

Ueber die mittlere Höhe der Continente.

Wenn die absolute Erhebung der Berggipfel, d. i. der culminirenden Punkte, welche sich über das Tiefland und dessen meist aufgerichtete Gesteinschichten zerstreut finden, im ganzen dem Geologen weniger Interesse darbietet, als der Volksglaube es voraussetzt; so ist dies doch nicht der Fall mit den Bestimmungen des Volums der Gebirgsrücken und Bergketten, verglichen mit der Oberflächen-Ausdehnung der Tiefländer. Dieser Theil der Gebirgskunde, über welchen eine große Zahl von mir seit dem J. 1805 veröffentlichter senkrechter Durchschnitte ganzer Länder einiges Licht verbreitet haben, ist wenig bearbeitet, und doch nicht ohne Wichtigkeit für Untersuchungen aus der höheren Geodäsie und für die Begründung der Constitution des Erdsphäroids. Laplace hat in seiner *Mécanique céleste*¹ gezeigt: „wie die Uebereinstimmung der Resultate der Pendel-Versuche mit derjenigen Abplattung, welche aus der Messung der Erdgrade und den Ungleichheiten des Mondes sich ergibt, deutlich beweist, daß die Oberfläche des Erdsphäroids, wenn sie ganz flüssig wäre, sehr nahe die des vollkommenen Gleichgewichts sein würde. Daraus und aus dem Umstande, daß das Meer

¹ T. V. livre XI chap. 1 p. 3.

große Festländer unbedeckt läßt, schließt man, daß es wenig tief sein müsse; und daß seine mittlere Tiefe von derselben Ordnung sei als die mittlere Höhe der Continente und Inseln über seiner Oberfläche: eine Höhe, die nicht 1000 Meter (513 Toisen) übersteigt. Diese Höhe ist folglich ein kleiner Bruchtheil von dem, nicht¹ über 20000 Meter (10261 Toisen) betragenden, Ueberschusse der halben Aequatorial- über die halbe Polar-Are. Eben so wie hohe Berge einige Theile der Continente bedecken, kann es auch große Aushöhlungen in dem Becken der Meere geben; aber es ist zu glauben, daß ihre Tiefe geringer als die Erhebung der hohen Berge sei: indem der Schlamm der Flüsse und die Ueberreste der Scethiere, welche die Strömungen fortgeführt, mit der Zeit diese großen Höhlungen haben ausfüllen müssen.“ Dies sind die Worte des großen, mir so viele Jahre persönlich befreundeten Mathematikers.

Die mittlere Höhe der Continente und Inseln, welche, wie ich glaube zeigen zu können, bisher um vieles zu groß

¹ Diese Angabe der Aequatorial-Anschwellung ist zu gering. Wenn man nach Vessel's letzter Arbeit von 1851 eine Erd-Abplattung von $\frac{1}{299,152}$ annimmt, so beträgt die Anschwellung $3272077' - 3261139' = 10938$ Toisen oder 65628 Pariser Fuß: ohngefähr $2\frac{4}{5}$ (genauer 2,873) geographische Meilen; nicht ganz dreimal die Erhebung des höchsten Erdberges, des von Oberst Waugh im Himalaya gemessenen Kintschindjunga, von 4406 Toisen (26436 Pariser Fuß) Höhe. Will man die Aequatorial-Anschwellung des Erdkörpers mit dem Theile der Hochebene von Tibet vergleichen, welcher den beiden Heiligen Seen Nakasal und Manasarovar am nächsten liegt, und dem neue Messungen des Lieut. Henry Strachey die mittlere Höhe von 2400 Toisen geben; so findet man die Anschwellung der Erde in der Aequatorial-Zone fünfmal höher als das östliche Plateau des, fast ganz mit Bergketten angefüllten Tibets. Vergl. Kosmos Bd. IV. S. 21 und 30.

angenommen worden ist, hängt weniger von culminirenden Punkten, von den Pico oder domförmigen, mit ewigem Schnee bedeckten Gipfeln, welche die allgemeine Neuglerde in so hohem Maasse auf sich ziehn; als von der allgemeinen Gestaltung der Bodenfläche, von jenen sanftwelligen Hochebenen mit alternirenden Abhängen und Neigungs-Flächen ab, die durch ihre Ausdehnung und Masse auf die Lage der mittleren Oberfläche einwirken. Eine solche ist die Höhe der Ebene, welche durch den Schwerpunkt des Volums der Contiente geht; einen Schwerpunkt, der sehr verschieden ist von dem Schwerpunkte der Masse, weil der sich über die Oberfläche der Meere erhebende Theil des Festen nicht von einer gleichartigen Dichte und Bildung ist. Die Geologie hat ihre numerischen Elemente wie alle Wissenschaften, welche die Gestaltung und Ausdehnung der Gebirgsketten und Wasserbecken, die Vertheilung der organischen Wesen, ja die Ursachen behandeln, welche die Klimate, d. i. die Krümmungen der isothermen Linien, modificiren. Die exacten Wissenschaften sind nur in dem Maasse fortgeschritten, als man endlich angefangen die Naturerscheinungen in ihrer Gesamtheit zu betrachten; und so allmählig aufgehört hat: hier den culminirenden Punkten, die vereinzelt eine Linie hoher Gipfel bilden; dort den Temperatur-Extremen, welche das Thermometer einige Tage im Jahre erreicht, eine große Wichtigkeit beizulegen.

Wir besitzen für die britischen Inseln, für Deutschland, die Schweiz, Frankreich und Scandinavien Tausende geodätisch oder barometrisch gemessener Höhen; aber diese Höhen sind leider sehr ungleich vertheilt. Keine Arbeit ist in der Absicht unternommen, um vorzugsweise, für Frankreich und Deutschland,

nach Quadratmeilen die Ausdehnung derjenigen Ebenen zu berechnen, die nicht viel fünf- bis sechshundert Fuß absoluter Höhe übersteigen; um die Punkte, deren Höhen-Coordinate man ergründen will, nach gleichen Abständen zu vertheilen, und sich so zu einem allgemeineren Resultat zu erheben: d. i. zu der Bestimmung des Schwerpunktes des Volums der Länder, welche in dem gegenwärtigen Zustande unsres Planeten höher als die Oberfläche des Oceans liegen. Immer war man vorzugsweise mit den Gebirgen, nicht mit dem Tieflande beschäftigt. Die Ebenen, welche sich zu beiden Seiten des Amazonenflusses bis zum Fuße der Cordillera de los Andes ausdehnen, würden wahrscheinlich kaum um 80 Toisen erhoben werden, wenn man die Masse der Cordilleren, welche zwar sehr hoch, aber stellenweise mauerartig schmal sind, gleichförmig auf Ebenen von 437000 Quadrat-Seemeilen¹ Oberfläche vertheilt, die beinahe um $\frac{1}{4}$ den Flächenraum von ganz Europa übertreffen.

Die Erhöhung der Tiefländer Asiens, wenn man sie einem analogen Verfahren unterwürfe, würde zu gleicher Zeit abhängen von den ausgedehnten Plateaus des Gobi, Ost-Tibets und Ladaks; wie von den mächtigen Gebirgssystemen, welche in diesem Welttheil das Gerüst der Erdfugel südlich vom 44^{ten} Parallellkreis und östlich vom Meridian des Baikal-

¹ Unter der Angabe von Quadrat-Seemeilen sind hier zu verstehen, wie in allen meinen französisch geschriebenen Werken: die Quadrate von französischen lieues marines, deren 20 auf einen Aequatorial-Grad gehen. Da derselbe Aequatorial-Grad bekanntlich 15 geographische Meilen zählt, so ist 1 lieue marine carrée = 0,5649 geographischen Quadratmeilen. Eine geographische Quadratmeile ist = 1,77 lieue carrée marine.

Sees bilden.¹ Das gesammte asiatische Rußland hat eine Oberfläche, welche die von Frankreich um das 17fache übertrifft, und beinahe das Dreifache von dem Flächenraume des Tieflandes (Savannen) zwischen den Alleghanys und den Rocky Mountains² ausmacht. Schätzt man, was nicht übertrieben erscheint, die sibirischen Ebenen, die nur eine mittlere Höhe von 240 bis 260 Fuß über dem Meeresspiegel haben, auf 400000 Quadrat-Seemeilen; und nimmt man für die mittlere Höhe des durch seine Ausdehnung so wichtigen Plateau's des Gobi, nach Analogie der von Fuß und Bunge durchreisten Theile zwischen Irkutsk, Ergi und Peking, höchstens 4000 Fuß (1285^m) an: so würden die 42000 Quadrat-Seemeilen des Gobi-Plateau's, auf die sibirischen Niederungen vertheilt, diese nur um 70 Toisen erhöhen; die Wirkung auf den, zu 1346000 Quadrat-Seemeilen bestimmten, Flächenraum von ganz Asien würde gar kaum 20 Toisen betragen. Der asiatische Continent ist von einer so mächtigen Größe, daß er, ob er gleich nicht den Aequator erreicht, doch an Flächeninhalt sowohl den des ganzen Neuen Continents, wie auch den von Europa und Afrika zusammengenommen übertrifft. Deshalb würde die Gesamtwirkung in Zunahme an Höhe oder continentaler

¹ Ungeachtet seiner östlicheren Lage hat Jakutsk nur erst 45 Toisen, Salbuijachtatst erst 32 Toisen Höhe über dem Meere (Adolph Erman, phys. und astron. Beob. Bd. I. S. 414).

² Ich habe an einem anderen Orte (Relat. hist. T. III. p. 164 und 180) die Grundlagen dieser Vergleichen angegeben. Folgendes sind die Hauptdata, auf Quadrat-Seemeilen gebracht: Frankreich mit Corsica 17100, Deutschland 21300, asiatisches Rußland 465000 (die Oberfläche des russischen Reichs ist etwas größer als die Oberfläche des der Erde sichtbaren Theils des Mondes), Europa bis zum Ural 304000, Vereinigte Staaten zwischen den Alleghanys und dem Mississippi 50600, zwischen dem Mississippi und den Rocky Mountains 72500; Angaben, die als Proportional-Zahlen hinlänglich genau sind.

Anschwellung, welche der Caucasus, der Hindu-Kho und der Taurus, das den Ararat zwischen Erzerum und Tabriz umgebende Plateau, die Massen-Erhebung Persiens, der Ural und Altai durch Vertheilung hervorbringen könnten; wahrscheinlich noch nicht 18 bis 19 Toisen erreichen.

Solche Resultate, auf eine kleine Anzahl zuverlässiger Data gegründet, gewähren allerdings nur Grenzzahlen; aber da ich gestilltlich immer sehr hohe Werthe, sowohl für den Cubit-Inhalt der Gebirgsketten und Hochebenen (Boden-Anschwellungen, wie der Gobi), als für das Areal annehme, das beide bedecken: so glaube ich in dem numerischen Resultat so gewagter Angaben mich eher der oberen Grenze, der des Maximums, als der unteren genähert zu haben. Allerdings sind die Bergketten des Himalaya und Kuen-lün, wie die Plateaus von 1800 Toisen Höhe, die den Zwischenraum zwischen diesen zwei Ketten von der großen Beugung des Flusses von Tibet (Yaru-Dzangbo-Tschu) bis zu dem Convergenz-Punkte beider Ketten in dem Knoten des Bolor und Tschungling bilden, diejenigen Erdstriche, welche die meiste Masse enthalten. Der, nicht, wie man lange gefabelt hat, mit einer Hochebene, sondern mit vielen schmalen Bergketten und Berggittern ausgefüllte Raum zwischen dem Himalaya und Kuen-lün umfaßt 5 bis 7 Breitengrade; und doch kann die Wirkung dieser Anschwellung (wahrscheinlich der massenhaft größten der Erdoberfläche) auf ganz Asien wohl nicht auf mehr als 56 Toisen angeschlagen werden. Man ist, wenn man nicht neben den Verhältnissen der Höhe die des Areals scharf ins Auge faßt, verwundert, den Schwerpunkt des Volums von Ländern, von denen ein Theil so weit über die jetzige Oberfläche der Meere erhoben ist, nicht mehr steigen zu sehen.

Wenn die niederen Ebenen in Asien nur das dritte Theil der gesammten Oberfläche dieses Continents bilden, so ist eine solche Erscheinung zusammenhangender, grasbewachsener Ebenen noch überraschender im Norden und Südosten des Neuen Continents. Von Labrador und Canada bis zum mericanischen Meerbusen bilden sie eine fast ununterbrochene Fläche. Die fruchtbare, vielbewohnte Mississippi-Niederung ist allerdings zweimal so hoch als die lombardische Niederung; doch wird ihre mittlere Bodenhöhe über dem Meerespiegel von Nicollet nur zu vier- bis sechshundert Fuß geschätzt. Zwischen den Parallellkreisen von 47° und 48° findet sich zwar eine Anschwellung (die Missabey-Höhen), welche die Wasserscheide zwischen der Hudsonsbai und dem mericanischen Meerbusen bildet; aber diese schmale Hügelkette¹ erreicht kaum 1500 Fuß. In Südamerika hangen die Pampas von Buenos Aires durch die Llanos des Chaco und des Rio Meta mit den Ebenen (Llanos) von Venezuela zusammen. Die nördlichsten und südlichsten dieser Ebenen sind mit geselligen Gräsern und Kräutern aus der Gruppe der Leguminosen bedeckt, während die Mitte, welche das Bett des Amazonenstromes bezeichnet, mit undurchdringlicher Waldung überzogen ist. Durch die Richtung, welche die Ebenen (Savannes, Prairies, Llanos, Pampas) des Neuen Continents von Norden nach Süden nehmen, von den Mündungen des Kupferminen- und Mackenzie-Flusses bis zu dem Archipel des Feuerlandes, ist die merkwürdige Erscheinung verwirklicht, daß sie in der mittleren Gegend Palmen und Bambusaceen (schon

¹ Vergl. mein Voy. aux Régions équinox. T. II. p. 76 und Ansichten der Natur 1849 Bd. I. S. 67—71. Der Spiegel des Lake Superior liegt 580 Fuß hoch, und der Boden des Sees doch noch 162 Fuß tiefer als die Oberfläche des Meeres.

in der Luisiana die hochanstrebenden Gras-Gattungen Ludolfia und Miegia) nähren, und in den Extremen mit Schnee und Eis bedeckt sind. Es sind 580 lieues marines oder 435 geographische Meilen in gerader Linie von Macapa am Ausfluß des Amazonenstroms bis zum östlichen Abfall der Cordillera de los Andes, genau unter dem Aequator. In diesem ganzen Raume haben die Ebenen ein so sanftes Ansteigen (unter einem Winkel von 25 Secunden), daß ich in der Provinz Jaen de Bracamoros die Ebenen des Amazonenflusses bei Chamaya nur 225 Toisen (438^m), bei Tomependa nur 207 Toisen (403^m) erhaben über den Spiegel des Oceans gefunden habe; und doch nenne ich hier zwei dem Ost-Abfalle der Andeskette am nächsten liegende Punkte. Unter dem Parallellkreise von 5° Süd, von Jaen de Bracamoros bis zum Vorgebirge von San Roque in der brasilianischen Provinz Rio Grande do Norte, bietet Amerika in seiner größten Ausdehnungs-Breite eine Ebene von 880 lieues (660 geogr. Meilen) Länge von Osten nach Westen, und einen Abfall von nur 1,41 Fuß auf die franz. Seemeile, oder 1,88 Fuß auf die geogr. Meile dar.

Ich habe diese allgemeinen Betrachtungen, durch einzelne Beispiele erläutert, voranschicken wollen, um nun für jede große Continental-Masse abgesondert die Wahrscheinlichkeit der mittleren Höhen-Bestimmungen zu rechtfertigen, bei denen ich stehen bleibe und die um $\frac{2}{3}$ von der Laplacischen Angabe verschieden sind. Bei dem jetzigen Zustande der vorhandenen Materialien schien es mir am rathsamsten zu sein eine Bergkette als ein dreiseitiges Prisma zu betrachten, dessen als Grundfläche dienende Seitenfläche die Area ist, welche die ganze Kette einnimmt oder gleichsam bedeckt. Die dritte Kante des Prismas ist über diese Seitenfläche um eine Größe erhoben,

die ich nach der mittleren Höhe der Uebergänge über den Gebirgskamm (der Bergpässe und der Plateaus über der Meeresfläche) bestimme, welche die verschiedenen Glieder der Kette trennen. Die Operation der Schätzung ist also diese: es werden zuerst die Massen betrachtet, welche vermöge ihrer stetigen Fortsetzung (Continuität) als Ketten oder Hochebenen sich in bestimmte Grenzen einschließen lassen; und die Wirkung berechnet, welche jene Massen auf das ganze Areal des Landes ausüben können: d. h. es wird die Zahl der Loisen oder Fuße gesucht, um welche die Oberfläche erhöht (gehoben) werden würde, wenn man das Volum der Ketten oder der Plateaus auf die Niederungen gleichmäßig vertheilte. Da nun aber die letzteren schon eine gewisse Erhebung über die Meeresfläche haben, so muß man nachträglich auch ihre Rückwirkung auf die Area oder Grundfläche der Bergketten und Hochebenen angeben. Diese Wirkung, aus deren Vernachlässigung eine Verkleinerung des Resultats der mittleren Continental-Höhe entstehen würde, ist gewöhnlich sehr unbedeutend; sie ist eine kleine Berichtigung, die man bei der Erhebung der primitiven Höhe unmittelbar anbringt. Wenn die Ketten (die Pyrenäen, die Alpen-Systeme, der Hindu-Kho) wie liegende dreiseitige Prismen berechnet werden; so sind dagegen die Plateaus (der Gobi, das westliche Persien, das von den Bergketten des Himalaya und Kuen-lün begrenzte Tibet) wie aufrecht stehende Prismen betrachtet worden, ohne Beachtung der Seiten-Abfälle gegen die Ränder der Plateaus. Nach der Bestimmung der Gebirgsketten und der Hochebenen, welche eine Einschließung in hinreichend bestimmte Grenzen zulassen, bleiben bedeutende Flächenräume übrig, die weder Ebenen noch fortlaufende Höhenzüge sind. Die Wirkung solcher wellen-

förmigen Bodengestaltung, dieser sich in die Gebirgsländer hineinziehenden Niederungen, ist schwierig zu schätzen. Kommt es jedoch bloß darauf an Grenzzahlen (nombres limites), das wahrscheinliche Maximum des Total-Effects, zu bestimmen; so können einfache Inductionen, auf die Analogie directer geodätischer oder barometrischer Messungen gegründet, einigermaßen zum Anhalt dienen.

Ich habe geglaubt, daß eine Arbeit dieser Art bei dem Leser nur in so weit eine eigne Ueberzeugung erwirken könne, als man ihn in den Stand setzt den Werth einzelner Angaben zu beurtheilen. Ich biete hier einen ersten Versuch dar; die Vervollständigung wird erfolgen, wenn unsre hypsometrischen Kenntnisse an Ausdehnung und Bestimmtheit allmählig gewinnen werden. Der große Mathematiker, dessen Aufmunterung so mächtig auf meine Forschungen in der allgemeinen Naturlehre eingewirkt, hat, wie im Eingange dieser Abhandlung bereits bemerkt worden ist, die mittlere Höhe der Continente zu 1000 Metern (3078 Fuß) angenommen. Er hat wahrscheinlich, Kammhöhe und Berggipfel verwechselnd, die mittlere Höhe der Gebirge und ihre Masse (den Raum, welchen sie ausfüllen) überschätzt. Es kommt hier darauf an, nach der Gesamtheit der in dieser Abhandlung dargebotenen Combinationen zu untersuchen, ob das wahrscheinlichere Resultat die äußerste Grenze von 300 Metern (924 Fuß) überschreitet.

I. Europa.

Ehe wir eine Bestimmung für das gesammte Europa wagen, müssen wir einen Blick auf das Areal von Frankreich allein (17100 Quadrat-Seemeilen) werfen. Die Pyrenäen

nehmen nach den genauen Untersuchungen des schweizerischen Berghauptmanns von Charpentier 768 solcher Quadrat-Seemeilen (430 geogr. Quadratmeilen) ein. Obgleich die mittlere Höhe des Kamms der Pyrenäen 1250 Toisen (2437 Meter) beträgt, so werde ich doch, nach dem Rathe des competentesten Richters in dieser localen geognostischen Angelegenheit, Elie de Beaumont, bei 800 Toisen (1560 Metern) Höhe stehen bleiben, wegen der Aushöhungen des Prisma's, welche lange und sehr tiefe Queerthäler verursachen. Die Masse der Pyrenäen-Kette, wenn man sie auf die Oberfläche des ganzen Frankreichs vertheilte, würde diese um 18 Toisen (35 Meter) erhöhen. Nach der Meinung des berühmten Geologen, den ich eben genannt, „muß die vereinigte Wirkung der französischen Alpen, des französischen Jura und der Vogesen die der Pyrenäen um die Höhe einiger Toisen übersteigen; die Wirkung der Plateaus des Limousin, der Auvergne, der Cevennen, des Aveyron, Forez, Morvan und der Côte d'Or muß wenigstens der der Pyrenäen gleichkommen. Vielleicht ein Sechstel oder ein Achtel der Oberfläche von Frankreich ist mit Plateaus (abwechselnden Boden-Anschwellungen) von drei- bis vierhundert Toisen Erhebung bedeckt. Sie werden von sehr engen Thälern durchschnitten. Man würde nur in den Hauptthälern, und ziemlich weit von ihrem Ursprung, Punkte finden, die weniger als 140 Toisen erhöht wären. Lyon, im Niveau der Rhone, hat allerdings nur 83 Toisen Höhe; aber die Ebenen der Bresse betragen über 150 Toisen. Die Gesammtheit dieser cubischen Massen-Bestimmung macht es wahrscheinlich, daß, wenn man für die primitive Höhe¹ der Ebenen 80 Toisen

¹ Um diese Annahme zu begründen, führe ich an in den ebenen Gegenden des Inneren von Frankreich: Bourges 157 Meter, Chartres

(156^m) annimmt, man für den Schwerpunkt des Volums von Frankreich 136 bis 140 Toisen (265—273 Meter) über den jetzigen Spiegel des Oceans erhalten wird.¹ Diese Verhältnisse zeigen sich noch auffallender, wenn man von einem einzelnen Lande, wie Frankreich, zu dem ganzen Continent übergeht. Europa, im Osten durch die Ural-Kette begrenzt, hat 304000 Quadrat-Seemeilen (170240 geogr. □ Meilen). Die Wirkung der Pyrenäen-Kette würde auf Europa kaum sechs Fuß Erhöhung betragen. Die Alpen haben im Meridian des Comer Sees und von Bassano 36—40 Seemeilen Breite, an anderen Punkten der Bergkette erreicht ihre Breite kaum 15 dieser Meilen. Nimmt man nun die Grundfläche des ganzen Alpen-Systems, der westlichen (grajischen, cottiſchen und Meer-Alpen), die fast von N nach S gerichtet sind, und der östlichen (Trentiner, carnischen und julischen), zu 2700 Quadrat-Seemeilen an; und setzt man, wegen der Queer- und Längenthäler, bloß² 800 Toisen mittlerer Höhe: so findet man als Effect der Alpen 3¹/₅.

158^m, Nevers 178^m, Blois 102^m, Chalons sur Marne 78^m, Chalons sur Saône 173^m, Mâcon 170^m, Poitiers 118^m, Nancy 196^m, Lunéville 228^m, Verdun 203^m, Metz 160^m, Privas 322^m, Mézières 146^m, Plateaus um Metz 200^m, Toul 204^m, Auxerre 95^m, Troyes 101^m, Strasburg 144^m, Basel 254^m; Lyon, die mittleren Wasser der Rhone bei der Brücke von la Guillottière, 162^m; Dijon 245^m, Cahors 160^m. Der größere Theil dieser hypsometrischen Angaben (über der Oberfläche des Meeres) gründet sich auf geodätische Bestimmungen, nicht auf mittlere Barometer-Höhen.

¹ Vergl. auch Vogt's lehrreiche Bearbeitung der Geologie von Elie de Beaumont nach den Vorlesungen in der École des Mines, 1846 Bd. I. S. 69—73; Elie de Beaumont, Notice sur les Systèmes des Montagnes T. III. p. 1338.

² Die Verminderung der mittleren Kammhöhe der Alpen bis 800 Toisen ist hier in demselben Verhältniß gesehen, wie sie Elie de Beaumont für den Kamm der Pyrenäen vorgeschlagen hat. Zu der Zeit,