©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Eduard Sueß und die Deformation der Vor- und Hinterländer

A. M. Celal Şengör

İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, Ayazağa 34469 İstanbul, Türkei; e-mail: sengor@itu.edu.tr

Die Begriffe „Vorland“ und „Hinterland“ hängen untrennbar mit dem Begriff der „orogenen Einseitigkeit“ zusammen. Alle drei Termini wurden von Eduard SUESS in die Tektonik eingeführt. Vor SUESS betrachtete man die die Gebirgsgürtel umgebenden Flachländer und/oder Mittelgebirge als vom Hochgebirge völlig unabhängige Gebilde, da Gebirge als reine vertikale Erhebungsstrukturen angesehen worden waren.

Das Sitzungsprotokoll zu einem Vortrag, den Eduard SUESS im Sommer 1873 vor der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien gehalten hatte, lässt erkennen, dass SUESS mit seinem Referat die traditionelle Denkweise der Geologen über Gebirge völlig umwarf. Dieser Vortag, bzw. das korrespondierende Protokoll ist von großer Bedeutung für das Verständnis der späteren Schriften von SUESS, einschließlich der *Entstehung der Alpen* (1875) und des *Antlitz der Erde* (1883-1909); es erscheint praktisch unmöglich, die genannten Abhandlungen zu verstehen, ohne den Inhalt des Vortrags zu kennen, da SUESS seine Ideen über die Gebirgsbildung in keiner anderen Schrift so deutlich zum Ausdruck gebracht hat. Ohne Kenntnis des Inhalts der zweiseitigen Publikation wäre es m.E. auch ausgeschlossen, meine weiteren Ausführungen über SUESS' Ideen der Vorlandsdeformation nachzuvollziehen.

Also zunächst der Inhalt des von SUESS selbst verfaßten (wie aus der eigentümlichen Verwendung der Doppel-s anstatt ß hervorgeht!) Vortragsprotokolls, das im Anzeiger der Akademie für die Woche von 17. Juli 1873, S. 130-131 publiziert wurde:

> *„Das w. M. Herr Prof. Sueß legt eine Abhandlung vor, betitelt: ‚Ueber den Aufbau der mitteleuropäischen Hochgebirge‘. Es wird zunächst gezeigt, dass die bisherige Ansicht von der symmetrischen Structur der Hochgebirge und ihrer Erhebung durch eine zentrale Axe aus vielen Gründen nicht mehr haltbar sei, vor allem aus dem Grunde, weil eine nähere Betrachtung zeigt, dass mit Ausnahme eines kleinen Theiles der Alpen und vielleicht des südlichsten Theiles der italienischen Halbinsel überhaupt südliche Nebenzonen an den mitteleuropäischen Gebirgszügen nicht vorkommen. Die neueren, von der normalen Einseitigkeit der Gebirge ausgehenden Erklärungsweisen, wie jene von Dana und Mallet, entsprechen wohl der Sachlage besser, reichen aber ebenfalls nicht hin. Die Alpen gabeln sich nicht, wie gewöhnlich gesagt wird, in der Bucht von Gratz, sondern die mitteleuropäischen Gebirge bilden in ihrer Gesammtheit vom Appennin bis zu den Karpathen eine Gruppe fächerförmig aufeinander folgenden Ketten, welche gegen Nord oder Nordost regelmässige Faltungen, an der entgegengesetzten Seite aber Zerreissungs- und Senkungsfelder, vulkanische Gebilde und Erdbebencentra zeigen.*
>
> *Die erste dieser fächerförmig aufeinanderfolgenden Ketten ist die italienische Halbinsel, die zweite Gruppe bildet Dalmatien mit dem Karst und den Bosnischen Bergen, die dritte Gruppe die mehr und mehr ostwestlich streichenden croatischen, dann die südsteirischen Ketten, die nächste, schon mit südwestlichem Streichen der Bakonywald, die letzte endlich die grosse Kette der Karpathen.*
>
> *Die Alpen selbst sind als mehrere aneinandergeschobene Ketten anzusehen, wie dies sehr deutlich der isolirte Streifen von Triasgesteinen in Kärnthen beweist.*
>
> *Ebensolche Ketten sind der Jura und die schwäbische Alp.*

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Alle diese Gebirge sind in ihrem Verlaufe von der Lage älterer Gebirgsmassen abhängig und ihre Stauung an den alten Gebirgsmassen ist nicht nur im französischen Jura, im schweizerischen Jura u. zw. am Südrande des Schwarzwaldes oder in dem Verlaufe der Anticlinalen der österreichischen Kalkzone südlich von der böhmischen Masse erkennbar, sondern ist die ganze bogenförmige Umgebung der einzelnen Ketten der Westalpen, deren Zusammenhang Desor richtig erkannte, als eine Stauungserscheinung anzusehen.

Wenn die alten Massen von Sardinien mit Corsica und den Hyeren, von Mittel-Frankreich, Mittel-Deutschland und Böhmen als Inseln angesehen würden, und es würde ein Meer den Zwischenraum ausfüllen, dessen Fluthwelle aus Südwest einsetzt, so würde der Verlauf dieser Welle jenem der grossen Kettengebirge durchaus ähnlich sein.

Die alten Gebirge selbst scheinen stellenweise zu zerreissen und einer ähnlichen Richtung zu folgen, so das Riesen- und Erzgebirge. Weit im Osten folgen die Kettengebirge ähnlichen Gesetzen, so der Balkan, dessen Trachytkette schon von Hochstetter mit den Basalten des Riesengebirges, den Trachyten der Karpathen und den Vulkanen Italiens verglichen wurde, so auch der Kaukasus mit der Scholle an der Südspitze der Krim.

Der Verfasser gelangt zu dem Schlusse, dass die gesammte Erdoberfläche sich tatsächlich in einer allgemeinen, aber überaus langsamen und ungleichförmigen Bewegung befindet, welche in Europa zwischen dem 40. und 50. Breitengrade gegen Nordost oder Nord-Nordost gerichtet ist. Die sogenannten alten Gebirgsmassen bewegen sich dabei langsamer als die zwischen ihnen liegenden Regionen, welche Ketten bilden, die sich aufstauen und in welchen in Mitteleuropa an der polaren Seite regelmässige Falten, an der aequatorialen aber Risse erzeugt werden.

Diese eigene Bewegung der Erdoberfläche verhält sich zur Bewegung der ganzen Planeten etwa so, wie die sogenannte eigene Bewegung der Sonnenflecken zur Rotation des gesammten Sonnenkörpers und ihre Richtung ist in verschiedenen Theilen der Erdoberfläche eine verschiedene.“

SUESS postulierte ungleichmäßige langsame Bewegungen innerhalb der Krustenteile zueinander, wobei diese Bewegungen Teil einer generellen Nordbewegung im eurasischen Bereichs darstellen. Solche mobilen Krustenbereiche dachte er sich dabei so groß wie das gesamte Europa, ja vielleicht sogar noch größer. SUESS ist sich dabei aber bewusst, dass sich zusätzlich andere, gleichgroße Teile der Erdkruste in unterschiedliche Richtungen bewegen können.

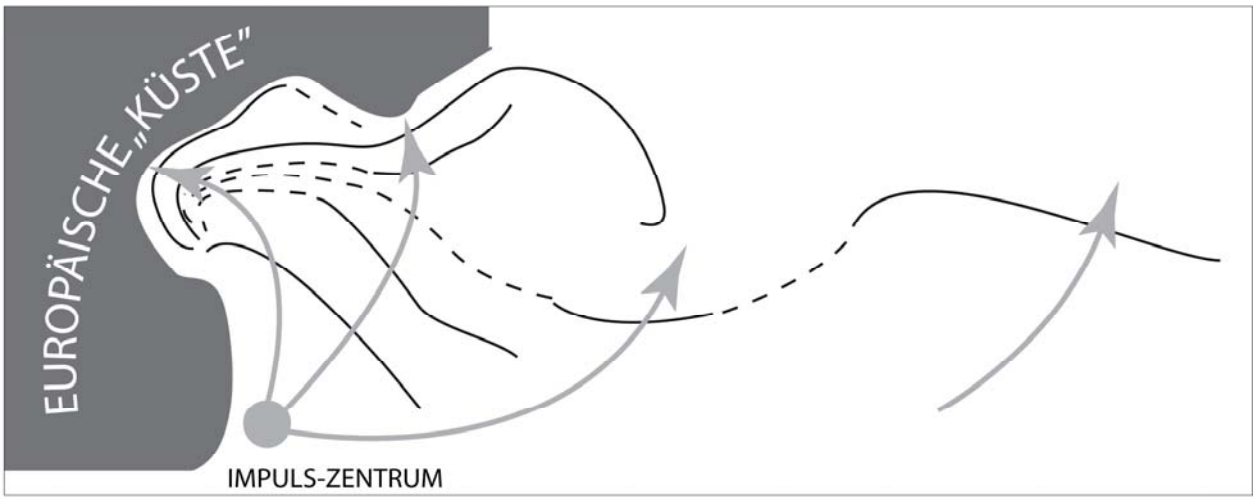

Abb. 1. Die „Wellen-Metapher“ von Sueß 1873. Vergleiche dazu Abb. 2 als Grundlage zu diesem Schema.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Von einer Erdschrumpfung ist in der Kurzpublikation keine Rede. Es ist daher anzunehmen, dass SUESS zuerst das genannte Bewegungsmuster ausgearbeitet hatte, um die Bildung von Gebirgsketten zu erklären und danach erst versuchte, diese Vorstellungen mit der Schrumpfungstheorie zu synthetisieren. Somit bleibt auch spekulativ, ob SUESS, - hätte er sich nicht zu sehr in die Theorie der großen Senkungen vorgewagt und dadurch den Blick für alternative Modelle verstellt, - eine „Art von Kontinentaldrift“ als Erklärungsmodell „erdenken“ müssen.

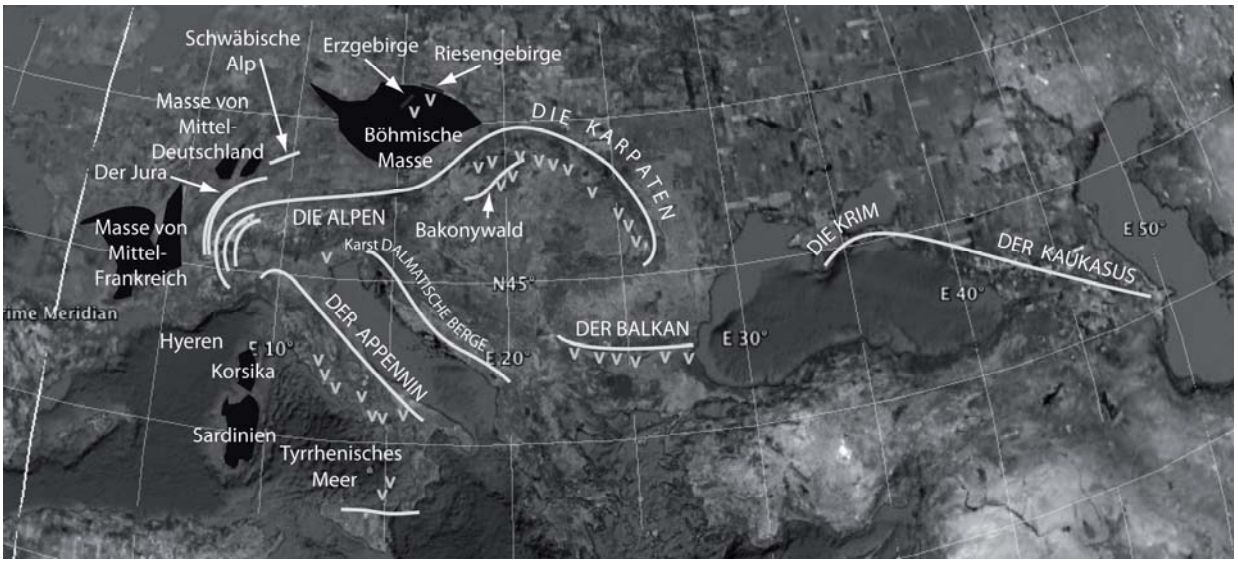

Abb. 2. Die strukturelle Wissensbasis der in der Abb. 1 dargestellten „Wellen-Metapher“ von Sueß 1873. (v … Vulkanite).

Wenn man Abb. 1 betrachtet und dabei der Beschreibung SUESS’ einer nach Norden gerichteten Bewegung der Gebirgsmassen folgt, erkennt man sofort, dass das Alpen-Karpaten-Gebirge einen ungefähr N-S gerichteten Druck auf das Vorland ausüben muss. Diesen Aspekt hat SUESS bereits in der *Entstehung der Alpen* berührt:

> *„In der Fuge zwischen der böhmischen und der sudetischen Scholle ist ein langer Streifen von Syenit heraufgestiegen, der gegen Süd, wie Foetterle gezeigt hat, ärmer an Hornblende wird und als ein Granitrücken sich bis nördlich von Znaim fortsetzt; auch die isolierte südlichere Reihe von Granitbergen bis Meissau ist eine Fortsetzung des Syenitzuges im Norden. ...*
> *Deshalb kann ich mich, das Bild des Ganzen im Auge haltend, des Eindruckes nicht erwehren, als sei die altkrystallinische, böhmische Scholle ein Hinderniss für die Entwicklung der Alpen geblieben, die devonische Sudetenscholle aber während der Bewegungen, gleichsam überwältigt in die Tiefe gedrückt und von ihrer alten Fuge längst der böhmischen Scholle abgelöst worden.“* (S. 69-71)

Dies ist die erste Äußerung, die ich in der geologischen Literatur des 19. Jahrhunderts gefunden habe, die sich auf die Deformation eines Krustensegmentes in unmittelbarer Nachbarschaft eines Gebirges bezieht und deren Verformung als Produkt tangentialer Bewegungen innerhalb des Gebirges interpretiert worden ist. Diese Deutung weicht von allen damaligen Vorstellungen über Gebirgsbildung ab, steht aber mit dem im Vortrag aus dem Jahre 1873 entwickelten Bild in harmonischem Einklang.
Was ist, nach den in der *Entstehung der Alpen* (1875) entwickelten Vorstellungen, das Wesen der Gebirgsbildung? Auf Seite 25 des kleinen, aber epochemachenden Büchleins fasst SUESS bereits ganz klar zusammen:

> *„Immer deutlicher zeigt sich schon bei diesen ersten Betrachtungen, dass gleichförmige Bewegungen grosser Massen im horizontalen Sinne einen viel wesentlicheren Einfluss auf die*

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

heutige Gestaltung des Alpensystems gehabt haben, als die bisher allzusehr betonten verticalen Bewegungen einzelner Theile, ...".

Bereits im ersten Teil des ersten Bandes des *Antlitz* (1883) besprach SUESS die Dislokationen, welche die Bewegungen der sich horizontal bewegenden Massen begleiten und diese lenken. Abschiebungen waren längst bekannt und SUESS glaubte 1883, sie würden von Einsenkungen der Lithosphäre herrühren. Erst später, 1891, deutete er sie auch als Ergebnis horizontaler Bewegungen. Auf- und Überschiebungen sind offenkundige Erscheinungen der krustalen Einengung. Es war aber eine dritte Klasse von Dislokationen bekannt, die allerdings wenig beachtet worden war und deshalb keine Bezeichnung hatte. SUESS wollte diese Lücke in der geologischen Terminologie schließen und wählte ein Beispiel aus den Alpen und ihrem Vorland:

„In jedem Grade des Einflusses auf den Gebirgsbau lassen sich diese steilen Verschiebungsflächen in den östlichen Alpen verfolgen, von der Dislocationen grosser Gebirgstheile an beiden Seiten eines Querthales bis herab zu der nur wenige Meter betragenden Verschiebung an einem erzführenden Blatte und endlich bis zur feinen, einem geraden Haarrisse gleichenden Trennungsfläche im Kalkstein, und diese letzteren Flächen scheinen im Gebirge eine ähnliche Rolle zu spielen wie die noch weit kleineren Verschiebungsflächen, welche das Mikroskop in gekrümmtem Gestein erkennen lässt.
Sie fehlen auch anderen Gebieten nicht; die Medina-fault an welcher eine Hälfte der Insel Wight gegen die andere verschoben wurde, ist dafür ein lehrreiches Beispiel. Dass diese Flächen aus der tangentialen Spannung hervorgehen, wie die Überschiebungsflächen, bedarf wohl keines weiteren Beweises, aber es fehlt für dieselben ein bezeichnender Name.
Köhler kennt auch Verschiebungen dieser Art aus dem Steinkohlengebirge und rechnet dieselben zu Carnall's ‚Uebersprüngen'. Ich werde für dieselben den dem Bergbaue in den Alpen entlehnten Ausdruck ‚Blätter' benützen." (*Antlitz*, Ia, S. 158-159).

Gabriel Auguste DAUBRÉES (1814-1896) Experimente zum Verständnis tektonischer Strukturen, die mit auf Brettern geschraubten oder aufgekitteten Glasplatten durchgeführt wurden, auf die eine parallel zur Grundfläche und tangential zur Seitenfläche eines Körpers wirkenden Kraft (Torsion) ausgeübt wurde, erzeugten gepaarte Dislokationen. SUESS hatte zwar die Ähnlichkeit solcher experimentell erzeugter Strukturen mit den gepaarten Dislokationslinien im Alpenvorland erkannt, konnte aber einem perfekten Vergleich nicht zustimmen. Er glaubte, dass die gepaarten, geradlinigen Dislokationen im Alpenvorland auch aus Horizontalbewegungen hervorgegangen seien, also normale Blattverschiebungen darstellen; dennoch schloss er Einflüsse einer Torsion nicht aus. Sein Paradebeispiel für solche Dislokationen, das Spaltensystem von St. Andreasberg im Harz, war gut bekannt, da es wegen des Erzreichtums dieses Gebiet sehr detailliert kartiert worden war (Abb. 3).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

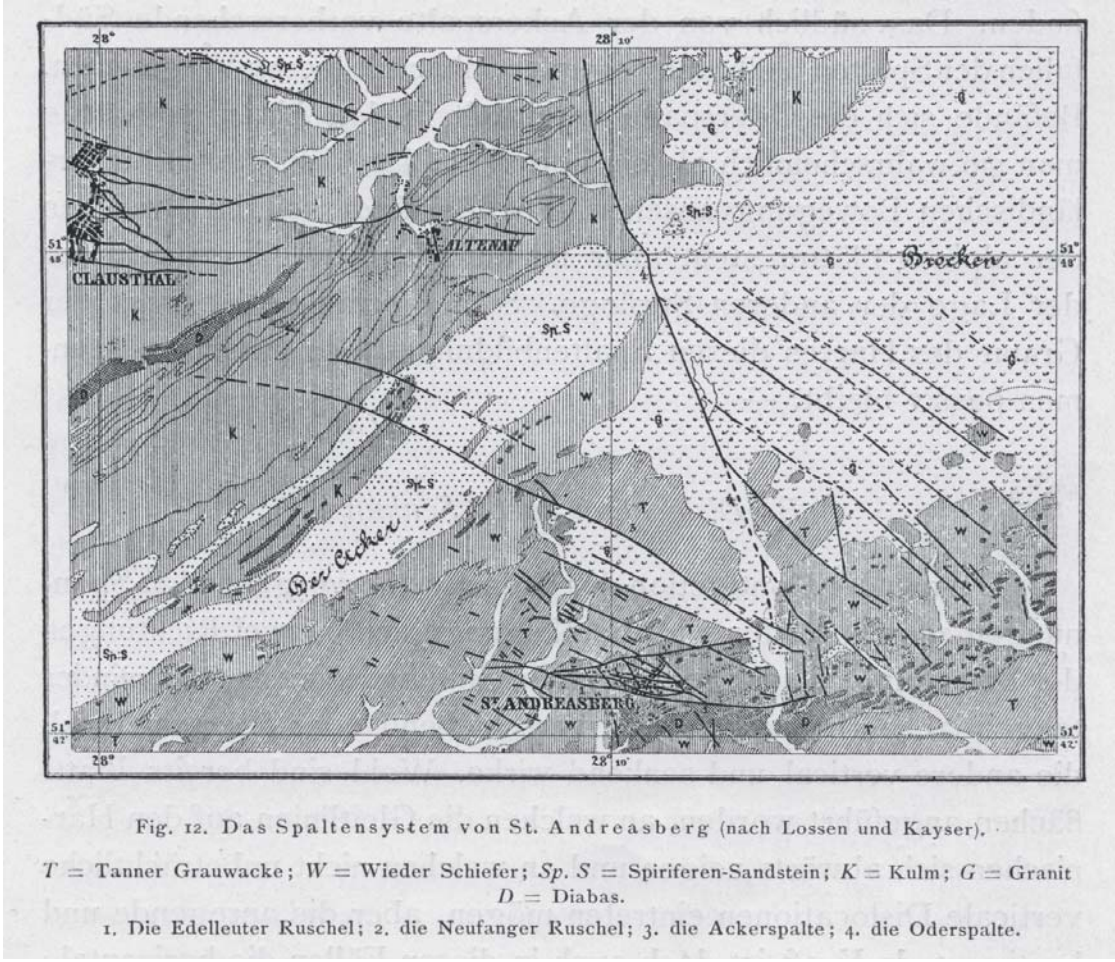

Abb. 3. Das Spaltensystem um St. Andreasberg im Harzgebirge, das aus gepaarten (conjugate) Blättern besteht. Aus Antlitz der Erde, 1883, Bd. Ia, S. 163.

In seiner letzten publizierten Arbeit „*Zerlegung der Gebirgsbildenden Kraft*“ (Mitt. Geol. Ges. Wien, 1913) ist SUESS zum Problem der Vorlandsdeformation zurückgekehrt. SUESS demonstrierte seine nachfolgenden Ausführungen mit zwei Handstücken, um zu zeigen, welche Dislokationsflächen in deformierten Gesteinen auftreten können.

In der ersten Abbildung (hier Abb. 4) zeigte SUESS ein Handstück aus den Bänderkalk-Abfolgen südlich von Hermagor und, um die auf diesem Handstück sichtbaren Deformationserscheinungen zu beschreiben, bediente er sich der Terminologie von DAUBRÉE, indem er die gepaarten Flächen (b und c in Abb. 4) als Diaklasen bezeichnete. Für die parallel mit der Schichtung verlaufenden Deformationsflächen führte SUESS die Bezeichnung Bathroklase (von βάθρον, gr. = „Bank“) ein. Er schreibt:

> *„Die Kraft A ist nahezu senkrecht auf die Wellen. Bathroklase und Wellung stocken. Jetzt bildet sich eine Diaklase als Klüftung senkrecht auf die Ebene der Wellung und auf A; das ist a. Man sieht a hier nicht oft; diese Phase scheint kurz gewesen oder örtlich ganz ausgeblieben zu sein. Nun folgt die Entstehung des Diaklasenpaares b, b und c, c. Sie sind die Veranlassung der rautenförmigen Zerteilung des Gesteins. Sie durchschneiden sich gegenseitig ohne die geringste Schwächung oder Ablenkung und feine Linien verraten, daß die Platte von zahlreichen latenten Klüftungen durchschnitten ist, die b oder c parallel sind.*

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

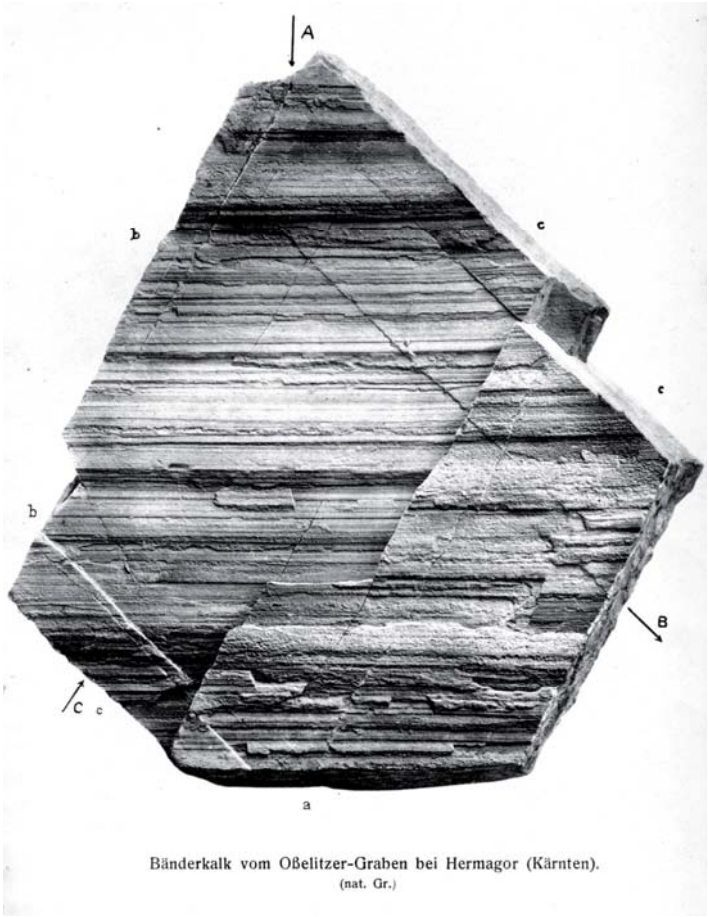

Abb. 4. Deformationsformen auf einem Handstück eines Bänderkalkes aus dem Oselitzgraben, Karnische Alpen (aus Sueß, 1913, Mitt. Geol. Ges. Wien, Taf. I)

> *„Denkt man sich nun auf Taf. I (hier Abb. 4) mitten durch die Figur die orogenetische Kraft A senkrecht auf a verzeichnet, und zieht man ebenso auf die steilen Flächen b und c die senkrechten B und C (als die Richtungen der Kräfte, welche diese Diaklasen hervorgebracht), so ergibt sich, daß diese Kräfte B und C nichts anderes sind, als die nach dem Grundsatze des Kräfteparallelogramms zerlegte Kraft A.“* (S. 26)

Hier haben wir aber ein Problem: SUESS zeigt auf seiner Tafel nur die Normalspannungen, nicht aber die Scherspannungen. Es ist undenkbar, dass er letztere nicht kannte, da er ausdrücklich von dem Gesetz des Parallelogramms spricht. Wenn er aber gegen Ende seiner letzten Arbeit die Großformen der Tektonik Europas zu denselben Vorgängen rechnet, die in den Formen eines Handstückes wiederzufinden sind, dann wissen wir genau, was er dachte. Er konnte zwar 1913 noch nichts über die spätere Verwerfungstheorie von ANDERSON aus dem Jahre 1942 wissen, erkannte jedoch die Einheit der Deformations-Vorgänge in den Gebirgen und in ihren Vorländern.
Während des „dunklen Intermezzos der Tektonik-Forschung“ zwischen 1924 und 1965 ignorierten die meisten Tektoniker SUESS‘ Deutung. Hans STILLE, zum Beispiel, wollte in seinem „Saxonikum“ ein Eigenorogen sehen, zwar germanotyp in seinem Erscheinungsbild, aber ganz unabhängig von den Alpen. Wir wissen, dass weder STILLE noch Hans CLOOS in ihren Deutungen der Vorlandsstrukturen in Europa richtige Interpretation hervorbrachten. Erst seit 1975 sind wir zu SUESS zurückgekehrt. Heute benützt man die Deutungen von SUESS sogar für die Erklärung der tektonischen Strukturen auf dem Merkur!

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 2012

Band/Volume: 96

Autor(en)/Author(s): Sengör A. M. Celal

Artikel/Article: Eduard Sueß und die Deformation der Vor- und Hinterländer. 45-50