

(Fortsetzung von S. 13 und Schluß.)

Die hohe Bedeutung der Beobachtungen von Tarr in der Yakutatbai kann am besten ermessen werden, wenn man liest, was Sueß in seinem fundamentalen Werke über plötzliche Hebungen zusammengestellt hat. Er unterwarf die Berichte über die Hebungen in Südamerika bei den Erdbeben von Valparaiso 1822, von Conception 1835 und von Valdivia 1837

einer eingehenden Überprüfung und gelangte 1882 zur Überzeugung, daß bei keinem dieser großen Beben und auch bei keiner der zahlreichen seitherigen Erderschütterungen des westlichen Südamerika eine Erhebung des Landes bemerkt worden sei. Bei Niederschrift des zweiten, 1888 erschienenen Bandes war ihm nur ein einziger Fall bekannt, in welchem eine große Verwerfungslinie die Küste erreichte und eine Verschiebung der Strandlinie verursacht hat. Das geschah beim großen Erdbeben von Neu-seeland im Januar 1855. Damals hob sich auf der Nordinsel das Land längs einer bestimmten Verwerfungslinie um 2,7 m, so daß der felsige Strand trocken gelegt wurde und nun die Küste als wegsamer Saum umgibt¹⁾. Nun haben wir gar das Beispiel eines großen plötzlichen Aufsteigens des Strandes um 14,4 m! Der Betrag ist so groß, daß an dem Eintreten einer wirklichen Hebung, nämlich einer Bewegung vom Erdzentrum weg, nicht gezweifelt werden kann. Wollten wir im Sinne von Sueß die Gesamtheit aller Krustenbewegungen auf Senkungen zurückführen, so müßten wir annehmen, daß im September 1899 beim Erdbeben von Alaska die gesamte Erdkruste um mindestens 14,4 m eingebrochen und daß nur ein schmaler Pfeiler an der Yakutatbai stehen geblieben sei, welcher uns die früher größere Höhe des Meeresspiegels aufbewahrt hat. Eine allgemeine Senkung von 14,4 m der gesamten Erdkruste aber würde greifbare Folgeerscheinungen nach sich ziehen. Jedes Kleinerwerden der Erde bedingt eine Zunahme ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit, und damit eine Verkürzung der Tageslänge. Mit den also verkürzten Tagen gemessen, würde das Jahr länger erscheinen, und zwar bei einem radialen Schrumpfen der Erde um 14,4 m um mehr als 2 Minuten! Dies würde sich schon in der Zeit von weniger als einem Jahre am Mondlaufe bemerken lassen, — aber keine astronomische Beobachtung hat seither davon etwas erkennen lassen. Bei einer allgemeinen Senkung der Erdkruste von 14,4 m würde ferner der Betrag der Schwere allenthalben auf der Erdoberfläche um 4,5 Millionstel seines Wertes zunehmen müssen. Das ist mehr als der Betrag der Unsicherheit, welcher den besten absoluten Bestimmungen der Beschleunigung der Schwerkraft noch anhaftet; sie ist in Berlin beispielsweise auf drei Millionstel ihres Wertes genau gemessen worden. Nichts aber zeigt uns an, daß die im 20. Jahrhundert vorgenommenen Schweremessungen durchweg größere Beträge geliefert hätten, als die im 19. Jahrhundert vorgenommenen. Die Hypothese von Sueß ist also für unseren Fall nicht anwendbar. Es gibt wirkliche Hebungen, welche plötzlich eintreten bei der Verschiebung einzelner Schollen der Erdkruste gegeneinander. Wir müssen uns hiernach ein anderes Bild von den Bewegungen der Erdkruste machen als Sueß. Verglich er sie mit dem Einbrechen der Eisdecke eines sinkenden Teiches, so müssen wir sie vergleichen mit den Aufpressungen, welche die Eisdecke eines Sees bei starker Kälte erleidet. Dann heben sich längs ausgedehnter Spalten die Schollen steil empor und werden wirklich gehoben. Die ge-

1) Einzelheiten über die hierbei hervorgerufenen Veränderungen hat jüngst mitgeteilt: C. A. Cotton. Recent and Subrecent Movements of Uplift and of Subsidence near Wellington, New Zealand. The Scottish Geographical Magazine. XXVIII. 1912. S. 206.

hohen Schollen decken sich in Alaska in bemerkenswerter Weise nicht etwa mit einzelnen, durch Täler voneinander geschiedenen Höhen; es ist der gesamte Küstenstreifen an der Yakutatbai quer über die Disenchantmentbai hinweg gehoben worden. Wenn wir vorhin auch von einer Schrägstellung der gesamten zwischen dem äußeren Russellfjorde und der Küste gelegenen Partie gesprochen haben, so ist dieselbe doch so unbedeutend, daß an der einzelnen Stelle der Betrag der senkrechten Erhebung über den Meeresspiegel in erster Linie auffällt und man der kleinen Unterschiede in dieser Erhebung erst durch feinere Messungen gewahr wird. Aber sicher kann durch Summation derartiger ungleicher Hebungen schließlich eine ansehnliche Schrägstellung einer Scholle bewirkt werden, wie auch durch Summation von einzelnen ruckweisen Erhebungen hohe Gebirge entstehen können. Zweifellos gilt dies für das Küstengebirge von Alaska; denn wir finden hier jugendliche marine Ablagerungen bis zu 1500 m Höhe emporgehoben. Diese Erhebung ist hier fern von aller vulkanischen Tätigkeit erfolgt, und es besteht keine Veranlassung, sie mit solcher in Verbindung zu bringen. Es gibt also auch sicher nicht vulkanische Hebungen, die mit dem Gebirgsbau in Beziehung stehen und deswegen zu den tektonischen Bewegungen gehören.

Das große Erdbeben von Alaska des Jahres 1899 ist nur ein Glied eines wahren Erdbebenschwarmes, welcher um die Wende des 19. und 20. Jahrhunderts die ganze Westküste der beiden Amerika heimgesucht hat, und welcher insgesamt mit Verwerfungen oder Zerreißen der Erdkruste verbunden gewesen ist. Zu ihnen gehört auch das große Erdbeben, welches am 18. April 1906 San Francisco verheert hat. Es geschah bei einer großen Zerreißen der Erdkruste, welche im mittleren Kalifornien 300 km weit verfolgt werden konnte und 100 km weiter nördlich neuerlich einsetzt. Stellenweise ist das Land im Südwesten dieser Zerreißen auch etwas und zwar um 0,3 bis 0,6 m gehoben worden, doch ist der Betrag dieser Verwerfung in der Senkrechten viel weniger ansehnlich als jener der Verschiebung in der Wagrechten. Es wurde das Land südwestlich der Zerreißen um 5 bis 7 m in der Richtung nach Norden verschoben, und also die Entfernung der Orte beiderseits der Zerreißen um einen solchen Betrag vergrößert.¹⁾ Auf derartige Verschiebungen der Erdkruste ist man verhältnismäßig spät aufmerksam geworden. Erst das große Erdbeben von Mitteljapan vom 20. Oktober 1891 lieferte den ersten sinnfälligen Beweis: es wurde nämlich das Land auf der Nordseite der großen Verwerfungsspalte um 1–4 m gegen Nordwesten hin verschoben, und gleichzeitig wurde es bei Midori gehoben. Ein oft wiedergegebenes Bild zeigt, wie die Wege des Landes sowohl in der Horizontalen als auch in der Vertikalen unterbrochen wurden. Aber jene Verwerfung setzt sich nicht bis zum Meere hin fort, und es ließ sich daher nicht entscheiden, ob die Hebung des einen Flügels gegenüber dem anderen sich auch als eine Hebung am Meeresspiegel geltend mache. Die großartigen Zerreißen gelegentlich des Erdbebens von San Francisco

1) Vergl. The California Earthquake of April 18, 1906. Report of the State Earthquake Investigation Commission, Washington 1908.

folgen allenthalben einer sehr charakteristischen, talähnlichen Eintiefung der Erdoberfläche, welche zweifellos durch wiederholte Zerreißen der Erdkruste an dieser Stelle gebildet worden ist; doch bietet sich kein Anhaltspunkt festzustellen, ob sich derartige Wiederholungen zu größeren Gesamtwirkungen summiert haben und die Entfernungen der Orte beiderseits der Zerreißungslinie des Rifftales ständig größer geworden sind. Bemerkenswerterweise schwächen sich die Verschiebungen längs des Rifftales mit der Entfernung von demselben ab, und Orte, die 20 km von demselben gelegen sind, sind während des Erdbebens nicht gegeneinander verrückt worden. Das ist durch Triangulierungen genau festgestellt worden. Man muß daraus schließen, daß die Schollen beiderseits des Rifftales schon vor einiger Zeit gegeneinander gedreht wurden, bis sie schließlich beim Erdbeben auseinanderrissen; dann schnellten die Partien längs des Risses zurück so wie ein Brett, das bis zum Brechen gebogen wurde. Auch hierbei verändern die Enden des Brettes, an denen die biegenden Hände angreifen, während des Brechens ihre Lage nicht —, nachdem sie während des Biegens allmählich einander genähert worden sind. Nur längs des Bruches geschieht eine ansehnliche Verschiebung während des Brechens. Ähnliches nimmt man auch bei der Eisdecke eines Sees wahr, wenn sie aufreißt, weil sie gezerrt wurde. Zerrungen und Pressungen infolge von Horizontalverschiebungen bilden das Wesen der Krustenbewegungen, und bei beiden kann es zu Hebungen kommen.

Beispiele von solchen bietet die südkalifornische Küste aus der jüngsten geologischen Vergangenheit in reichem Umfang. Weithin strecken sich an der Küste gehobene Terrassen des Meeresbodens. Auf einer solchen führt beispielsweise die Eisenbahn von Santa Barbara nach dem Point Conception. Auffällig gehobene marine Terrassen umgürten den Berg von San Pedro südlich von Los Angeles; sie bestehen zum Teil aus jugendlichen marinen Ablagerungen, welche stellenweise die charakteristische schräge Schichtung von Deltaablagerungen aufweisen und voller Versteinerungen sind. Sie können bis zum höchsten Punkte des 400 m hohen Berges hinauf verfolgt werden. Von hier aus schweift der Blick hinaus auf das Meer. Man sieht die Insel Santa Catalina; weiter südlich entsteigt San Clemente den Wogen. Man kann sich kaum zwei verschiedenere Eilande denken als diese beiden: San Clemente umzogen von zahlreichen Terrassen, ähnlich wie der Berg von San Pedro, nach Norden steil abfallend zum Meere; sichtlich ist das Eiland ähnlich dem Berge von San Pedro durch eine Anzahl von Verwerfungen gehoben worden. Santa Catalina erscheint hingegen wie die Gipfelpartie eines untergetauchten Gebirges, tief zerfurcht von Tälern, welche in Buchten münden. Die Insel ist unverkennbar eine ältere Aufragung, welche unter die Fluten taucht, während San Clemente denselben entsteigt. Dicht liegen wieder Hebungs- und Senkungserscheinungen nebeneinander: zwei Schollen steigen, eine dazwischen gelegene senkt sich.¹⁾ Ähnliche Erscheinungen sind weit verbreitet an den Küsten des pazifischen Ozeans. In zahlreichen Terrassen

¹⁾ Vergl. Andrew C. Lawson. The Post-Pliocene Diastrophism of the Coast of Southern California. Bull. Department of Geology, University of California I. 1893. S. 115.

steigt, wie eine Abbildung von Neuhaus erkennen läßt, das Land am Kap König Wilhelm auf Neu Guinea an; eine jede zeugt von einer stattgehabten Hebung. Weiter südlich, am Hüongolfe, deuten zahlreiche Buchten auf eine Senkung des Landes; denn sie sind nichts anderes als untergetauchte Täler. Erdbeben pflegen die Gegend häufig heimzusuchen. Weiter westlich, unter 142° östlicher Länge, sank während des heftigen Erdbebens vom 15.–16. Dezember 1907 ein etwa 100 qkm großes Stück Land an der Warapu-Lagune plötzlich: Neuhaus hat die versunkenen Häuser und den Wald, über welchen jetzt die Wogen dahinrollen, photographiert.¹⁾ Doch darf man solche örtliche Senkungen nicht unbedingt auf Senkungen der Erdkruste zurückführen.

Bei allen Erdbeben, welche mit wirklichen Verwerfungen und Zerreißen der Erdkruste verbunden sind, treten nämlich Begleiterscheinungen auf, welche auf den ersten Blick solche Verwerfungen und Zerreißen vortäuschen, aber doch lediglich oberflächlicher Art sind: es kommen bei Erdbeben Uferablagerungen an der See oder an der Küste ins Rutschen und reißen vom Hinterlande ab, sodaß hier breite Risse entstehen. Solche sah man namentlich deutlich beim Erdbeben von Messina, wo der Kai sank; solches zeigte sich auch an vielen Stellen beim Erdbeben von San Francisco, wo Uferablagerungen an Flüssen ins Rutschen gerieten und sich staffelförmig absetzten. Doch geht Sueß zu weit, wenn er sehr viele von den Senkungserscheinungen, die von verschiedenen Teilen der Erdoberfläche berichtet werden, auf derartiges Absitzen zurückführt; es gibt daneben auch ganz zweifellose Senkungen: das zeigt uns nicht bloß die Geschichte des Golfes von Neapel, sondern beweisen auch zahlreiche Erscheinungen der österreichischen adriatischen Küste. Kann man nicht mit zwingenden Gründen der Ansicht entgegenreten, daß die Senkungserscheinungen im Bereiche der Po-Ebene, z. B. bei Ravenna, auf ein Zusammensitzen der dortigen losen Aufschüttungen zurückzuführen sind, so verhält es sich doch anders drüben, beispielsweise auf den brionischen Inseln, wo wir auf felsigem Grunde römische Bauten ganz ebenso wie am Golfe von Neapel bis unters Meer hinab verfolgen können, oder in Dalmatien, wo wir bei Salona auf festem felsigen Grund römische Sarkophage unter Wasser sehen.

Neben den jähen, ruckweise vonstatten gehenden Verwerfungen und Zerreißen der Erdkruste, welche von größtem Einfluß auf den Gebirgsbau sind, gibt es langsamer erfolgende Verbiegungen der Erdkruste, die man früher als säkulare Hebungen und Senkungen bezeichnete, nunmehr aber nach dem Vorgange von Gilbert häufig epirogenetische Bewegungen nennt. Schweden ist das klassische Land für ihre Beobachtung. Um die seit 200 Jahren wahrgenommene Hebung des Landes schärfer nachweisen zu können, hat man bereits im 18. Jahrhundert an den Küsten Wasserstandsmarken einmeißeln lassen, deren allmähliches Emporrücken über den Meeresspiegel man bei wiederholten Nachmessungen festgestellt hat. Dabei hat sich ergeben, daß das Land sich im Norden mehr erhebt

1) Deutsch Neu-Guinea, Berlin 1911. Bd. I. S. 17 u. 25.

als in der Mitte: dort etwa $1\frac{1}{2}$ m, hier nur $\frac{1}{2}$ m im Jahrhundert, während an der Südküste die Hebung nahezu gleich Null ist. Es findet also eine Schrägstellung des Landes gegenwärtig statt. Doch blieb eine gewisse Unsicherheit darüber, ob die Wasserstandsmarken wirklich genau im Mittelwasser angebracht gewesen seien, und ob man am Tage der Nachmessung nicht außergewöhnliche Wasserstandsverhältnisse gehabt hätte. Allerdings gab der sogenannte Tangrand einen wichtigen Anhaltspunkt: die Tange wachsen nur bis zum mittleren Meeresspiegel und legen also dessen Lage gleichsam automatisch fest. Aber es tritt die Hebung des Landes auch in den Wasserstandsablesungen an den Küsten entgegen. Durchschnittlich steigt bei Stockholm das Land um 4 mm im Jahre. Dies läßt sich jedoch nicht von Jahr zu Jahr klar erkennen; es steht nicht in jedem folgenden Jahre der Meeresspiegel um durchschnittlich 4 mm tiefer als im vorhergehenden; denn in regenreichen Sommern schwillt die nörd-

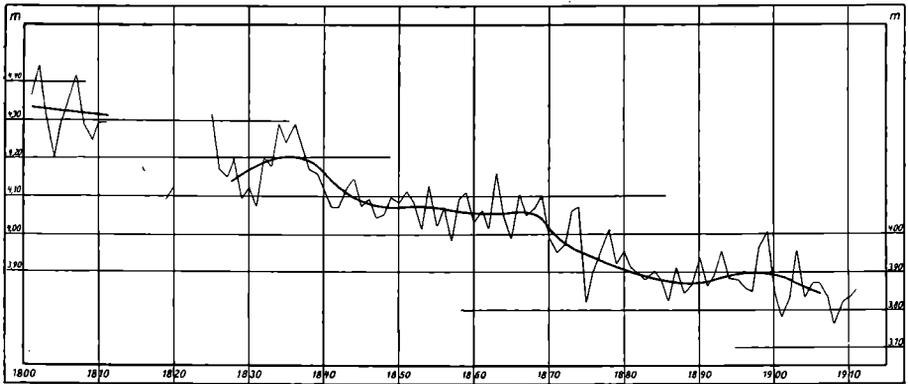


Abb. 8. Wasserstand der Ostsee bei Stockholm 1801—1911. Schwach: Kurve der Jahresmittel, stark: Kurve der Fünfjahresmittel.

liche Ostsee etwas an, und wir haben dann allgemein an den Küsten von Schweden und Finnland hohen Wasserstand, der den des vorhergehenden Jahres nicht unwesentlich übertreffen kann. So war beispielsweise das Niveau der Ostsee 1898 in ganz Schweden um mehr als 10 cm höher als im Jahre vorher, und es stieg das Wasser bis 1899 noch um weitere 7 cm; dann aber fiel es wieder rasch. Es war nur eine Episode, welche das allgemeine Sinken des Wasserstandes bei Stockholm unterbrochen hat. Solchen Episoden begegnen wir im Laufe des letzten Jahrhunderts dreimal nämlich: 1830—1840, 1860—1870, ferner kurz vor 1900, also rund im Jahrhundert dreimal. Das entspricht der von Brückner nachgewiesenen 35jährigen Periode der Klimawechsel. Sie treten in unserem Diagramm (Abb. 8) deutlich entgegen, welches die Kurve der mittleren Jahreswasserstände für die Salzsee bei Stockholm von 1801—1911 (mit Unterbrechung von 1811—1825), sowie stärker ausgezogen, die Kurve der 5 Jahresmittel enthält. Letztere bringt klar zum Ausdruck, was in der hin und herpendelnden Kurve der Jahreswasserstände nicht offenkundig wird.

Wir haben allen Grund anzunehmen, daß die Hebung von Schweden seit mehreren Jahrtausenden anhält. Die Gegend von Stockholm ist weit-

hin mit Ablagerungen des Meeres bedeckt, welche jener Zeit entstammen, als die Ostsee zum ersten Male durch die Belte und den Sund mit dem Weltmeere in Zusammenhang stand; sie reichen bis auf etwa 60 m Höhe. Wenn die Hebung stets in gleichem Tempo wie heute von statten gegangen ist, so würden rund $13\frac{1}{3}$ Jahrtausende notwendig sein, um jene alten Ostseeablagerungen auf ihre heutige Höhe zu bringen. Aber es ist wohl kaum anzunehmen, daß die Hebung immer mit gleicher Geschwindigkeit wie heute geschehen sei; hat sie doch, wie es scheint, an Intensität während des 18. Jahrhunderts etwas nachgelassen. Es gibt aber andere Gründe, die Dauer der Hebung auf mindestens 7000 Jahre zu veranschlagen.

Wir finden sie in Dänemark. Dort ist zwar der Betrag der Hebung geringer, denn diese nimmt gegen Süden an Intensität ab. Aber noch erheben sich die gehobenen marinen Schichten 10–20 m über das Meer und bekunden, daß zur Zeit ihrer Ablagerung die Wasserverbindung zwischen Ostsee und Nordsee ergiebiger als heute war. Es konnte daher mehr Salzwasser in die Ostsee einströmen, und diese war salziger als gegenwärtig. Das lehrt ihre Fauna aus jener Zeit: die kleine Strandschnecke, *Littorina litorea*, lebte damals in der ganzen Ostsee, während sie heute dort nicht mehr vorkommt. An der dänischen Küste, namentlich im Limfjorde, waren Austern häufig. Sie gaben einer uralten Bevölkerung Nahrung; mächtige Abfallhaufen von Austernschalen, die sogenannten „Kjökkenmøddinger“ zeugen von dem massenhaften Konsum dieser Muschel durch den Menschen, der im Kulturzustande der beginnenden jüngeren Steinzeit lebte. Wir müssen deren Anfänge und damit die Littorinazeit aber mindestens 7000 Jahre zurückverlegen. Für eine solche Dauer können wir also die Hebung von Schweden nachweisen. Ihr heutiger Fortgang ist nur der Ausklang einer sehr lang anhaltenden Bewegung, und angesichts von deren Umfang und Dauer ist es gänzlich ausgeschlossen, die Erklärung aufrecht zu erhalten, welche Eduard Sueß für die schwedische Hebung gegeben hat. Er glaubte in ihr lediglich die Anzeichen einer Entleerung der Ostsee zu erblicken, ähnlich derjenigen, welche nach den nassen Jahren 1898 und 1899 stattgefunden hat — da sanken die Wasserstände an der schwedischen Küste in einem Jahre um 13,4 cm. Ein derartiges Entleeren kann nicht Jahrtausende lang anhalten, es erscheint lediglich als Folge einer zeitweiligen Auffüllung der Ostsee, wie eine solche, wie wir gesehen haben, etwa alle 35 Jahre vorkommt.

Daß wir es in Schweden überhaupt nicht mit Veränderungen in der Wasserhöhe des Meeres, sondern mit einer Veränderung in der Höhenlage des Landes zu tun haben, geht zwingend daraus hervor, daß der alte Meeresspiegel der Littorinazeit gegen den heutigen ganz ansehnlich geneigt ist. Er erhebt sich quer über die Ostsee von Libau gegen Stockholm um rund 60 m, steigt also mit einem Gefälle von ungefähr 18 cm auf 1 km an. Dieses Ansteigen des Strandes vom ehemaligen Littorinameere ist namentlich genau auf der Insel Gotland durch Henrik Munthe¹⁾

1) Studier öfver Gotlands senkvartära historia. *Ath. Sveriges geologiska undersökning*. Nr. 4. 1910. *Studies in the late-quaternary history of Southern Sweden*. *Geol. Fören. i. Stockholm Förh.* XXXII. 1910. S. 1197.

verfolgt worden. Am Süden der Insel liegt er in nur 14 m, am Nordende dagegen 27 m Meereshöhe. Deutliche Strandwälle umsäumen die Insel; sie werden lediglich dort unterbrochen, wo das Land in steiler Klippe gegen das Meer abbricht; hier aber zeigen alte Brandungshöhlen dessen früheren höheren Stand an. Über dem alten Strandwalle der Littorinazeit verläuft an Gotland noch ein zweiter, kaum minder scharf ausgesprochener; aber er gehört nicht der Ostsee sondern einem großen Süßwassersee an, welcher deren Stelle eine Zeitlang nach Schluß der Eiszeit eingenommen hat. Es ist eine der auffälligsten Tatsachen, in den mit diesem Strandwall verbundenen Ablagerungen dicht an der Küste des Meeres Reste von Süßwasserschnecken und -muscheln in oft ziemlich reicher Zahl zu finden. Auch der Spiegel dieses großen Süßwassersees des Ancylusees, liegt nicht parallel zum heutigen Meeresspiegel: auch er hebt sich vom Süden Gotlands zum Nordende hin, von 19 m auf beinahe 45 m; also auch hier die Schrägstellung einer alten Uferlinie, bewirkt durch die Schrägstellung des Landes.

Es ist selbstverständlich, daß der Spiegel des Ancylusees höher steht als der des Littorinameeres: Der Spiegel eines Süßwassersees muß naturgemäß höher sein als der des Meeres. Wir dürfen daher aus dem Höhenunterschiede zwischen dem Ancylus- und Littorina-Strandwall auf Gotland nicht ohne weiteres auf ein Andauern der großen Hebung von Beginn der Ancyluszeit an schließen; es ist vielmehr inzwischen eine Senkung eingetreten, durch welche das Becken des Ancylusees so tief untergetaucht wurde, daß das Meer darin eindringen konnte. Es geht also der heutigen, seit mindestens 7000 Jahren anhaltenden Hebung Skandiaviens im Ostseegebiete eine Senkung voraus. Weitere Gründe sprechen aber dafür, daß unmittelbar nach Schwinden des Eises das Land in Hebung begriffen war. Treffen diese Gründe zu, so würden wir einen ähnlichen Wechsel von Hebungen und Senkungen in Skandinavien seit Schluß der Eiszeit anzunehmen haben, wie im Golfe von Neapel. In Skandinavien wurde in den Jahrtausenden nach Schwinden der eiszeitlichen Vergletscherung eine großartige Hebung zeitweilig durch eine Senkung, im Golfe von Neapel seit der Blütezeit des klassischen Altertums eine Senkung durch eine zeitweilige Hebung unterbrochen. Alle diese großartigen Bewegungen des skandinavischen Bodens geschehen ohne merkliche Erschütterungen. Es schwillt das Land an und senkt sich wieder, so wie die Brust eines ruhig Atmenden oder wie die Eisdecke eines Meeres, die sich mit den Gezeiten hebt und senkt.

Einen ähnlichen Wechsel in der Höhenlage von Wasser und Land hatte ich Gelegenheit in dem wundervollen Hafen von Mombassa an der Ostküste von Afrika festzustellen. Die Wandungen der Bucht Kilindini bestehen aus gehobenem Korallenkalk; aber dieser ist kein einheitliches Gebilde: deutlich sondert sich eine untere Lage von einer oberen; an der Grenze beider findet man stellenweise Strandgerölle mit Muscheln, wie sie heute noch im Indischen Ozean leben. An anderen Stellen trifft man hier auf Verwitterungserscheinungen: 6–8 m tief greifen Säcke mit Verwitterungslehm, reine geologische Orgeln, in den unteren Korallenkalk

herein – kein Zweifel, er ist, nachdem er gebildet worden war, über das Meer gelangt und dann stark verwittert. Darauf tauchte er neuerlich unter das Meer, und ein jüngeres Korallenriff baute sich über dem oberflächlich verwitterten älteren auf. Nun stieg das Ganze abermals über die Fluten, und zwar erheblich höher als heute, sodaß die gesamte Ablagerung von einem tiefen Tale durchschnitten werden konnte. Hierauf sank das Ganze abermals unter, aber nicht bis zu seiner anfänglichen Höhenlage, denn noch liegt das alte verwitterte Riff über dem Meere, aber das Tal, das beide Riffe durchschneidet, ist unter Wasser geraten und in die 40 m tiefe Kilindinibucht verwandelt. Draußen, vor dem alten Riffe, bildet sich jetzt ein neues. Wir haben hier also zwei Phasen des Auftauchens und zwei Phasen des Untertauchens, oder in der von Sueß geschaffenen Ausdrucksweise, zwei Phasen negativer und zwei Phasen positiver Bewegung der Strandlinie. Man kann sie auf Hebungen und Senkungen des Landes zurückführen. Aber ist es ausgeschlossen, daß es sich um wiederholte Schwankungen des Meeresspiegels handelt? Die beiden Korallenkalke halten sich in engen Höhengrenzen, und eine ganz ähnliche Zweiteilung des Riffes ist auch auf der 200 km entfernten Insel Zanzibar durch Werth nachgewiesen worden. Liegen hier nicht Anzeichen gleichartiger Bewegungen auf weite Entfernungen hin vor, so wie sie durch Schwankungen des Meeresspiegels erklärt werden können?

Daß Schwankungen des Meeresspiegels neben den Bewegungen des Festen an unseren Küsten vorkommen, daß sich wirkliche Hebungen und Senkungen paaren mit scheinbaren, welche dadurch hervorgerufen werden, daß sich der Spiegel des Weltmeeres senkt und wieder hebt, darf nicht bestritten werden. Ist doch die Menge des Wassers im Weltmeere Schwankungen unterworfen; große Wassermassen wurden beispielsweise dem Weltmeere entnommen, um während der Eiszeit die großen Inlandeismassen auf dem Lande zu bilden. Entsprechend den Klimaschwankungen stellt sich also der Spiegel des Weltmeeres verschieden hoch. Auch muß das Weltmeer allgemein anschwellen, wenn sich an seinem Boden neue Gebirge heben oder Vulkane aufbauen, und es muß sich senken, wenn große Einbrüche der Erdkruste an seinem Boden stattfinden. Aber alle diese so oder so verursachten Schwankungen des Weltmeeres müssen sich einheitlich auf der ganzen Erde geltend machen. Freilich können solche „eustatischen“ Schwankungen des Meeresspiegels durch die örtlichen Bewegungen der Küste verschleiert werden; aber man müßte sie doch durchspüren können. Solches ist bisher nicht möglich gewesen. Wir können die gewiß vorhandenen Schwankungen des Meeresspiegels bis heute noch nicht nachweisen, aber es wird gut sein, ihre Möglichkeit immer im Auge zu behalten. Keinenfalls darf man, wie es so oft geschieht, das Kind mit dem Bade ausschütten, und alle Hebungs- und Senkungserscheinungen unbedingt für die Anzeichen wirklicher Hebungen und Senkungen halten. Man wird von Fall zu Fall entscheiden müssen, was vorliegt. Das werden wir für Mombassa erst tun können, wenn wir die Veränderungen der Gestade des Indischen Ozeans überblicken. Bis dahin wollen wir mit dem Entscheide warten.

Genau ins einzelne gehende Untersuchungen sind nötig, um die Verschiebungen an irgendeiner Küste festzustellen. Nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnis wird man dabei in erster Linie wirkliche Hebungen und Senkungen nachweisen. Aber wenn man im Laufe der Zeit die Geschichte einer größeren Zahl von einzelnen Küsten überblicken wird, dann wird man voraussichtlich an den Küsten, die einem geringen Wechsel ihrer Erhebung unterworfen gewesen sind, gewisse allgemein wiederkehrende Phasen nachweisen können, und diese wird man zurückführen lernen auf den Einfluß großer allgemeiner Schwankungen des Meeresspiegels, wie sie in der Eiszeit notwendigerweise eintreten mußten. Die Verfolgung dieser Phasen wird ermöglichen, bestimmte enger begrenzte Ereignisse der Erdgeschichte auf weit entlegenen Gebieten miteinander zu parallelisieren. Als chronologische Merkmale werden dann diese durch die Eiszeit verursachten eustatischen Schwankungen des Meeresspiegels hohe Bedeutung erlangen.

Aber es werden diese Schwankungen wahrscheinlich allenthalben von ziemlich geringer Größe sein; das Ansehnlichere sind die wirklichen Hebungen und Senkungen des festen Landes, die sich knüpfen an vulkanische Tätigkeit oder an örtliche Zusammenstauungen, Zusammenpressungen der Erdkruste, wie sie zur Entstehung von Gebirgen führen, nämlich die tektonischen Bewegungen oder die größeren Bewegungen der Erdkruste, welche sich zu jenen verhalten wie die Dünung zum Seegange, wobei wir uns immer denken müßten, daß das Biegen schließlich zum Bruche führt. Die Eisdecke eines stehenden Gewässers liefert uns ein Bild von allen diesen Vorgängen: sie kann aufgewölbt werden durch Gase, die dem Boden des Gewässers entsteigen und einen Ausweg nach oben suchen; sie staut sich auf, wo sie zusammengepreßt wird und setzt sich infolge von Winddruck in Bewegung, sodaß ihre einzelnen Schollen aneinander vorbeigleiten. Das sind Bilder, die wir uns machen, ohne zu beabsichtigen, das tiefere Wesen der Sache darzustellen; denn die Ursache der Krustenbewegungen, der Hebungen und Senkungen sind uns noch keineswegs klar. Das wird denjenigen am wenigsten überraschen, der da weiß, wie widerstreitend die Anschauungen über das Wesen der Krustenbewegungen noch bis vor kurzem gewesen sind, und der da würdigt, daß die größte der lebenden Autoritäten das Vorhandensein von Hebungen vor kurzem noch bestritten hat.

Dem Beobachter, welcher von außen her die Erdkruste zu betrachten vermöchte, wird das Vorhandensein von Hebungen und Senkungen leicht entgehen können. Er wird sie kaum wahrnehmen können; denn selbst da, wo sie wie in Alaska jäh und mit großen Beträgen einsetzen, ist ihr Ausmaß im Vergleiche zur Größe der Erde minimal. Aber jener Beobachter würde erwarten können, die Hebungen und Senkungen im Umschwung der Erde sich spiegeln zu sehen. Hebungen der Erdkruste sollten den Umschwung der Erde verlangsamen, Senkungen ihn beschleunigen. Aber eine mehr als 2000jährige Geschichte astronomischer Beobachtungen erweist weder das eine noch das andere; die Hebungen und Senkungen, welche in historischen Zeiten geschehen sind, halten einander so genau

das Gleichgewicht, daß die Achsendrehung der Erde von ihnen nicht merklich beeinflußt wird. Ob aber das, was für die Gegenwart zutrifft, auch für frühere geologische Perioden gilt, das ist eine der vielen offenen Fragen, welche die Erdgeschichte darbietet.