnachsichten durch Sedi-mentationsübergänge verbunden sind. Die ladinische Riffbildung ist dort nicht zur Ausbildung gelangt, wie von MYLIUS und LEUCHS nachgewiesen wurde.

Zahlreiche Störungen durchschneiden diese Zone. Im Waldeckgebiete herrschen NW streichende Brüche vor, im Wambergergebiete treten NO streichende Brüche hinzu. Im ganzen handelt es sich um eine Antiklinalzone in ostwestlicher Richtung, im einzelnen ist, besonders im Ostteil, der Bau durch die Diagonalstörungen, sowie durch Vernehrung der Antiklinalen sehr verwickelt.

Hinderlich ist auch hier die im Gebiete der Mergel sehr üppige Vegetation. Dadurch, sowie auch durch das am Nordrande zwischen Partenkirchen und Klais in weiter Verbreitung vorhandene Quartär ist die Erkennung der Verbandsverhältnisse zwischen Partnach- und Raiblerschichten sehr erschwert. Die Verschiedenheit der Annahmen über die Nordgrenze der Wettersteinmasse ist darauf zurückzuführen.

Bevor ich näher auf die Bedeutung dieses Gebietes eingehe, erscheint es angebracht, die am NW-Rande und am westlichen Teil des Nordrandes gewonnenen Ergebnisse zusammenzufassen (Abb. 3).

Gleichwie am W-Rande des Gebirges die Westbewegung klar ersichtlich ist, so tritt sie auch längs dem ganzen NW-Rande deutlich hervor. Die Richtung ist dort allerdings mehr nordwestlich, entsprechend dem Zurückweichen des Gebirgsrandes.

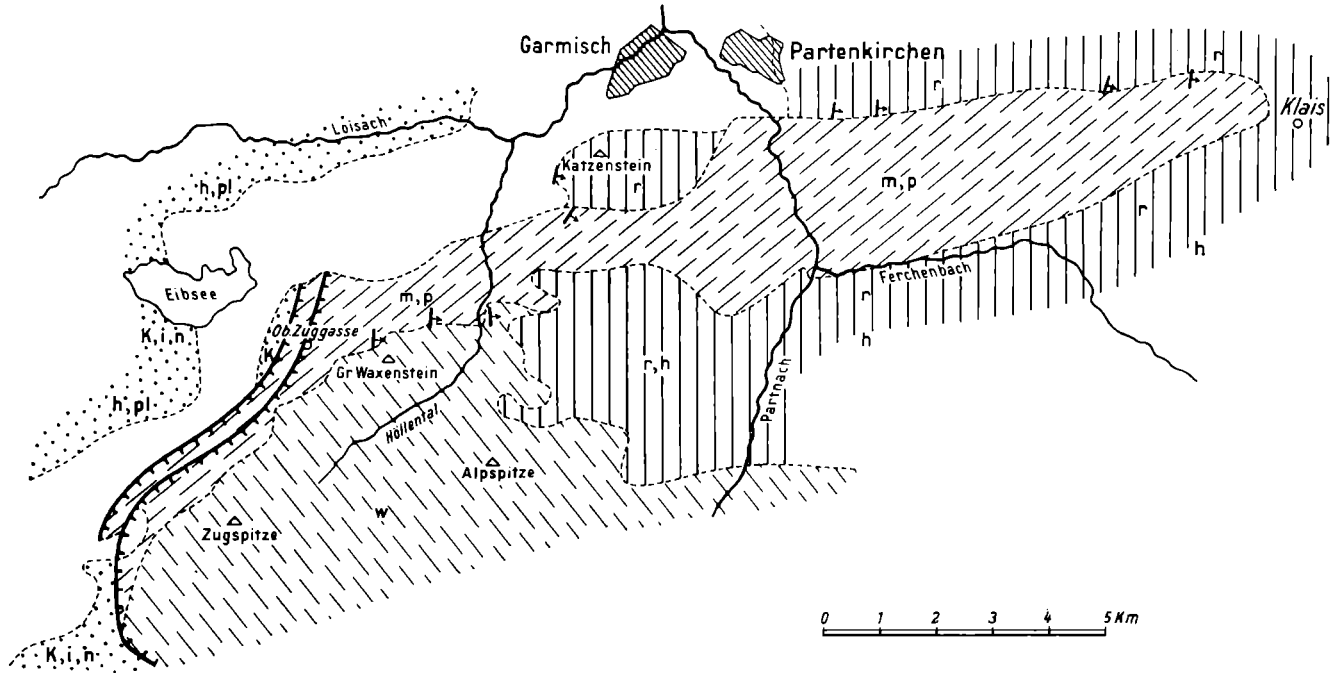
Entlang der ganzen Zuggasse aber, mit der der Nordrand beginnt, tritt wieder Westbewegung auf, am deutlichsten an der oberen Zuggasse, am Fuß der Wände des Großen Waxensteins und des Zwölferkopfes, sowie des Hennenecks, damit an dem ganzen Westteil des Nordrandes, wenn auch nur in einzelnen, untereinander nicht zusammenhängenden Aufschlüssen, so doch mit genügender Überzeugungskraft, um die Wirkung einer das ganze Gebiet beherrschenden Westbewegung zu beweisen.

Zugleich hat sich gezeigt, daß die südlich des Ehrwalder Köpfls einsetzende Verdoppelung der Schubflächen von dort bis zur Zuggasse anhält.

Weiter nach O erfahren die tektonischen Bewegungen eine Änderung infolge des Auftretens der Partnachsichten. Die Grenze zwischen ihnen und dem Wettersteinkalk wird jetzt, als Grenze mechanisch sehr verschiedener Baustoffe (Mergel und Riffkalk), der Hauptzeuge für die Westbewegung, die sich in den einzelnen Aufschlüssen auf das klarste zu erkennen gibt.

Wichtig ist dabei, nicht nur im Wettersteingebirge, sondern in gleicher Weise bei allen derartigen Bewegungsvorgängen, eine Tatsache, die vielfach nicht gebührend berücksichtigt wird, nämlich die im einzelnen sehr ungleiche Bewegung der Teilstücke einer größeren Schubmasse.

Im Wettersteingebirge tritt das vor allem in den mächtigen Kalksteinschollen in Erscheinung, am deutlichsten an ihren Rändern, aber auch in den inneren Gebieten.



m, p = Muschelkalk, Partnachschichten      w = Wettersteinkalk      r = Raibler Schichten  
 h = Hauptdolomit      pl = Plattenkalk      K = Kössener Schichten      i = Jura      n = Neokom  
 ▲ = Überschiebungen und O-W Bewegungen  
 Nur die wichtigen Randstörungen sind angegeben.

Abb. 3. Tektonische Skizze des Wetterstein - NW- und N - Randes.

Gerade der Westrand des Gebirges bietet hierfür ein ausgezeichnetes Beispiel. Von den Holzerwiesen bis zu dem Wege von Ehrwald zur Wiener Neustädter Hütte ist nur eine einzige Überschiebung vorhanden, durch die Muschel- und Wettersteinkalk über Jura und Neokom der Lermooser Mulde geschoben ist, wobei die jungen Schichten um  $90^\circ$  gedreht wurden, so daß sie parallel dem Überschiebungsrande streichen. Südlich des Ehrwalder Köpfls aber beginnt die Verdoppelung der Schubflächen, die bis zur Zuggasse bestehen bleibt. Die Ursache ist in einem durch Widerstände des Basalgebirges erzeugten Stillstand der unteren Schubmasse zu suchen, über die dann im weiteren Verlaufe der Bewegungsvorgänge die von jener sich ablösende obere Hauptschubmasse vorgetrieben wurde.

Die Tektonik am Nordrande zeigt eine weitere, für Randgebiete von Schubmassen bezeichnende Eigenschaft, die ebenfalls durch verschiedene Bewegungsmöglichkeit hervorgebracht wird. Es ist das die Abtrennung von Randschollen der Schubmasse an Blattverschiebungen, die in der Schubrichtung oder auch diagonal zu ihr streichen. Am deutlichsten ist das zu erkennen, wenn starke Materialunterschiede in der Schubmasse vorhanden sind, wie bei den beschriebenen Stellen, von denen vor allem die am Westfuße des Großen Waxensteins ein Analogon zu der großen Überschiebung des Westrandes darstellt.

Die Bewegungsvorgänge am Stirnrand und im Nordteil der Schubmasse stimmen hier überein und führen zu mehr oder weniger steilen Überschiebungen.

---

Bei dem Vorschub einer größeren Masse entstehen je nach Art der vorausgegangenen Faltung und Abtragung, sowie nach Beschaffenheit der Baustoffe Ungleichheiten des Widerstandes und der Druckweiterleitung. Die Folge davon ist das Auftreten von unter sich verschiedenen Teilbewegungen. In ausgezeichneter Weise ist das an der großen Südrandstörung des Wettersteingebirges zu sehen. Die dort in überaus großer Zahl festgestellten Differentialbewegungen sind gleichzeitig mit der Gesamtbewegung des Gebirges in O-W-Richtung erfolgt und sind scherende Bewegungen innerhalb der Gesamtmasse.

Meine 1930 veröffentlichten Beobachtungen und Folgerungen über diese Tektonik haben seitdem bei allen Geologen, die nicht von vornherein das Auftreten von O-W-Bewegungen in den Ostalpen ablehnen, Zustimmung gefunden.

O-W-Bewegungen, zuerst von ROTHPLETZ festgestellt, sind aber gerade in den letzten Jahren in so großer Zahl in den verschiedensten Gebieten der Ostalpen nachgewiesen worden, daß mit ihrem Vorhandensein als einer für die Tektonik der Ostalpen sehr wichtigen Tatsache, nicht nur für die Deutung des inneren Aufbaues, sondern auch für die vielfach davon abhängige Formgestaltung unbedingt gerechnet werden muß.

Wenn RICHTER noch 1929, vor Erscheinen meiner Arbeit über das südliche Wettersteingebirge behauptet, daß die Neigung von Schubflächen nicht zur Feststellung der Schubrichtungen benutzt werden darf, da Schubflächen nachträglich beliebig, wie jede Schichtfläche gefaltet oder verbogen werden können, dann entfällt damit jede Möglichkeit, aus der Lage von Schubflächen die Bewegungsrichtung festzustellen.

Selbstverständlich sind Schubflächen in späteren Phasen gefaltet worden, wenn auch der Nachweis solcher Faltung in Teilgebieten nun nicht ohne weiteres für das Gesamtgebiet angenommen werden kann.

Besteht aber die Möglichkeit einer nach der Überschiebung eingetretenen Faltung von Grund- und Deckgebirge, dann können andere Erzeugnisse des Überschiebungsvorganges Hinweise auf die Bewegungsrichtung geben. Als solche werden allgemein die Rutschstreifen angesehen. Bei einer nachträglich steil gestellten S-N-Überschiebung müssen dann die Rutschstreifen ebenfalls steil bis senkrecht verlaufen. Trifft das nicht zu, so liegt es nahe, eine andere Bewegungsrichtung anzunehmen.

Am Südrande des Wettersteingebirges sind nun Rutschstreifen vereinzelt schon von AMPFERER festgestellt worden, später konnte ich sie in großer Zahl längs der 11 km langen Randstörung vom Puitental bis zum Gatterl nachweisen. Sie stehen nie senkrecht, sondern verlaufen nahezu horizontal (10—20°, seltener 30°, ganz selten 40° gegen W geneigt, einmal 10° gegen O).

Diese eindeutig für eine Bewegung in ostwestlicher Richtung sprechenden Rutschstreifen erklärt RICHTER 1929 (vor Erscheinen meiner Arbeit) „als Folge der Ausweichbewegung quer zum Druck. Derartige Dehnungs- oder Streckungserscheinungen finden sich bei jeder Falte in der Richtung des Streichens, ohne daß man jemals daraus auf einen Druck in der Streichrichtung der betreffenden Falte geschlossen hätte.“ Auch 1931 in einer Besprechung des Buches von BODEN in der Geol. Rundschau sagt M. RICHTER: „Horizontale Rutschstreifen in O-W-Richtung sind ein Beweis für Dehnung, nicht aber für nachträgliche Westbewegung des Wettersteins.“

Damit und mit der Annahme, daß die in N-S-Richtung gedrehten und verschleppten Schollen am SW- und W-Rande des Wettersteins ihre Richtung zwanglos als Komponente aus dem Nordvorstoß der Inntaldecke und dem starken östlichen Achsialgefälle des Wettersteins erhalten haben, ergibt sich für RICHTER, daß auch der Westrand keinerlei Westbewegung erkennen läßt.

Näher hierauf einzugehen, ist unnötig. Schon AMPFERER hat diese Annahmen zurückgewiesen und gesagt, daß die ostwestlichen Schubflächen ebenso wie die Schrägstrukturen des Nordrandes der Inntaldecke (im Vorbergzug) ihre einfache Erklärung in den hier vollzogenen streichenden Verschiebungen finden, wie auch an der Aufschiebung des Wettersteins gegen W oder NW auf die Muldenzone von Lermoos nicht zu zweifeln ist. Die gleiche Annahme vertritt BODEN in seiner neuesten tektonischen Untersuchung 1935.

---

Eine letzten Endes ähnliche Auffassung wie bei RICHTER ist in der Arbeit von HELLER und NIEDER zu finden. Der Vergleich der im Ursprungsgebiete der Partnach festgestellten Störungen mit denen am Südrande zeigt durchaus Übereinstimmung bezüglich der Bewegungsrichtung. Zur Erklärung der Mechanik des Bewegungsvorganges wird angenommen, daß nach erreichter Totfaltung die Kompensation des Druckes durch Streckung im Streichen, durch Querdehnung, erfolgte, wobei Brüche und Verschiebungen entlang den Cloos'schen und Mohr'schen Flächen auftraten. Es bildeten sich deshalb Diagonalbrüche und, da Ausweichmöglich-

keit nur nach W bestand, fand nur O-W-Bewegung des Gebirges statt. Die Mulden- bzw. Sattelflanken sind durch Diagonalstörungen zerstückelt, die stets so gerichtet sind, daß an ihnen gegen W transversale Verkürzung und longitudinale Faltendehnung erfolgte.

Diese Folgerungen führen dazu, als Fortführung der Faltung mit anderen Mitteln, eine O-W gerichtete Dehnung an den Diagonalstörungen anzunehmen, entsprechend der Zusammenpressung der Schichten in N-S-Richtung durch die Faltung. Am Westrande entstand dadurch die Überschiebung. Bei dem geringen Betrag der Schubweite erscheint es nicht nötig, für die O-W-Bewegung noch eine besondere, erst nach der eigentlichen Faltung sich auswirkende Kraft anzunehmen.

---

Bezüglich der geringen Schubweite besteht demnach hier Übereinstimmung mit meinen schon 1923 veröffentlichten Annahmen. Geringe Schubweite ist auch, wie später gezeigt werden soll, für die Feststellung des Nordrandes von großer Wichtigkeit.

Die Erklärung der O-W-Bewegungen durch eine infolge fortdauernden oder sich verstärkenden tektonischen Druckes erzeugte Dehnung, bei gleichzeitiger Unmöglichkeit weiterer S-N-Faltung, ist schließlich nichts anderes, als was sonst für die Entstehung der Querbewegungen verantwortlich gemacht wird. Wäre eine Fortsetzung der S-N-Faltung noch möglich, dann würden keine O-W-Bewegungen entstehen können. Da sie aber vorhanden sind, beweisen sie eben dadurch die inzwischen erreichte Versteifung in S-N-Richtung und das Einsetzen der quer und schräg dazu verlaufenden Bewegungsvorgänge. Genetische und chronologische Zusammenhänge bestehen demnach unzweifelhaft, wie schon wiederholt betont wurde.

Eine andere Frage ist aber, ob dieser starke Wechsel der Bewegungsrichtung nur als Ausklang der Hauptbewegung anzusehen ist oder ob er Beweis für eine weitere, jetzt erst mögliche Bewegungsphase ist, die aus diesem Grunde als eine im engeren Sinne selbständige aufgefaßt werden muß.

Genetische Zusammenhänge sind selbstverständlich vorhanden, denn jede neue Bewegung ist von ihren Vorläufern abhängig. Wenn aber die Querbewegung die mechanisch notwendige letzte Äußerung des gesamten Faltungsvorganges wäre, müßte sie im ganzen Faltungsgebiete in Erscheinung treten. Das ist jedoch in keiner Weise der Fall, denn sonst würden die vorhandenen Querbewegungen nicht als Ausnahmen von der andernfalls anzunehmenden Einheitlichkeit angesehen werden und ihr Vorhandensein würde die Vertreter solcher einheitlicher Bewegungsvorgänge nicht zu den verschiedensten Deutungen veranlassen.

Außer der mehr theoretischen Ableitung der Bewegungsvorgänge bringt die Arbeit von HELLER und NIEDER aber auch, wie von den Verfassern wiederholt betont wird, eine Bestätigung dafür, daß die im südlichen Hauptkamm nachgewiesenen tektonischen Strukturen in ganz ähnlicher Weise auch das innere Wettersteingebiet beherrschen. Die für den südlichen Hauptkamm als unvollständige Antiklinalzone bzw. Südflügel der Reintalmulde bezeichnenden NW streichenden Diagonalstörungen treten in spiegelbildlicher Weise auf im Nordflügel der Reintalmulde (= Mulde des Partnachtales).

---

Weiter gegen N haben die Untersuchungen von KNAUER bei dem Bau der bayerischen Zugspitzbahn wertvolle Erweiterungen der Kenntnis von den tektonischen Verhältnissen des Gebirges gebracht. Vor allem ist hier zu erwähnen der Nachweis zahlreicher NNW und NO streichender Störungen, die als Streckungsklüfte bezeichnet werden, entstanden bei der O-W-Überschiebung der Wettersteinmasse. Dadurch wurde Ausweichen der Teilschollen nach beiden Seiten hin ermöglicht. Auch diese Verwerfungen stehen steil (70°) oder senkrecht, die vielfach vorhandenen Rutschstreifen verlaufen wagrecht oder sind nur wenig geneigt. Die NW-Verwerfungen werden in der Hauptsache als Folge der Überschiebung bezeichnet, deshalb sind sie auf die Schubmasse beschränkt, im Gegensatz zu der Gruppe von jüngeren NO-Verwerfungen, die sich im Grundgebirge fortsetzen. Das sind die jüngsten Störungen, nach der Überschiebung entstanden, gleichwertig der großen Gatterlstörung im Südteil des Gebirges.

Das Auftreten zahlreicher NW-Brüche in diesem Teil des Wettersteins (auch außerhalb des Zugspitzbahngbietes sind sie in größerer Zahl vorhanden, wie ich feststellen konnte), stimmt nun wieder durchaus überein mit den NO-Brüchen des Nordflügels der Reintalmulde. Im ganzen ergibt sich das Bild einer *Fischgrätenstruktur*, die sich durch das ganze Gebiet von S nach N verfolgen läßt, wie es aus der Skizze von HELLER und NIEDER schon deutlich hervorgeht.

---

Genauere Kartierung der Störungen in den Zwischengebieten würde dieses Bild noch vervollständigen. Jedoch genügen die vorhandenen Beobachtungen durchaus zur Feststellung dieser Struktur. Sie geben zugleich eine Vorstellung von der überaus starken *Zertrümmerung* des Gebietes, vor allem dann, wenn auch das Auftreten von Störungen in anderer als der jeweiligen Hauptrichtung berücksichtigt wird. Die Zahl aller Störungen ist natürlich weit größer, als auf der geologischen Karte angegeben. Vielfach ist auch nicht zu erkennen, ob eine Störung nur rein örtliche Bedeutung hat, oder ob sie sich über größere Strecken fortsetzt.

Es ist aus diesen Gründen nur selten möglich, in der Wettersteinkalkmasse selbst Verwerfungen über längere Strecken hinweg zu verfolgen. Ich habe mich z. B. vergebens bemüht, die von HABER als Nordgrenze der Schubmasse angegebene Störungslinie in der Natur zu finden. Einzelne Abschnitte dieser vom österreichischen Schneckkar an nördlich der Zugspitze zum Nordfuße der Höllentalspitzen, des Hochblassen und des Gailgrates verlaufend gedachten Linie sind zwar durch Verwerfungen gekennzeichnet, aber es bestehen keinerlei Anzeichen dafür, daß sie unter sich in Verbindung stehen. Selbst bei genauester Betrachtung lassen sich dort nur nach Gesteinslagerung und gleichmäßigem Bau durchaus lückenlos miteinander verbundene Massen feststellen.

Zudem ist die Fischgrätenstruktur in gleicher Weise bezeichnend für die Gebiete beiderseits dieser angenommenen Störungslinie, und es kann deshalb auch aus diesem Grunde die Nordgrenze der Schubmasse nicht mitten durch die Kalkmasse hindurchgehen. Ebenso sind die oben näher beschriebenen Westbewegungen am Nordrande und die vom SW-Ende des Wettersteins bis zur unteren Zuggasse durchwegs vorhandenen Über-

schiebungszonen Tatsachen, die eine solche Zerreißung des Gebirges widerlegen.

Erst nahe dem Ostende des Gaifgrates an der Stuibenspitze tritt eine W—O streichende Verwerfungszone deutlich hervor, zusammen mit dem Auftreten der Raibler Schichten. Von einer Fortsetzung nach W gegen das langgestreckte Grieskar hin ist aber nichts zu sehen, vielmehr biegt die vom Nordfuß des Gaifkopfes herziehende Verwerfung an der Stuibenspitze in nördliche Richtung um, wobei sie sich in ein Verwerfungsbndel zer-schlagt, dessen einzelne Teile nach NW, NNW und N ausstrahlen.

Jenseits (stlich) der Partnach, folgt das Schachengebiet, in dem Wettersteinkalk und Raibler Schichten in ein Haufwerk von kleinen Schollen zerlegt sind. An seinem Nordfuße ist am Jgersteig Wettersteinkalk steil nach NW über Hauptdolomit geschoben, an der Schwarzen Laine grenzt Wettersteinkalk mit steiler Verwerfung an Raibler Sandstein.

Im Ostteil sind die Raibler Schichten am Fuße der Wettersteinwnde senkrecht gestellt und in ihrer Mächtigkeit stark verringert. Längsstörungen sind dort sicher vorhanden, jedoch sind sie Folgeerscheinungen der Faltung und die Raibler Schichten sind an dem stark gehobenen Südflügel der breiten Mulde abgesunken und ausgequetscht.

Eine Zusammenfassung dieser Störungen von der Stuibenspitze bis zum Ostende des Wettersteins mit der hypothetischen Störungszone durch den Westteil des Gebirges ist demnach gleichfalls abzulehnen.

Schließlich sei noch eine weitere, allenfalls zu erwgende Fortsetzung des Nordrandes der Schubmasse im Gebirge selbst besprochen. Ein Blick auf die geologische Karte zeigt weithin verfolgbare NW—SO streichende Verwerfungen, die sich von Hammersbach bis zum Schachengebiete erstrecken. Sie durchschneiden schräg den Sattel von Waldeck und die sich anschließende große Mulde des Ostteiles bis an ihren Südflügel. Die weitere Fortsetzung wäre dann in der soeben beschriebenen lückenhaften Störungszone vom Nordfuße des Schachen bis zum Ostende des Gebirges zu suchen.

Eine nähere Überprüfung ergibt aber, daß die Nordgrenze der Wettersteinmasse auch dort nicht liegen kann. Denn die NW-Störungen des Waldeckgebietes gehören ja zu der gleichen Art von Diagonalstörungen, die für das gesamte Wettersteinkalkgebiet so bezeichnend sind. Zudem bestnde die Schwierigkeit zu entscheiden, welche der vier Diagonalstörungen den Nordrand bildet und außerdem würde die, trotz aller Zerstückelung im einzelnen doch ein geschlossenes Bauwerk darstellende große Mulde des Ostteiles dadurch in zwei tektonisch ganz verschiedene Abschnitte zerlegt.

Die Nordgrenze der Wettersteinmasse kann demnach auch dort nicht liegen. Außerdem ist auch im Waldeckgebiete Bewegung gegen WNW bis NW nachzuweisen. Deutlich ist das sichtbar in der zwischen der dritten und vierten Diagonalstrung liegenden Scholle (Auf der Mauer). Und endlich ist auch in dem nördlich folgenden Gebiete von Risserkopf und Katzenstein, das eine Mulde aus Raibler Schichten darstellt, Bewegung gegen NW und NNW durch KNAUER nachgewiesen am Westende des Katzensteins im Tunnel der Zugspitzbahn. Das spricht für Zugehörigkeit

dieser Raibler Scholle zur Wettersteinmasse und gibt zugleich Hinweise darauf, wo der Nordrand dort und weiter nach O hin zu suchen ist (siehe Abb. 3).

Betont sei hier zunächst, daß ich schon immer die Schubweite der Wettersteinmasse als sehr gering angenommen habe. Die Überschiebungszone am Westrande kann ohne jede Schwierigkeit als Ergebnis solchen kurzen Schubes erklärt werden. Sie tritt dort nur infolge der starken Materialunterschiede zwischen Grund- und Deckgebirge morphologisch besonders deutlich hervor.

Gleiches gilt für die ostwestliche Bewegungsbahn der Südrandstörung, wo ebenfalls Kalksteine und Mergel die Grenzzonen bilden.

Anders dagegen ist es am N-Rande. Dort bilden das Hauptgestein die vorwiegend aus Mergeln mit eingeschalteten Kalkhänken bestehenden Partnachschichten und über ihnen die zuunterst mergelig-sandigen Raibler Schichten. Allmähliche Übergänge vermitteln zwischen beiden Schichtfolgen, so allmählich, daß es im einzelnen oft sehr schwer, ja selbst unmöglich ist, zu bestimmen, ob es sich noch um Partnach- oder schon um Raibler Schichten handelt. Auch zum Muschelkalk, der in beträchtlicher Ausdehnung vorhanden ist, bestehen Übergänge in der Gesteinsausbildung, wenn sie auch nicht so allmählich vor sich gehen, wie zu den Raibler Schichten.

Diese Art der Baustoffe bringt große Schwierigkeiten für die Feststellung tektonischer Bewegungen mit sich. Trotzdem konnten REIS und PFAFF auf Grund des Auftretens von Muschelkalk und der schmalen Bänder von Partnachkalk eine größere Zahl von Störungen feststellen. Ihr Streichen ist verschieden: neben NW- tritt NO- und außerdem OW-Richtung auf.

An den NW-Brüchen sind Verschiebungen der östlichen Schollen gegen NW erfolgt, an den NO-Brüchen teilweise Verschiebungen von Schollen gegen NO. Bemerkte sei, daß die NO-Störung im Laingraben nach den Untersuchungen von MYLIUS nicht vorhanden ist, da dort ebenso wie im Ferchenbachtal normaler Übergang von Partnach- zu Raibler Schichten besteht.

Im ganzen zeigt das Wamberger Gebiet starke Zerlegung in Teilschollen. Vorherrschen einer Störungsrichtung scheint jedoch nicht vorhanden zu sein, denn die Richtung der Brüche wechselt häufig, besonders bei den NO-Brüchen, wo sie zwischen NO bis fast N schwankt. Wichtig ist außerdem, daß sich keine der Diagonalstörungen in die nördlich und südlich angrenzenden Gebiete fortsetzt.

Diese Beschränkung der Diagonalstörungen auf das Wamberger Gebiet läßt erkennen, daß es sich hier um Bewegungsvorgänge handelt, die dieser Zone eigentümlich sind. Da aber nach W diese Art von Störungen das ganze Wettersteingebiet beherrscht, beweist sie die auch stratigraphisch begründete Zugehörigkeit zu dem nach der Hauptfaltung in O—W-Richtung bewegten Gebiete.

Infolge der für das W-Gebiet anzunehmenden geringen Schubweite kann das Fehlen deutlicher Anzeichen für Westbewegung am Nordrande



des Wamberger Gebietes durch ein gegen O allmähliches Ausklingen der Bewegung erklärt werden. Daß sie aber auch dort noch gewirkt hat, ergibt sich aus den Verhältnissen zwischen Kainzenbad und Gerold, wo MYLIUS eine Anzahl von Beobachtungen über O—W-Bewegung machte. Zusammen damit stellte er allerdings auch W—O-Bewegungen fest, diese lassen sich jedoch als von O kommende Unterschiebungen von Partnachschichten unter Muschelkalk, durch Festfahren der Muschelkalkschollen, deuten. Sicher anzunehmen ist dort das Vorhandensein einer W—O streichenden Störungsline nach REIS zwischen Partnach- und Raibler Schichten, in deren Bereich die Beobachtungen von MYLIUS fallen.

Die geringe Anzahl guter Aufschlüsse läßt in diesem Gebiete keine weiteren beweisenden Stellen finden. Dazu kommt als erschwerender Umstand noch, daß Horizontalverschiebungen an der Grenze zweier so ähnlich ausgebildeter Schichtreihen, wie Partnach- und unterste Raibler Schichten, naturgemäß nur ganz selten zu erkennen sind und noch weniger gelingt dies in den Partnachmergeln selbst, bei denen vielfach die ganze Masse in eine Unzahl von unregelmäßig schaligen splitternden Teilchen zerlegt ist.

Es muß deshalb die im ganzen geringe Zahl sicherer Feststellungen genügen, um zu zeigen, daß die Nordgrenze der nach W bewegten Wettersteinmasse im Grenzgebiete zwischen Partnach- und Raiblerschichten liegt.

Vom Kainzenbad südöstlich Partenkirchen zieht die Grenze dann weiter nach W, nördlich des Katzensteins und nördlich Hammersbach zum Unterende der Zuggasse.

---

Damit ist die Umgrenzung dieser Gebirgsmasse gegeben, die, wie AMPFERER sagt, in den Nordalpen eine Sonderstellung einnimmt, zu deren Erklärung eine örtliche Hebung und ein Vorstoß gegen W ausreicht.

Werden diese Ursachen als maßgebend angesehen und wird vor allem, wie ich immer wieder betonen muß, die Schubweite nicht größer angenommen als sie tatsächlich ist, dann läßt sich die Tektonik des Wettersteins ohne besondere Schwierigkeiten erklären.

Allerdings ist es dabei nötig, sich von der früheren Vorstellung frei zu machen, wonach die Überfaltung und Überschiebung der Alpen ein einheitlicher Vorgang gewesen sei. Die Einheitlichkeit bezüglich der Zeit ist ja schon lange aufgegeben, aber auch die Einheitlichkeit bezüglich der Bewegungsrichtung ist eine Hypothese, die vor allem in den Ostalpen seit den ersten diesbezüglichen Untersuchungen von ROTHPLETZ und besonders in den letzten Jahren immer stärker erschüttert wurde.

Zahlreich sind die Fälle, in denen O—W-Schub in den verschiedensten Teilen der Ostalpen nachgewiesen wurde und auf Grund aller dieser Tatsachen läßt sich heute sagen, daß die Sonderstellung des Wettersteingebirges in den nördlichen Kalkalpen nur wegen der eigenartigen Beziehungen zu seiner Umgebung besteht, daß es aber im übrigen ein in gleicher Weise wie die anderen Gebiete mit ausgesprochener W- und NW-Bewegung zu bewertendes Glied der Ostalpen bildet.

## Literatur.

- AMPFERER, O.: Zur neuen Umgrenzung der Immtaldecke. — Jb. Geol. Bundesanstalt, **81**, Wien 1931.
- BODEN, K.: Geol. Wanderbuch für die bayerischen Alpen. Stuttgart 1930.
- : Die geologische Aufnahme des Rosstein- und Buchstein-Gebietes zwischen der Isar und dem Schwarzen Bach. — Abh. Geol. Landesunters., Heft **17** u. **18**, München 1935.
- HABER, G.: Bau und Entstehung der bayerischen Alpen. — Deutsche Landschaftskunde, **3**, München 1934.
- HELLER, F. & NIEDER, R.: Geologisch-morphologische Untersuchungen im Partnachtal des Wettersteingebirges. — Mitt. über Höhlen- und Karstforschung. Berlin 1932.
- KNAUER, J.: Die geologischen Ergebnisse beim Bau der bayerischen Zugspitzbahn. — Abh. Geol. Landesunters., Heft **10**, München 1933.
- KOCKEL, C. W., RICHTER, M., STEINMANN, H. G.: Geologie der Bayerischen Berge zwischen Lech und Loisach. — Wiss. Veröff. Deutsch. Österr. Alpenver., Heft **10**, 1931.
- LEUCHS, K.: Der Bau der Südrandstörung des Wettersteingebirges. — Geol. Rundschau, **21**, 1930.
- MYLIUS, H.: Ein Beitrag zum geologischen Bau des Wettersteingebirges. — N. Jb. Min. 1916 I.
- REIS, O. & PFAFF, F.: Geologische Karte des Wettersteingebirges, mit Erläuterungen von O. REIS. Geogn. Jh. **23**, München 1911.
- RICHTER, M.: Die Struktur der nördlichen Kalkalpen zwischen Rhein und Inn. — N. Jb. Min., Beil.-Bd. **63**, Abt. B, 1929.
- SCHMIDT, C.: Das Vorkommen von Gelbbleierz im Höllental bei Garmisch. — Z. prakt. Geologie, **23**, 1915.

(Urschrift eingegangen am 3. September 1935.)