

Ueber die geothermischen Verhältnisse des Bodens und deren Einfluss auf die geographische Verbreitung der Pflanzen.

Von

Franz Krašan.

(Vorgelegt in der Versammlung am 7. November 1883.)

Nachdem A. v. Humboldt die Grundzüge einer Physiognomik der Gewächse entworfen hatte, bildete die Zusammenfassung formähnlicher, gesellig lebender Pflanzen zu einheitlichen Gruppen — Formationen — und die Nachweisung ursächlicher Beziehungen des Baues ihrer vegetativen Organe zu den klimatischen Factoren ihrer Heimat das nächste Ziel der Pflanzengeographie. Die leitenden Ideen des berühmten Forschers sind auf fruchtbaren Boden gefallen: die meisten wichtigeren Erscheinungen des Pflanzenreiches wurden von den Phytogeographen, denen durch die fortgesetzten Bereisungen der fernsten Florengebiete das Material förmlich unter den Händen zu riesiger Höhe anwuchs, unter gemeinsame Gesichtspunkte gebracht, so dass der Gedanke, das gesamte Reich der Gewächse in seinen Hauptzügen im anschaulichen Bilde übersichtlich geordnet nach den vorherrschenden Formen und nach den klimatischen Eigenthümlichkeiten der einzelnen Florengebiete dem Leser vorzuführen, nicht mehr als eine zu gewagte Unternehmung eines tüchtigen Pflanzenkenners erscheinen musste.

I.

Jeder Freund einer tieferen Naturbetrachtung wird die ausgezeichneten Dienste, die ein Grisebach durch seine meisterhafte Schilderung der „Vegetation der Erde“ der Wissenschaft geleistet hat, hoch zu schätzen wissen. Mit regem Interesse folgen wir in diesem bedeutsamen Werke dem Pflanzenreich durch alle Breitengrade und Klimate der Erde, vom Niveau des Meeres bis hinauf zu der Grenze des ewigen Schnees. Wie jeder geographischen Breite und jeder Höhenzone je nach dem Masse und Wechsel der Wärme und Feuchtigkeit eine

entsprechende Vegetation gegeben ist, wird uns darin so klar und überzeugend wie in keinem anderen pflanzengeographischen Werke von so vielumfassendem Inhalte anschaulich gemacht, aber auch an unzähligen Beispielen gezeigt, dass die Zweckmässigkeit der Einrichtungen eines Pflanzenorganismus, wenn derselbe sich unter dem Einflusse eines bestimmten Klimas ausgebildet hat und daher demselben vollkommen angepasst ist, wie in einem Bannkreise die gesammte Lebensökonomie der Pflanze nach den einfachen Gesetzen der Ursache und Wirkung beherrscht, so dass wir den Eindruck empfangen, ihre Schutzmittel gegen nachtheilige Einflüsse seien so vollkommen, als wenn die Pflanze sie durch den Gebrauch eines freien bewussten Willens sich angeeignet hätte.

Sollen wir aber dem Autor daraus einen Vorwurf machen, dass er uns nicht Alles erklärt? Er selbst nennt sein Werk in richtiger Erkenntniss der Schwierigkeiten, denen der Forscher naturgemäss auf einem so ausgebreiteten Gebiete begegnen muss, und im Bewusstsein mancher unvermeidlicher Mängel, die ihm besser noch als dem Leser bekannt waren, einen „Abriss der vergleichenden Geographie der Pflanzen“, keineswegs eine „theoretische Pflanzengeographie“.

Uebrigens ist es noch fraglich, ob er, wenn er auch eine gründlichere Auseinandersetzung der tiefer liegenden Ursachen, auf welche die gegenwärtige Verbreitung der Pflanzen zurückzuführen wäre, der Wissenschaft dargeboten hätte, die Sache der Pflanzengeographie hiedurch mehr als durch eine beschreibende und schildernde Darstellung gefördert haben würde. Es ist wohl möglich, dass er (wie auch mancher Andere, der es vor ein oder zwei Decennien versucht hätte) nicht recht verstanden worden wäre; denn zu einer gründlicheren theoretischen Erklärung so complicirter Erscheinungen wie jene der gegenwärtigen Vertheilung der Pflanzen auf Erden müsste auch auf die Resultate geologischer und besonders der paläontologischen Forschungen, dann aber auch auf die Lehren der Physik mehr Rücksicht genommen werden. Was die ersteren anbelangt, so hielt Grisebach dieselben nicht für hinlänglich begründet, um darauf sichere Schlüsse bauen zu können, indem gerade jene Sätze, welche in der nächsten Beziehung zur Pflanzengeographie stehen, keineswegs bisher allgemeine Zustimmung gefunden haben; er verhielt sich daher ihnen gegenüber conservativ, wiewohl mehrere seiner Zeitgenossen nicht ohne Glück die Geologie zur Erklärung pflanzengeographischer Facta herangezogen haben.¹⁾ Was die letzteren betrifft, so glaubte Grisebach nicht weiter gehen zu dürfen, als das engere Gebiet der Meteorologie es erheischt. Es ist nicht üblich die Paragraphe der Physik zu studiren, die Principien der Wärmelehre vor Augen zu haben oder gar auf die Fundamentalsätze der Molekulartheorie zurückzugreifen, um die Ursache zu entdecken, warum z. B. im östlichen Mittelmeerbecken zwischen dem

¹⁾ Eine wesentliche Ergänzung zu dem Grisebach'schen Werke, welches wegen Vernachlässigung des geologisch-historischen Momentes eine gar zu fühlbare Lücke in der Pflanzengeographie zurücklässt, bildet Dr. A. Engler's in neuester Zeit (in zwei Theilen) erschienener „Versuch einer Entwicklungsgeschichte“ der verschiedenen Florengebiete.

39. und 43. Grad nördlicher Breite der Weinbau schon unterhalb 900 M. aufhört, während er unter gleicher geographischer Breite in Mittelasien 1300 bis 1700 M. (4100—5400') hoch hinauf reicht, warum hier die Ulme auf Hochebenen von über 3500 M.! noch gut fortkommen kann, während sie am Mittelmeere auf Lagen von 600 bis 1200 M. beschränkt ist, u. dgl. m.¹⁾

Wer hier bald und leicht verstanden sein will, darf vielleicht nicht über die einfachen Angaben der Lufttemperaturen und ihres Wechsels, der atmosphärischen Niederschläge und ihrer Vertheilung im Laufe des Jahres, der Bewölkung oder Heiterkeit und Reinheit des Himmels, der Stärke und Richtung der Winde, der Plastik des Bodens, der Höhe, Form und Richtung der Gebirgszüge, der Beschaffenheit der Erdkrume, der Bewässerung des Landes durch Quellen, Bäche und Flüsse, der klimatischen Einwirkungen des Meeres auf die Inseln und Küstenstriche, der Meeresströmungen und der Gebahrung oder Wirthschaft des Menschen hinausgehen (werden es diese Blätter bestätigen?). Er wird bei der Erklärung der so auffallend tief zurückbleibenden (oberen) Baumgrenze am illyrischen Karst sich mit der „geringeren Höhe der Gipfel“, „der ungünstigen Beschaffenheit des Bodens“ und mit „dem Einflusse des adriatischen Meeres, zu dessen Tiefe die Bora als ein gewaltiger Nordwind hinabwehet“, abfinden müssen, auf die Gefahr hin, etwas zu sagen, wovon er selbst nicht ganz überzeugt ist.

Ich kenne diesen Wind sammt dem Lande, dem er zur Plage gereicht, wenigstens in seinem nördlichen Theil, seit meinem Kindesalter, habe seine schneidige, Mark und Bein durchdringende Kälte im Winter häufig genug gefühlt, sein Toben mehr als hundertmal gehört, kann aber mit Bestimmtheit versichern, dass er weder ein eigentlicher Nordwind ist, noch den hohen Grad von Kälte besitzt, den man ihm (dem Kältegefühl nach, das er erzeugt) zu imputiren pflegt. Fürs Erste lernt ihn jeder in den Karstländern lebende, seit Jahren dort ansässige Beobachter als einen Localwind oder wahrhaft einheimisches Product der Bodennatur des Karstes kennen, denn er gleitet nicht von fernem Norden oder Nordosten über die höheren Flächen des Karstes herab, sondern entsteht eigentlich erst in den Niederungen desselben, besonders längs des Meeres, indem sich kalte Luftmassen von den Hochflächen brausend herabstürzen. Während die Bora an der Küste der Adria und am Meere selbst mit furchtbarer Gewalt tobt, findet man die Luftbewegung im Norden und Nordosten von den Karstländern nur unbedeutend und auf dem Karste selbst nur schwach und um so schwächer, je höher man zu den obersten Hochflächen emporsteigt. Allerdings wird der Wind nach oben immer kälter, aber man spürt ihn endlich kaum, wenn man zu jenen Plateaux gelangt ist, wo er (wenn er von Weitem käme) doch stark verspürt werden müsste. Dass man ihn aber auch unten im Thale so kalt findet, kommt daher, weil er als sehr trockener Wind eine sehr rasche

¹⁾ Die Strecken sind in geographischen Meilen (15 g. M. = 1 Breitengrad), theilweise auch in Kilometern, die Höhen (stets absolute) theils in Metern, theils in Pariserfuss, die Temperaturen in Graden nach Celsius angegeben. Oe. B. Z. = österr. botan. Zeitschrift.

Verdunstung unserer Körperhaut bewirkt; dagegen schützt uns selbst der dichteste Mantel nicht vollständig. Der Wind hat aber nicht einmal im December oder Jänner eine Temperatur unter 0; bei + 8 Grad C. spürt man ihn überaus kalt, bei + 5 Grad oder gar 3 Grad wird er unerträglich. Er ist stets um so heftiger, von je höheren Lagen er herabkommt, aber auch um so höher ist alsdann seine Temperatur.

Es ist demnach nicht im Mindesten daran zu denken, dass dieser Localwind etwas zur Depression der Baumgrenze oder zu dem tiefen Herabgang der Vegetation in den Karstländern beitragen könne. Ich werde vielmehr im Folgenden versuchen nachzuweisen, dass die physikalischen Potenzen, welche ihn hervorbringen; mit zu den eigenartigen bodenklimatischen Verhältnissen der Mittelmeerländer gehören und denselben Ursachen entspringen wie die niedrige Lage der Baumgrenze, das Zurückbleiben des Weinbaues in den unteren Regionen und das Erscheinen vieler nordischer und alpiner Gewächse in sehr mässigen Höhen selbst in den südlichsten Theilen Europas, im Vergleich zu den erstaunlichen Höhen, bis zu welchen sich die Baumgrenze in den mittelasiatischen Gebirgen und in den Rocky Mountains erhebt.

II.

Ohne Zweifel muss die theoretische Pflanzengeographie für immerwährende Zeiten den gegenwärtigen Standpunkt beibehalten, oder in falscher Richtung nach einem illusorischen Ziele steuern, wenn ihr fortan keine richtigeren Begriffe über die Temperaturverhältnisse der Erdoberfläche zu Gebote stehen als bisher. Sollte der gegenwärtige Fundamentalsatz: „Fast alle Wärme empfängt die Pflanze von der Sonne; der Antheil der Erdwärme ist sehr unbedeutend, wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Gesteine des Bodens“ auch in Zukunft derselben als Leitstern dienen, so kann man sicher sein, dass auch nach vielen Decennien dieselben Probleme, welche in der Aera Humboldt's und Grisebach's die Leuchte der Wissenschaft nicht zu erhellen vermochte, auf ihre zukünftige Lösung harren werden.

Haben wir nämlich wahrgenommen, dass das Thermometer neben uns z. B. + 10 Grad C. anzeigt, wie leicht lassen wir uns verleiten, dies als den richtigen, der Natur der Sache völlig entsprechenden Ausdruck der Temperatur unserer Umgebung zu betrachten, als ob die Wärme wirklich beim Eispunkte beginnen würde. Nun, dass der Eispunkt ein conventioneller Ausgangspunkt der Zählung der Temperaturgrade ist, kann freilich als allgemein bekannt angenommen werden, allein man denkt darüber gewöhnlich nicht weiter nach und unterlässt es, jene Consequenzen daraus zu ziehen, die der Wissenschaft förderlich sein könnten. Zu einer richtigeren Vorstellung von der Höhe der Temperatur der Luft, des Bodens etc. gelangen wir erst, wenn wir vom absoluten Nullpunkt ausgehen, wiewohl derselbe bisher noch nicht genau bestimmt werden konnte, indem sich höchstens behaupten lässt, dass er nicht höher als — 273 Grad C. liegt.

Handelt es sich um Temperaturunterschiede, so sind auf den Eispunkt zu beziehende Angaben allerdings zulässig und auch sehr bequem; so z. B. wird man, wenn an einem Tage das Quecksilber zu Mittag 15 Grad C. über 0 erreicht, am folgenden Tage aber nur 7 Grad, ganz richtig sagen: es hat an diesem Tage um die Zeit 8 Grad weniger gehabt als an dem vorhergehenden. Handelt es sich aber darum, zu bestimmen, wievielmals die Temperatur am ersteren Tage zu Mittag höher war als an dem folgenden, so ist die Rechnung $15:7 = 2\frac{1}{7}$ ganz unrichtig. Die Temperaturgrade müssen vom wahren Nullpunkte an gezählt werden, der wahre oder absolute Nullpunkt liegt aber ungefähr 273 Grad C. unter dem Eispunkte; daher haben wir für die erstere Angabe $273 + 15 = 288$ Grade, für die zweite $273 + 7 = 280$ Grade und die Rechnung $288:280 = 1.028$ mal. Der Unterschied der beiden Temperaturen ist aber wie früher = 8 Grad.¹⁾

In den afrikanischen Wüsten bringen die Sonnenstrahlen, da sie bei der überaus reinen und trockenen Atmosphäre ungehindert wirken können, eine maximale Temperatur von ungefähr 70 Grad C. hervor, wohl die höchste, die überhaupt am sandigen Boden bei directer Bestrahlung durch die Sonne möglich ist. Wo aber die Wirkung der Sonnenstrahlung nicht mehr wahrgenommen wird, wie in den langen Winternächten des nördlichen Ost-Sibiriens, pflegt die Temperatur im äussersten Falle bis auf — 65 Grad C. herabzusinken, und zwar wird dieses Minimum schon bei $67\frac{1}{2}$ Grad nördlicher Breite (Werchojansk) erreicht; denn das $3\frac{1}{2}$ Grad nördlichere Ustjansk, welches 6 Grad östlich von der Lenamündung nahe am Meere liegt, hat keine so intensiven Winterkälten, indem der kälteste Monat hier 2.8 Grad mehr Wärme hat als in Jakutzk, welches volle 9 Grad südlicher gelegen ist.²⁾ Nehmen wir auch an, dass die Nähe des Meeres auf das Klima von Ustjansk mildernd einwirkt, so können wir doch unmöglich begreifen, dass ein Breitenunterschied von 9 Grad, der eine so beträchtliche Verlängerung der Winternacht im hohen Norden zur Folge hat, keine Vermehrung der Kälte bewirke, wenn die Erde um diese Zeit nördlich von der Parallele 65 Grad noch etwas von der Sonnenwärme hätte.

Drücken wir das Maximum und das Minimum der auf der Erdoberfläche vorkommenden Temperaturen mit Bezug auf den absoluten Nullpunkt aus, so haben wir $273 + 70 = 343$ Grad, $273 - 65 = 208$ Grad; somit ist $343 - 208 = 135$ Grad das Temperaturintervall, das der Sonnenwirkung entspricht, während 208 Grad jener Temperaturantheil ist, welcher als Eigenwärme dem Boden zukommt.

Hat ein Ort z. B. + 10 Grad C. als Jahresmittel, so ist das in absoluten Temperaturgraden = 273 Grad + 10 Grad oder 283 Grad; von diesen kommen 208 Grad auf Rechnung der Eigenwärme des Bodens und nur 75 Grad ist davon

¹⁾ Man vgl. die weiteren Ausführungen darüber in der Abhandlung: „Die Erdwärme als pflanzengeographischer Factor“ in Engler's Bot. Jahrb. 1881, p. 185—195.

²⁾ Jakutzk hat bei einem absoluten Minimum von — 58.2 Grad C. im kältesten Monate durchschnittlich — 42.1 Grad, Ustjansk — 39.3 Grad.

der entsprechende Antheil der Sonnenwirkung. Mithin betheiligt sich die Eigenwärme des Bodens (die offenbar aus dem Innern der Erde stammt) an der Hervorbringung der zum Gedeihen der Thiere und Pflanzen erforderlichen Temperatur viel mehr als die Sonnenstrahlung, denn das Verhältniss der beiden Antheile ist 208:75 oder 2·77:1.

Dieser hohe Betrag der Eigenwärme des Bodens ist der Zeit nach constant, daher durch eine directe sinnliche Wahrnehmung nicht nachweisbar; aber auch unsere Thermometer geben ihn nicht an, weil ihre Scala so eingerichtet und angebracht ist, dass wir nur zu bestimmen vermögen, wie viel Grade die Temperatur über oder unter dem Eispunkte steht. Jener Betrag ist aber, wie wir weiter unten sehen werden, örtlich nach der Beschaffenheit des Untergrundes um mehrere Grade verschieden. Der Ausspruch: „Die Wirkung der Erdwärme ist nur sehr gering im Vergleich zum Effect der Sonnenstrahlung“ ist ganz und gar unrichtig; es sollte vielmehr heissen: Kommt es auf den Wechsel der Temperatur an, wie bei den periodischen Lebenserscheinungen der Pflanzen, so ist die Sonnenwirkung (auch vermöge des allen Organismen unentbehrlichen Lichtes) der bei Weitem überwiegende Factor; kommt es aber auf die Wärmemenge an, die der Oberfläche der Erde und allen ihren Organismen zugeführt wird, so ist die Erdwärme der Sonnenwirkung weit voraus.

III.

Die Wissenschaft ist noch lange nicht auf dem Punkte angelangt, um auf die Frage, was die Wärme ist, eine durchaus befriedigende Antwort geben zu können. Doch kann es als ein gesichertes Resultat der neueren Forschungen über die Natur der Molekularkräfte angesehen werden, dass die Wärme als eine Bewegungserscheinung innerhalb der kleinsten Massentheilchen der Körper aufgefasst werden müsse. Beruht die Entstehung der Schallwellen auf der schwingenden Bewegung ganzer Moleküle, so haben wir uns die Wärmebewegung im Innern der Moleküle selbst in irgend einer Weise vorzustellen. Die wenigsten Widersprüche mit unserem sonstigen Wissen über die Zusammensetzung der Materie und die Beschaffenheit der sie bewegenden Kräfte ergeben sich aus der in neuester Zeit verfochtenen Anschauung, wornach die Wärme auf einer rotatorischen, durch Reibung, Druck, Stoss etc. erregbaren Bewegung der kleinsten Massentheilchen und ihrer Atome beruht, welch' letztere um eine gemeinschaftliche Gleichgewichtslage kreisen und die Bewegung in gleicher Weise, wenn auch abgeschwächt, auf die Atome der benachbarten Moleküle übertragen können. Die Temperatur würde demnach der Geschwindigkeit der Rotation entsprechen (1 Umlauf = 1 Schwingung), so dass sie als eine von der Umlaufszeit der Atome abhängige Grösse erscheint, ähnlich wie die Höhe des Tones der Schwingungsdauer äquivalent ist.

Ein Körper, in welchem sich die gedachten Rotationsschwingungen der Atome mit geringer Schwächung von einem Massentheilchen zum andern fort-pflanzen, gilt als guter Wärmeleiter. Gleichwie aber die Schallschwingungen

dadurch, dass sie auf lockere Körper mit vielfacher Unterbrechung ihrer Masse (als: Asche, Sägespäne u. dgl.) stossen, ausserordentlich geschwächt werden, so finden wir es auch in Bezug auf die Wärmeschwingungen der Atome begreiflich, dass eine ungeschwächte Erregung ihrer Schwingungen in den benachbarten Molekülen nur dann möglich ist, wenn sich diese ganz eng an einander anschliessen und durch keine heterogene Massentheilchen von einander getrennt werden. A priori schon lässt sich daher vermuthen, dass unter sonst gleichen Umständen die Fortpflanzung — Leitung — der Wärme in den Körpern von homogener Constitution und grösserer Dichte vollkommener sein müsse als in den lockeren und heterogenen Aggregaten. Dies wurde bereits durch mehrfache Versuche bestätigt. Im Uebrigen verhalten sich die Körper als Wärmeleiter auch nach ihrer materiellen Beschaffenheit verschieden, so z. B. der Kalkspath anders als der Aragonit, der aus dem Schmelzflusse auskrystallisirte Schwefel anders als der aus Lösungen ausgeschiedene u. s. w. Verschieden verhalten sich auch Kalkspath, Quarz, Feldspath etc., auch wenn sie vollkommen gleiche Dichte haben.

Die grössten Differenzen bedingt aber die Unterbrechung der Masse durch Poren, Haarspalten, Klüfte und sonstige Hohlräume, wie nicht minder die Interposition von fremdartigen Substanzen. Da wir es bei den Bodenmaterialien vorzugsweise nur mit gesteinartigen Substanzen zu thun haben, so können wir freilich die Resultate der von den Physikern an den Metallen festgestellten Wärmeleitungsgesetze nicht direct benützen; dennoch aber erscheint eine Vergleichung der Wärmeleitungs-Coëfficienten, wie sie Péclet in seinem „*Traité de la chaleur*“ (I, p. 290 und Suppl. p. 105) für achtzehn verschiedene Medien (die Metalle nicht mitgezählt) anführt, mit jenen des Bleies sehr instructiv, da unter denselben sechs wichtige Mineralien vorkommen, während mehrere andere den bodenbildenden Mineralsubstanzen wenigstens nahe stehen.

Wird nämlich, da durch einen Würfel von 1 Kubikm. Blei bei entsprechender einseitiger Erwärmung in einer Stunde 13.824 Calorien (Wärmeeinheiten) gehen, der Leitungscoefficient des Bleies = 13.824 gesetzt, so kommen, auf gleich grosse Würfelvolumina bezogen, den nachbenannten Körpern folgende Coëfficienten zu: Retortenkohle 4.96, Marmor 3.13, Kalkstein 1.823, Glas 0.815, gebrannte Erde 0.6, Gyps 0.43, Quarzsand 0.27, Kautschuk und Guttapercha 0.17, gepulvertes Eisenoxd 0.158, gestossener Ziegel 0.152, Kreidepulver 0.09, Holzasche 0.066; für Wolle, Baumwolle, Flaum, Leinen, Papier liegt derselbe zwischen 0.04 und 0.052.

In dieser Reihe fällt vor Allem der hohe Werth des Wärmeleitungsvermögens beim homogenen krystallinischen Calcit oder Marmor auf, der selbst jenem der Retortenkohle nicht viel nachsteht und beinahe ein Viertel der Leitungsfähigkeit des Bleies beträgt; aber der gemeine (nicht ganz homogene, weil etwas thon-, magnesia- und eisenhaltige) Kalkstein leitet schon nahezu zweimal weniger als Marmor. Eigenthümlich erscheint es aber, dass der Gyps, wiewohl ein homogenes Mineral, siebenmal schwächer leitet als der Marmor, allein dies scheint mit seinem Gehalte an Wasser (20%) in einer nahen Beziehung zu stehen, denn das Wasser ist von allen Substanzen des Bodens —

von der darin enthaltenen Luft abgesehen — der schlechteste Wärmeleiter, da es selbst der Asche in dieser Eigenschaft beträchtlich nachsteht. Damit hängt aber seine hohe specifische Wärme — Wärmecapacität — zusammen, da es eine bekannte Thatsache der Physik ist, dass ein Körper um so weniger leitet, je grösser seine Wärmecapacität ist.

Prof. Pfaundler hat durch eine ausführliche experimentale Untersuchung nachgewiesen, dass die Wärmecapacität aller humusfreien und trockenen Erdsorten nahe = 0.2 ist (die des Wassers = 1 gesetzt), die des reinen Humus oder des Torfes dagegen 0.5 beträgt; es komme daher darauf an, ob die betreffende Erdsorte feucht oder trocken, humushaltig oder humusfrei ist.¹⁾

Wenn aber alle Erdsorten, ob sie viel oder wenig Kalk, Magnesia, Thon, Eisenoxyd, Kiesel u. dgl. enthalten, ob sie Zerreibungsproducte einfacher oder gemengter Felsarten sind, nahezu gleich leiten, so liegt der Schluss nahe, dass auch die Felsarten Quarz, Feldspath, Kalkstein, Granit, Porphyr, Basalt etc., wenn sie in gleichem Grade fest und kernig sind, als gleich starke Leiter betrachtet werden können. Allerdings; das Leitungsvermögen dieser Felsarten ist — den Kalkfels ausgenommen — meines Wissens bisher von Niemandem bestimmt worden, aber es ist sehr wahrscheinlich, dass es nur wenig jenem des Kalksteins, vielleicht nur um 0.1 einer Calorie oder noch weniger nachsteht. Sollte man daraus folgern, dass es unter allen Umständen für die Bodentemperatur ziemlich einerlei sein müsse, ob der Untergrund aus Kalkstein, aus Granit, aus Quarz, aus Feldspath, Porphyr oder aus Basalt besteht? Nichts wäre voreiliger als eine solche Schlussfolgerung. Hier ist nämlich zunächst zu erwägen, dass der Wärmeleitungs-Coëfficient auf ein Würfelvolum von 1 Kubikm., also auch auf eine Schicht von 1 m. Tiefe zu beziehen ist. Nun aber geht bei jedem Durchgange der aufsteigenden Wärme durch eine Schichte etwas davon verloren; ist dieser einmalige Verlust an sich noch so gering, so kann derselbe doch, nachdem 100, 1000, 10.000 . . . solche Schichten passirt worden sind, zu einem beachtenswerthen Betrage anwachsen; es kommt vor Allem darauf an, wie tief das leitende Medium von einer bestimmten Qualität ist. Nehmen wir an, dass zwei Terrainsarten unvermittelt neben einander liegen, das eine von compactem Kalkstein, das andere von Granit, und dass beide in vollkommener Continuität 1000 m. tief hinabreichen, setzen wir ferner voraus, dass zu unterst sowohl unter dem Kalk, wie auch unter dem Granit, eine Temperatur herrscht, an der sich die Erdwärme mit 240 Grad (absol.) theiligt. Um zu begreifen, wie ein nur sehr geringer Unterschied in der Leistungsfähigkeit zweier Gesteinsarten von sehr erheblichem Einfluss auf die Wärmeverhältnisse auf der Oberfläche sein kann, brauchen wir uns in Gedanken nur den Untergrund in 1000 meterdicke Schichten zu zerlegen und den Wärmeverlust durchschnittlich für je eine Schichte im Kalkstein = 0.000.125, im Granit 0.000.142 des ursprünglichen Betrages zu setzen. Ist demnach die Wärme im Kalkstein durch alle

¹⁾ Ueber die Wärmecapacität verschiedener Bodenarten und deren Einfluss auf die Pflanze. Kaiserl. Akad. der Wissensch. in Wien (Sitzungsber.) 1866.

1000 Schichten gegangen, so hat sie $240 \times 0.000.125 \times 1000 = 30$ Grad verloren, im Granit aber $240 \times 0.000.142 \times 1000 = 34$ Grad. Die Erdwärme theiligt sich daher an der Oberfläche mit $240 - 30 = 210$ Grad, auf dem Granit mit $240 - 34 = 206$ Grad. Die mittlere Jahrestemperatur hat also auf dem Granit ein Deficit von 4 Grad C. Was aber für einen Effect 4 Grad mehr oder weniger in der Jahrestemperatur eines Ortes hervorbringen, lehrt uns die einfache Beobachtung der Pflanzenwelt in ihrer Verbreitung nach klimatischen Zonen: es ist das Aequivalent einer Verschiebung der Vegetation um volle zwei Zonen.¹⁾

Wollen wir aber die von Péclelet angeführten Werthe (Kalkstein 1.8 Calorien, Glas, Quarz, Porzellan, Feldspath, Granit = circa 0.8 Calorien) unserem Calcul zu Grunde legen, so muss der Coëfficient des Wärmeverlustes für den Granit = 0.000.28 gesetzt werden, und das Wärmedeficit beträgt dann an der Oberfläche 6.72 Grad, was einer Depression von ungefähr drei klimatischen Vegetationszonen gleichkäme.

IV.

Der Kalkstein verdankt seine im Vergleich zum felsbildenden Quarz, Feldspath und anderen Silicaten hochgradige Wärmeleitungsfähigkeit nicht nur seiner einfachen chemischen Constitution, sondern auch, und vorzugsweise, seiner Eigenschaft, sich gegen das Wasser indifferent zu verhalten. Unter gewöhnlichem Luftdrucke nimmt der echte homogene Kalkfels selbst bei niedriger Temperatur kein Wasser in seine Poren auf. Erst in grösserer Tiefe zeigt er sich (in Steinbrüchen) schwach mit Wasser imprägnirt, allein der Gewichtsverlust durch Erwärmung auf 100—200 Grad ist nur äusserst gering. Ist er durch eine Beimengung von Kohlenstoff dunkel gefärbt, so scheint das seine Leitungsfähigkeit nicht zu beeinträchtigen, insbesondere wenn der Kohlenstoff von graphitischer Natur ist.

Anders verhält es sich mit Beimengungen von Thon und Eisenoxyd; diese vermögen sowohl dadurch, dass sie seine Masse unterbrechen, als auch durch Aufnahme von Wasser den Wärmeleitungswiderstand in ihm beträchtlich zu vermehren. Enthält er auch noch Magnesia, Eisen- und Manganoxydul, so ist er zersetzungsfähig und geht durch Zunahme an diesen Bestandtheilen allmählig in Dolomit über, der dem compacten Kalk an Leitungsfähigkeit ausserordentlich nachsteht.

Vielleicht den höchsten Grad an Gleichförmigkeit in der molekularen Zusammensetzung und dem entsprechend auch des Leitungsvermögens besitzt der Kalkstein des Karstes (grossentheils Rudistenkalk, zum Theile auch oberer Jurakalk). Schlägt man an ein flaches Stück desselben mit dem Hammer, so hört man einen hellen Klang, dem der Glocke bisweilen nicht unähnlich. Er ist zwar zerborsten, jedoch nicht tief ins Innere der Masse zerklüftet, äusserst compact und widerstandsfähig gegen die Einflüsse, welche bei anderen Gesteinen

¹⁾ Die Erdwärme als pflanzengeogr. Factor, l. c. p. 210—213.

die Verwitterung an der Oberfläche, in der Erde aber unter gewissen Umständen eine ebenso gründliche Zersetzung oder Umwandlung bewirken.

Würde der Karst zwischen 44 Grad und 46 Grad nördlicher Breite überall aus solchem Fels bis zu einer Tiefe von 2000 oder gar 3000 m. bestehen, so müsste eine mindestens subtropische Temperatur auf seinen unteren Terrassen herrschen, und selbst in Höhen, wo jetzt nur der Zwergwachholder und das Krummholz mit ausschliesslich alpinen Stauden gedeihen, müsste es für den Weinbau noch Wärme genug geben. Freilich würde diese Wärme noch bei Weitem nicht genügen, denn die nächste Folge einer derart erhöhten Bodentemperatur wäre doch eine noch grössere Verarmung dieser Felsenlande an dem für das Pflanzenleben unentbehrlichen Wasser, indem sich die Wasserdünste nirgends im Bereiche so enormer Bodentemperatur niederschlagen könnten, da die Karstgipfel eine zu unbedeutende Höhe erreichen. Noch öder und trostloser würden diese weitausgebreiteten Felstriften alsdann, von jeglicher Vegetation verlassen, den vorbeisegelnden Schiffer anstarren.

Aber der Karstkalk ist durchaus nicht so mächtig, als es auf den ersten Blick den Anschein hat, und anstatt der Weinrebe, die ja dem Kalkfels an und für sich nicht abhold ist, oder noch südlicherer Gewächse, tragen seine theils hügeligen, theils terrassenartig sich erhebenden Felsrücken schon von 650 m. an Buchenwaldung (*Fagus*), von 1000 m. an die Fichte und Lärche, und sind von 1400 m. an seine Gipfel mit Krummholz (*Pinus Mughus*) und Zwergwachholder bewachsen. Bei 800 m. hat der Buchenwald, abwechselnd mit Beständen von *Abies pectinata*, eine auffallende Beimischung präalpiner Vegetation durch häufiges Auftreten von *Atragene alpina*, *Saxifraga rotundifolia*, *Ranunculus aconitifolius*, *Adenostyles alpina*, *Arabis alpina*, *Mulgedium alpinum*, *Rosa alpina* etc. Auf sonnig freien Triften, in Höhen, die nicht einmal 1400 m. erreichen, wachsen *Gentiana lutea* und *G. acaulis*, *Viola pinnata*, *Euphrasia salisburgensis*, *Senecio abrotanifolius*, *Campanula thyrsoidea*, *Leontopodium alpinum*. Am nördlichen Saume des Karstes (drei Meilen südlich von Laibach) findet man *Rhododendron hirsutum* in ganz niedriger Lage, nämlich unter 400 m. Auf den höheren Karstwiesen des Velebit kommen (am Fusse des St. Brdo nordöstlich von Zara) unter 44 Grad 20' nördlicher Breite schon bei circa 1300 m. mehrere echte Alpinen vor, so insbesondere *Androsace villosa* und *Achillea Clavenae*. Aber auch *Hieracium villosum*, *Veratrum album*, *Valeriana montana* und *Ranunculus montanus* möchte man in so mässiger Höhe in unmittelbarer Nähe des Meeres kaum vermuthen.

V.

Das krainisch-croatische Karstmassiv, das sich mit geringen Unterbrechungen über einen Flächenraum von nahe 150 Quadratmeilen ausbreitet, ist sehr reich an ähnlichen Vorkommnissen. Die Nähe des Meeres scheint ebenso wenig wie ein geographischer Breitenunterschied von 2 Grad irgend einen Einfluss auf die Höhenlage zu nehmen, die solche alpine und präalpine

Arten occupiren. Ausserordentlich muss es auch jedem Nordländer auffallen, daselbst die Weinrebe auf einem so niedrigen Niveau zurückbleiben zu sehen. Weder die Nähe des Meeres, noch eine gegen Norden geschützte Lage vermag die Grenze der Rebencultur merklich zu heben. Die Orte auf dem Innerkrainer Plateau: S. Peter 600 m., Senoschetsch 565 m., Präwald 562 m., Rakek 555 m., Adelsberg 537 m. produciren keinen Wein. Die Grenze des Weinbaues liegt auf dem gegen das Meer sich terrassenförmig senkenden Plateau bei 450 m.; aber nur jene Orte, die weniger als 350 m. haben, liefern einen guten Wein (geschätzt ist vorzugsweise der Proseker).

Am Südbhänge des kleinen Trnovaner Hochlandes geht der Weinbau bis circa 550 m. Dieses ungefähr über einen Flächenraum von 2 Quadratmeilen sich ausbreitende Karstmassiv erreicht 800—1000 m. mittlere Plateauhöhe, seine Gipfel erheben sich aber 1300—1500 m. hoch (absol.). Bei Trnovo (800 m.), kaum 4 Meilen nördlich von Triest, werden von Feldfrüchten nur Gerste, Roggen, Erdäpfel, Rüben und Kopfkohl angebaut; nicht eine einzige Obstart gedeiht hier; den wilden Kirschbaum kann man kaum dazu zählen, da seine Früchte in manchen Jahren gar nicht reifen und auch sonst wenig geniessbar sind; er beginnt in der ersten Hälfte des Mai zu blühen, wenn die Frühlirschen in Görz schon völlig reif sind. Schon bei 900 m. hört daselbst der Getreidebau auf.

Gegen Nordwesten schliesst sich an dieses Massiv ein zweites, im Mittel nur 500—800 m. hohes an, das sich westlich ganz allmählig zum Isonzothal hinabsenkt. Hier sehen wir die Rebe wieder bis zu einer Entfernung von 5 Meilen vom Meere zum Zwecke der Weingewinnung angepflanzt, aber schon bei Canale und weiter südlich, kaum 4 Meilen vom Meere, ist der Wein von sehr geringer Qualität, in manchen Jahren kaum trinkbar, obschon die Weingärten (nach italischer Art bebaut) tief unten in der Thalsohle — circa 130 m. — liegen. Von Obst gedeihen hier nur Wallnuss (*Juglans regia*) und unedle Sorten von Birnen und Aepfeln, Kirschen und Pflaumen. Auffallend arm ist das Isonzothal, wiewohl gegen das Meer offen, an südlichen Gewächsen, selbst in geringer Entfernung von Görz: sogar die Kastanie fehlt; ziemlich weit vom Meere entfernen sich nur Mannaesche und Hopfenbuche (*Ornus europaea* und *Ostrya vulgaris*), aber um so reicher ist dasselbe mit Alpinen und sonstigen Gebirgspflanzen bedacht, die bis Görz herabgehen.

Nichts kann daher in dieser Hinsicht lehrreicher sein als eine Vergleichung der Vegetationsverhältnisse der Görzer und Krainer Karstgelände mit denen der Umgebung von Brixen in Tirol (46 Grad 43' nördlicher Breite, 22 Meilen weit vom Meere). Die Stadt liegt ungefähr 600 m. über dem Meere, westlich davon erhebt sich ein fruchtbares Mittelgebirge mit vielen Obstgärten, Kastaniengruppen und Rebenanpflanzungen, welche dieser Gebirgslandschaft einen südländischen Schmuck verleihen, in unmittelbarer Nähe 2300—2500 m. hoher Berge. Zwischen den Flüssen Eisack und Rienz zeigt sich auch ein Mittelgebirge, nahe 1000 m. hoch; dasselbe erfreut sich einer sehr üppigen Vegetation; ein vom Karste dahin reisender Beobachter müsste nicht wenig erstaunen beim Anblick der herrlichen Weingärten, mit denen es auf der Südseite bis auf den Gipfel

hinauf geziert ist (Oe. B. Z. 1866, p. 324—329). Was möchte er vollends dazu sagen, wenn er den Wein von Canale und jenen Tiroler Wein von so hoher Lage zu verkosten bekäme?

Es ist aber ganz natürlich, dass ein Terrain, das bei 1000 m. Höhe in so vorgerückter geographischer Breite einen guten Wein und edles Obst liefert, in der Thalniederung bei 600 m. Cactus, Jasmin (*Jasm. offic.*), *Adiantum Capillus Veneris* und noch manche andere südländische Pflanze produciren könne. Wir finden dann auch nichts Wunderliches daran, wenn das südlicher gelegene Judicariengebirge an seinen sonnig warmen Südabhängen *Quercus Ilex*, den Oelbaum, Lorbeer und Cypresse beherbergt, nebst der Baumhaide, die sonst ein maritimes Klima verlangt. Aber warum vermag das nicht auch das Isonzothal in der gleichen geographischen Breite, das gegen Süden offen ist und dem Meere viel näher steht als die südtirolischen Berge? Nur mit genauer Noth erhalten sich in dürrigem Zustande und sehr zersprengt die Vorposten der immergrünen Baum- und Strauchvegetation bei Görz: *Quercus Ilex*, *Pistacia Terebinthus*, der wilde Feigenbaum, die Osyris und der Capperstrauch nebst ein paar niederen Stauden der Küstenzone. Warum ernährt nicht der Karst in seinen tieferen Lagen oder an den dem Meere so nahe liegenden Gehängen im Wippachthale, sobald sich der Boden über das mässige Niveau von 450 m. erhebt, keine solchen Arten mehr? Darüber vermag uns die Meteorologie keinen befriedigenden Aufschluss zu geben.

Einen ähnlichen Gegensatz zwischen dem Karste und den Nordkalkalpen nördlich vom Innthale schildert mit beredtem Wort Prof. Kerner (Oe. B. Z. 1866, Nr. 1). Er fand im Jahre 1864 von den Alpenpflanzen, welche dem Krainer Schneeberg und dem Innsbrucker Kalkgebirge gemeinsam sind, diejenigen, die auf dem genannten Berge am 24. Juli in voller Blüthe standen, in gleicher Seehöhe bei Innsbruck schon drei Wochen früher in dem gleichen Blüthenstadium. Manche Pflanzen waren am Krainer Schneeberge noch in Knospen, die er bei gleicher Seehöhe bei Innsbruck schon vor seiner Abreise in vollendeter Entfaltung gesehen hatte. Der Roggenschnitt begann damals bei Altenmarkt am Fusse des Berges in circa 640 m. am 23. Juli, bei Innsbruck aber ($1\frac{2}{3}$ Breitengrade nördlicher) in gleicher Höhe schon Anfangs dieses Monats.

Auch die Verbreitung der Rebencultur in der Schweiz gewinnt solchen Thatsachen gegenüber ein erhöhtes Interesse. Nirgends in diesem Lande steigt die Rebe so hoch an den Bergen hinauf als in Wallis. Nach den Angaben der Gebrüder A. und H. Schlagintweit erreicht der Weinstock in der nördlichen Schweiz seine obere Grenze im Mittel bei 538 m., in den Berner Alpen bei 600 m., in Graubünden bei 700 m., in Wallis bei 800 m., am Südfusse des Monte Rosa bei 860 m. Allein Berndt¹⁾ weist nach, dass diese Angaben für das Wallis um mindestens 320 m. zu niedrig sind.

¹⁾ Das Val d'Anniviers und das Bassin de Sierre. Petermann's Mittheilungen, Ergänzungsheft Nr. 68.

Bei Châbles im Bagnethal wird bis zu einer Höhe von 890 m. reger Weinbau betrieben. Zu Stalden, einem Dorfe, das 810 m. über dem Meere an der Vereinigung der Gorner- und der Saasvisp liegt, sah man noch bis in die neueste Zeit einen Weinstock um den Dorfbrunnen ranken, dessen Stamm 1' im Durchmesser hatte. Oberhalb dieses Dorfes steigen Reben im Nicolaithal bis zum Weiler Kalpetran (980 m.) hinan; ja nach Furrer's Angaben gedeiht der sogenannte Heidenwein (weil angeblich von den heidnischen Saracenen gepflanzt) noch in der Nähe von Visperterminen, einem Bergdorf, das zwischen Stalden und Vispach auf einer Terrasse von 1330 m. liegt.

Steigt nun zwar die Rebe im Val d'Anniviers nicht ganz so hoch wie in den benachbarten Visperthälern und am Südfusse des Monte Rosa, für welchen die Gebrüder Schlagintweit eine viel zu geringe Zahl als obere Grenze des Weinstockes angeben, so erreicht sie doch auch hier recht bedeutende Höhen. Bei Danona ob Sierre (Siders) und an der Riere ob S. Leonard wird bei 900—1000 m. noch Weinbau angetroffen. Auch im Einfischthale (unteres Val d'Anniviers, südlich von Siders) steigt der Weinstock durch die Pontis bis zum Dorfe Fange, in eine Höhe von 1200 m. hinauf.

Welches ist nun in Wallis die Ursache einer so abnormen Höhe der oberen Rebengrenze? fragt Berndt; denn in ganz Centraleuropa steht dieses Factum einzig da. Er meint: „Sehr irren würden wir, wollten wir diese exceptionelle Höhe der Walliser Rebengrenze lediglich der höheren mittleren Jahrestemperatur dieses Thalgebietes zuschreiben. Allerdings sind die Winter des centralwallisischen Rhônebeckens milder, die Sommer weitaus heisser als in der nördlichen Schweiz, allein es ist hier noch Weinbau zu finden an Orten von viel niedrigerem Jahresmittel als dasjenige von Orten am Nordfusse der Alpen, an welchen längst aller Weinbau aufgehört hat. Nach den Untersuchungen der Gebrüder Schlagintweit gedeiht am Südfusse des Monte Rosa die Rebe noch bei einer mittleren Jahrestemperatur, welche um 1·8 Grad C. niedriger ist als diejenige, bei welcher am Nordfusse der Alpen die Cultur derselben bereits aufgehört hat.“ — „Es ist also weit weniger die Höhe des Jahresmittels, als vielmehr die Art der Vertheilung der Temperatur auf die verschiedenen Zeiten des Jahres, worin die Ursache dieser ganz exceptionellen Erscheinung zu suchen ist.“ „In erster Linie ist es das fast gänzliche Fehlen der Sommerregen, die dadurch erzeugte Trockenheit der Luft und ihre stetige, ungemein gleichmässige Temperatur, sowie endlich die merkwürdige, fast ununterbrochene Klarheit des Himmels, die eine beständige directe Einwirkung der Sonnenstrahlen theils auf den Organismus der Pflanze selbst, theils auf den Boden, in welchem sie wurzelt, möglich macht.“

Dies hält Berndt für einen ausreichenden Grund, warum die Rebe im Wallis an ihrer oberen Grenze beinahe 2 Grad C. im Jahresmittel entbehren kann, ohne hiedurch an der Production süsser, zu Wein verwendbarer Trauben gehindert zu sein. Nun, wenn diese Erklärung für die Schweizerrebe genügt, so ist noch immer nicht zu begreifen, warum die Rebe nicht an der Poik in Krain, bei Adelsberg, Rakek, Präwald etc. gedeiht oder ihre Früchte reift: dort

fällt im Sommer bekanntlich sehr wenig Regen, der Himmel ist fast beständig klar und die Insolation aufs Höchste potenzirt, die mittlere Sommerwärme gewiss nicht niedriger als an der oberen Weinbaugrenze am Südfusse des Monte Rosa oder in den Vispthälern des südlichen Wallis, wohl aber mindestens so hoch wie an der Rebengrenze in der nördlichen Schweiz.

Nach den Versicherungen alter Leute — erzählt Berndt (l. c. in den Anmerkungen) — soll in früheren Zeiten sogar bis Ponchette hinauf (über 1400 m.) Wein- und Obstbau betrieben worden sein, während jetzt schon die Trauben von Fang nicht mehr zur völligen Reife gelangen und bei Ponchette nur noch Tannen und Lärchen stehen, — Erscheinungen, die wie so manche andere Indicien auf eine Verschlechterung des Klimas schliessen lassen. Hiermit stimmen auch Sagen überein, welche berichten, dass der Weinbau im Wallis früher weit höher hinaufgereicht habe und noch in Regionen betrieben worden sei, wo jetzt kaum der Kirschbaum gedeiht. So erzählt Tscheinen in den Walliser Sagen, dass vor Zeiten im sogenannten Massakinn, wo jetzt der Aletschgletscher seine Eismassen zu Thal wälzt, noch Wein gebaut worden sei. Uebereinstimmend hiemit berichtet Tschudi (Thierleben der Alpenwelt, p. 32) von einem alten Manne, Namens Peter Zurmühle von Ausserberg, der sich noch genau erinnert, wie er in seiner Jugend beim Schafehüten am Wimamhorn alte Weinstöcke am Aletschgletscher gefunden habe.

Diese Berichte werden bestätigt durch einen in der Walliser Landesgeschichte vielgenannten Namen. Ob Naters an der Furcastrasse (südlich unter dem Aletschgletscher) liegt ein kleiner Flecken, der in alten Walliser Urkunden mehrfach unter dem Namen „in vineis“ vorkommt und jetzt Weingarten genannt wird. Hier stehen noch Trümmer der Burg Weingarten, des Stammsitzes einer uralten Adelsfamilie, die unter dem Namen de Vineis oder Weingartner in der Geschichte des Wallis häufig genannt wird. P. J. Ruppen zu Sitten spricht in den Walliser Sagen die Ansicht aus, dass die Abnahme des Weinbaues im oberen Rhönethal und in den benachbarten südlichen Querthälern theils durch die rauhe und kalte Witterung veranlasst worden sei, die laut den Berichten der Chroniken im 16. Jahrhundert eintrat, theils auch dadurch, dass zur Zeit der Reformation den Wallisern die Ausfuhr ihres Weines nach dem Waadtlande abgeschnitten wurde.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass jene Verschlechterung des Klimas, dem der scheinbare Rückgang des Weinbaues, resp. das Vorrücken der Gletscher zugeschrieben werden kann, in Folge einer allmäligen, seit dem 16. Jahrhundert vorsichgehenden Hebung des Bodens eingetreten ist. Sollte sich das gegen jeden Zweifel sicher herausstellen, so wäre die Annahme einer Acclimatisation der Weinrebe in den oberen Lagen, wo sie sonst nicht zu gedeihen pflegt, nicht ohne Weiteres von der Hand zu weisen, wiewohl eine so beträchtliche (200 bis 300 m. in drei Jahrhunderten betragende) Hebung dieselbe nicht besonders zu unterstützen scheint. Aber das Factum, dass die Rebe in so ausserordentlich hohen Lagen, und dazu bei Temperaturen, die niedriger sind als jene an der oberen Grenze der Weincultur in der nördlichen Schweiz und am Karste, noch

süsse, zu Wein verwendbare Trauben liefert, bliebe trotzdem unerklärt. Die Acclimatisation kann bekanntlich niemals einen Theil der unter normalen Umständen zur Erzeugung des Zuckers erforderlichen Wärmemenge (Temperaturhöhe und Temperatursumme) entbehrlich machen. Eine edle Reben- oder Obstsorte kann durch eine sehr langsame Abnahme der Temperatur, sei es durch eine allmälige Vorrückung gegen Norden, sei es durch eine sehr langsame Hebung des Bodens, nach vielen Generationen die Fähigkeit erlangen, bei geringer Wärme ihre Samen zur völligen Reife zu bringen, nie aber vermag sie auch die Fähigkeit sich anzueignen, bei dem geringeren Wärmemass ebensoviel Zucker in ihren Früchten zu erzeugen als in ihrem heimischen Klima.

Mithin muss es doch eine grössere Wärmemenge sein, die in den Walliser Gebirgen ein so abnorm hohes Emporsteigen der Weincultur ermöglicht. Da aber dieses Plus von Wärme in dem von der Sonnenstrahlung abhängigen Antheile der Gesamttemperatur nicht gefunden werden kann, so muss es in dem Antheile gesucht werden, welcher von der Erdwärme abhängt und sowohl die Keimungsprocesse als auch die Entwicklung des Wurzelsystems der Pflanzen vorzugsweise beeinflusst. Also dürfen wir sagen: wenn in den Walliser Gebirgen dieses Plus von Bodenwärme (welches aus dem Innern der Erde stammt) nicht wäre, so würde in gleicher Höhe die mittlere Jahrestemperatur des Bodens und der darüber befindlichen Luft geringer sein. Dass wir aber dies nicht merken, kommt daher, weil eine auch sehr mässige Erwärmung des Bodens einen Luftwechsel zur Folge hat, indem die (sei es auch nur wenig) unten erwärmte Luft aufsteigt und durch kältere, aus den oberen Regionen nachrückende ersetzt wird. Durch diese Circulation der Luft wird dem Boden fortwährend Wärme entführt und daher eine fühlbare Wärmeansammlung an der Oberfläche unmöglich gemacht.

Bei Cilli in Untersteier hat die Weincultur ihre Grenze bei 230 m., also in der Thalsohle, nur an den Südgehängen reichen die Weinberge stellenweise bis 450 m. hinan. Cilli hat als Jahresmittel 9·8 Grad C., der Winter hat —0·5 Grad, das Frühjahr 9·7 Grad, der Sommer 19·6 Grad, der Herbst 10·6 Grad. Der Wein, der hier wächst, ist nur in wenigen Jahren gut. Nun hat an der oberen Grenze des Weinbaues in Wallis die Terrasse, wo der sogenannte Heidenwein wächst, bei 4200' (1330 m.), gewiss nicht mehr als 7 Grad jährliche mittlere Jahrestemperatur, da ja selbst Sitten bei 500 m. nur 10·6 Grad besitzt. Es hat somit in Untersteiermark der Weinbau seine obere Grenze bei einer mittleren Jahrestemperatur, die mindestens um 2·8 Grad höher ist als in Wallis.

VI.

An der Grenze von Graubünden und Tirol hat Vulpinus im Jahre 1853 bei Sta. Maria im Münsterthal bei 1400 m. *Prunus Mahaleb* am 5. Juni noch nicht ganz in Blüthe gefunden, bei Münster, eine kleine Stunde abwärts, stand die Pflanze um die Zeit in voller Blüthe und gegen Glurns hinaus (bei 880 m.) setzte sie schon Früchte an. Das ist eine Entfernung von drei Stunden und

ein Höhenunterschied von 520 m. Im unteren Münsterthal (in Tirol) ist *P. Mahaleb* ein häufiger Strauch (Oe. B. Z. 1866, p. 345).

Auf dem görzischen Karst geht die Mahaleb-Kirsche nur etwa so hoch als der Weinbau, bis ca. 450 m., höchstens bis 500 m., wo sie an ihrer oberen Grenze Anfangs Mai zu blühen beginnt, also einen Monat früher als bei Sta. Maria im Münsterthale bei 1400 M. Man sieht also, wie das Fortkommen dieses echten Felsenstrauches nicht so sehr von der Höhe der Lufttemperatur abhängt, als vielmehr von gewissen günstigen geothermischen Eigenschaften des Bodens. Warum kommt sonst im Karstsystem die Mahaleb-Kirsche nicht so hoch vor, dass sie erst gegen Ende Mai oder gar Anfangs Juni in das Blüthestadium treten müsste?

Auch *Quercus pubescens*, die Flaumeiche, geht auf dem Karste (wenigstens auf dem görzischen und istrischen) in der Regel nur bis 500 oder 600 m. hinauf, höher äusserst selten. In Südtirol aber, wo dieser Baum ebenfalls sehr häufig ist, geht er mit *Q. sessiliflora* bis 1365 m., also mindestens noch einmal so hoch als auf dem görzischen Karste. Und doch belaubt sich der Baum hier in dieser so bedeutenden Höhe nur etwa zehn Tage später als dort. Aber gerade diese unerwartete Thatsache, dass die Pflanze am Karste bei einer höheren Temperatur ihre obere Grenze findet als in den Alpen, scheint mir noch überraschender zu sein so als das hohe Emporsteigen derselben in Südtirol. Die Lufttemperatur ist es demgemäss nicht, die ein so tiefes Herabsteigen der oberen Grenze der Mahaleb-Kirsche und der Flaumeiche auf dem Karste bedingt, die Ursache muss man vielmehr darin suchen, dass auf dem Karste die Bodentemperatur nach oben viel rascher abnimmt als in den Alpen (mit Ausnahme der dolomitischen, die sich nicht anders oder doch nicht viel anders verhalten als der Karst), das Fortkommen und Gedeihen der Pflanzen aber, und insbesondere der Lignosen, von den geothermischen Verhältnissen, da sie vor Allem ihr Wurzelleben beeinflussen, viel mehr als von den meteorologischen Verhältnissen der Lufttemperatur abhängt. Ein constantes Plus von 1 oder 2 Grad in der Tiefe der Wurzeln muss von sehr wohlthätigen Wirkungen für die Erhaltung und jährliche Entwicklung der Pflanze begleitet sein, allein man wird es an der Lufttemperatur (schon gleich unten nahe am Boden) wegen der Circulation der Luft nur wenig verspüren.

Die Alpen haben, besonders die Walliser, Graubündner und Oetzthaler Alpen, dem Karst gegenüber ein beträchtliches Plus von Bodenwärme, das auf Rechnung desjenigen Antheiles der Gesamttemperatur kommt, der von der Eigenwärme der Erde abhängt, der Karst aber ein Minus, d. i. ein Deficit.

VII.

Die Grotte von Trebich nordöstlich von Triest ist für die Kenntniss der Temperaturverhältnisse des Innern des Karstgebirges von der grössten Wichtigkeit. Der Eingang zu dieser Grotte liegt 342 m. über dem Meere auf dem

Karstplateau ziemlich genau zwischen den kleinen Ortschaften Orlek und Trebich, also 3 Kilometer weit vom Rande des Karstplateau. In neun Absätzen senkt sie sich ziemlich vertical in die Tiefe; der unterste Raum, ein grosser Wasserbehälter, 323 m. tief unter der Oberfläche und 19 m. über dem Meere, ist nur mit einem Floss befahrbar. Es herrscht in der Grotte beständiger Luftzug. Nach Dr. Kandler beträgt darin die Lufttemperatur im Sommer + 17.5 Grad C., das Wasser hat aber nur 10 Grad, auch wenn das Thermometer an der Oberfläche 30 Grad zeigt.¹⁾

Bedenkt man nun, dass die Ventilation der Grotte durch das Ausströmen der kälteren und daher dichteren Luft durch die Spalten am Fusse des Karstes (gegen das Meer zu) und das Einströmen wärmerer Luft von oben bedingt wird und diese Bewegung der Luft durch den ganzen Sommer dauert, so muss man sich wundern, dass das Wasser nicht mehr erwärmt wird. Man denke sich erst diese Ventilation weg, müsste da nicht die Temperatur des Wassers noch um mehrere Grade niedriger sein? Unter normalen Umständen müsste das Wasser, wenn es die Temperatur des Gesteins in dieser Tiefe angenommen hat, ungefähr 16 Grad C. haben, denn circa 23 m. unter der Oberfläche ist die Temperatur von den jährlichen Schwankungen der Insolation nicht mehr abhängig, daher ungefähr der mittleren Jahrestemperatur von Trebich gleich, d. i. = nahe 10 Grad C.; da aber von da an die Temperatur mit je circa 50 m. um einen Grad zunehmen soll, so beträgt das für die folgenden 300 m. 6 Grad. Das erwartet man unter Voraussetzung normaler Bodenverhältnisse, da ja die Wirkung des Luftwechsels für diesen Fall nicht zu berücksichtigen ist oder nur sehr wenig ins Gewicht fällt. Statt dessen würde ohne Erwärmung durch die äussere Luft das Gestein am Grunde der Grotte von Trebich nicht einmal 6 Grad C. haben, wahrscheinlich nur 3–5 Grad. Dieser Ausfall von mehr als 10 Grad lässt sich nur durch die ungünstigen geothermischen Verhältnisse des Karstsystems erklären. Wäre das Karstplateau bei Triest 600 m. höher, so würde diese Grotte trotz der Nähe des Meeres ohne Zweifel eine Eisgrotte sein, wie die Höhlen des hohen Karstes nordöstlich von Görz (Trnovaner Plateau) natürliche Eisbehälter sind, die schon 800 m. über dem Meere den ganzen Sommer Eis enthalten und die Stadt Görz mit diesem wichtigen Artikel versorgen.

Solche Erscheinungen sehr niedriger Temperatur im Innern der Karsthöhlen sind nicht vereinzelt, sondern ganz allgemein und verrathen sich oft durch das Ausströmen eiskalter Luft aus Felsspalten am Fusse der Karstthochflächen. Daraus dürfen wir schliessen, dass die mineralischen Substanzen, welche das Liegende des Karstkalkes bilden, auf eine bedeutende Tiefe ein sehr niedriges Leitungsvermögen haben. In der That, ich kann auf Grund eigener Anschauung v. Morlot's Ansicht nur bestätigen, dass der Tassello, ein überaus mächtiges, theils sandsteinartiges, theils thonmergeliges Gebilde, sich auch unter den ältesten Karstkalk fortsetzt und daher jedenfalls älter sein müsse als dieser (l. c. p. 12, 22). Durch eine viel spätere Aufarbeitung vermischten sich seine

¹⁾ A. v. Morlot, Ueber die geologischen Verhältnisse von Istrien. Wien 1848, p. 35–36.
Z. B. Ges. B. XXXIII. Abh.

obersten Lagen mit den Sedimenten der Nummulitenformation, weshalb man darin an unzähligen Stellen Nummuliten und Alveolinen findet, die sich, weil nur lose und viel später hineingerathen, sehr leicht herauschälen lassen. Eine solche spätere Aufarbeitung des Tassello durch die zerreibende und lösende Wirkung des Wassers sehen wir auch dort, wo der Felsenpanzer des Karstes in meilenlangen, weitklaffenden Spalten aufgerissen erscheint.

Solche Risse sind, wenn sie eine beträchtliche Tiefe haben, durchaus mit den Zersetzungsproducten des Tassello erfüllt; letztere gelangten daselbst (wann, das lässt sich nicht bestimmen) zu einer secundären Ablagerung, zu der kein anderes Gestein als der tief unten liegende Tassello mit den ihn begleitenden pelitischen (thonigen) und klastischen (sandigen) Nebenproducten das Material geliefert haben konnte. Dies gilt z. B. von der grossen, 6 Meilen langen und 1 bis $1\frac{1}{2}$ Kilometer breiten Spalte in Istrien, die unter starken Krümmungen vom Canal di Leme über Canfanaro, Corridico und Antignana bis Pisino verläuft. Aehnliche Spalten sind ferner das Arsathal, Valle di Quietto, Valle di Besca und das sehr schmale, $\frac{3}{4}$ Meilen lange Thal von Dobrinje; letztere beide auf der Insel Veglia. Doch vielleicht zu den merkwürdigsten Erscheinungen dieser Art zählt die fast $1\frac{1}{2}$ Meilen lange und dabei kaum $\frac{1}{2}$ Kilometer breite Spalte, welche sich von Gorjansko bis in die Nähe von Kreplje in der Richtung von N.-W. nach S.-O. (nördlich von Triest) zieht. Ich war, als ich diese lange und doch so ungemein schmale Mulde mit dem sie ausfüllenden rostfarbigen Thon, Geschieben von Quarz, Fragmenten von stark zersetzten, feldspathartigen Felsgesteinen u. dgl. der Länge nach durchschritt, nicht wenig darüber erstaunt, da ich nicht begreifen konnte, wie solche Thonlager dahinkamen, da sie doch weder mit dem Tassello von Istrien, noch mit dem des Wippachthales in Verbindung stehen. Es blieb mir schliesslich, nachdem ich ähnliche Vorkommnisse auch anderwärts gesehen hatte, nichts Anderes übrig als anzunehmen, dass diese Materialien aus der Tiefe stammen, und dass es unter dem Karstkalke unermessliche Massen von Tassello oder von sonstigen geschichteten und ungeschichteten Silicatgesteinen geben müsse.

VIII.

Sämmtliche Gebilde dieser Art, ob sie nun sandsteinartig und geschichtet sind, oder als thonige, sandige, geschiebartige Zerstörungsproducte älterer Silicatgesteine ohne alle gesetzmässige Lagerung erscheinen, pflegt man in neuerer Zeit mit dem Collectivnamen Flysch zu bezeichnen. Der Flysch scheint vom eigentlichen Karst unzertrennlich zu sein und in einem ursächlichen, sehr engen Zusammenhange mit demselben zu stehen, denn er begleitet ihn in gleicher Weise im Görzischen, in Krain, Croatien, wie in Dalmatien, in der Herzegowina und in Albanien.

Im grellsten Gegensatze zum echten compacten Karstkalk, der (nach v. Morlot) nur $1\frac{2}{10}\%$ Thonerdesilicat enthält, nur Spuren von Eisenoxyd und höchstens $1\frac{8}{10}\%$ Glühverlust zeigt, daher an Wärmeleitungsfähigkeit dem reinen Marmor nur sehr wenig nachsteht, sind die Gebilde des Flysch durch einen hohen Grad von Discontinuität der Masse und ein starkes Wasseraufsaugungs-

vermögen ausgezeichnet, so dass sie in der Scala der Wärmeleitung (Marmor, gewöhnlicher compacter Kalkstein, Kalksteinschutt, Kalksand, Dolomitsand, trockener, luftfeuchter und nasser Thon) grösstentheils die zwei untersten Stufen einnehmen. Eigenthümlich ist es jedenfalls, dass diese beiden einander so entgegengesetzten Medien östlich vom adriatischen Meere unmittelbar neben einander und das eine dicht über dem anderen vorkommen.

Steht man auf dem Görzer Flysch, so merkt man an der Vegetation, so weit dieselbe nicht von der Cultur beeinflusst ist, nicht im Mindesten, dass man sich südlich von der 46. Parallele, im Bereiche des italischen Klimas befindet; denn der gleichförmig mit Haide (*Calluna* und *Erica vulg.*) bewachsene Boden trägt nur mittel- und nordeuropäische Bäume und Sträucher, nämlich die Sommer- und Wintereiche, Erle, Espe, Birke, Hasel, Wachholder, Grauweide, Bergahorn u. dgl.; hin und wieder bemerken wir auch die Rothbuche, selbst da, wo sich der Boden nicht mehr als 100 bis 150 m. über den Spiegel des Meeres erhebt. Die einzige echte Kastanie, theilweise auch die Mannaesche, erinnert uns an die Pflanzenwelt einer südlicheren Region. Daneben kommen aber mehrere theils präalpine, theils nordische Stauden vor, welche diesen Eindruck nur zu leicht verwischen, insbesondere *Doronicum austriacum*, *Gentiana asclepiadea* und *G. Pneumonanthe*, *Cirsium eriophorum*, *Vaccinium Myrtillus*, *Blechnum boreale*, *Lycopodium complanatum*, *Hyoseris foetida*, *Gnaphalium dioicum*, *Hieracium umbellatum*, *boreale* etc. etc. Unter den wildwachsenden Lignosen findet sich nicht eine einzige immergrüne, den Epheu und die Stechpalme ausgenommen.

Denselben Charakter zeigt die Vegetation des Flysch auch in Istrien. Auf der Südwestseite des Tschitschenbodens (Karstplateau) beginnt auf dem Flysch die Buchenregion mit *Fagus silvatica* schon bei 350 m., auf dem Karst daneben erst bei 640 m. Gegen Pregara zu, unweit Pinguente, fangen ziemlich ausgedehnte Buchenwäldungen an, lange bevor man die Höhe des Karstes erreicht, eine Erscheinung, welche für Istrien jedenfalls ein viel höheres Niveau voraussetzt (Oe. B. Z. 1863, p. 205).

IX.

Th. Fuchs fand bei seinen Bereisungen Italiens und der Balkanhalbinsel, wobei er in die verschiedensten und entlegensten Gegenden kam, dass die eigentliche mediterrane (immergrüne) Baum- und Strauchvegetation auf den Kalkfels beschränkt ist, der Flysch dagegen, sowie auch der Granit, Diorit, Serpentin etc. mit wenigen Ausnahmen in den südlichen Theilen dieser Florengebiete nur sommergrünen Wald tragen, in dessen Schatten grösstentheils mittel- und nordeuropäische Stauden und Gräser neben einigen autochthonen gedeihen. Serbien, Bulgarien, Thracien bis an den Bosphorus und das Marmorameer, ganz Macedonien mit dem grössten Theile der Chalkis, Thessalien bis westlich an den Pindus und südlich zum Othrysgebirge haben mitteleuropäischen Vegetationscharakter. Diese Gebiete bestehen fast ganz aus granitischem Urgebirge oder aus anderen kalkarmen Gesteinen. Dagegen besitzen das fast nur

von karstähnlichem Kalkgebirge occupirte Epirus und der thessalische Olymp (gleichfalls Kalkfels) immergrüne Baum- und Strauchflora. Das Innere von Morea ist durchaus granitisch und hat nur sommergrüne Gehölze.¹⁾

Ueber die Vegetationsverhältnisse des Kopaoonik an der Südwestgrenze Serbiens (43. Grad nördlicher Breite) besitzen wir eine ausführliche Skizze von Dr. J. Pančić (Oe. B. Z. 1867). Die Hauptmasse dieses sehr ausgebreiteten und stark abgeflachten Gebirges, das mit seiner höchsten Kuppe, dem Suvo rudište, etwa 6000' absol. Höhe erreicht, besteht aus Gneiss und Serpentin, der überhaupt im Westen und Süden Serbiens sehr häufig auftritt. Der Kalkfels ist nur von untergeordneter Bedeutung. Aber wiewohl die enorme Massenausbreitung dieses Gebirges eher ein Hinaufrücken der Isothermen vermuthen lässt, nimmt der Beobachter im Gegensatze zu dieser unter anderen Umständen wohlberechtigten Voraussetzung eine auffallende Depression der Vegetationszonen wahr, was nur in einer entsprechenden Senkung der Isothermen seinen Grund haben kann. Denn die Fichte, hier sehr ansehnliche Wälder bildend, aber auf steinigere Unterlage stark mit der Edeltanne vermischt, geht nur bis 1580 m. ungefähr, die Alpenregion (Krummholzzone) beginnt an mehreren Stellen schon unterhalb dieses Niveau, nur in den Rinnalen der Bäche steigt die Fichte hin und wieder bis 1600 m. *Viola biflora*, *Aster alpinus*, *Nigritella angustifolia*, *Geum montanum* finden in dieser Gebirgsgruppe ihre untere Grenze so tief wie in den Alpen von Kärnten und Krain und um mehr als 200 m. tiefer als in den Centralalpen. Die nackten Kuppen sind von 1800 m. an, stellenweise schon bei 1650 m. beginnend, mit *Juniperus nana*, dem Zwergwachholder, der hier das eigentliche Krummholz vertritt, mit *Vaccinium Vitis Idaea* und *V. uliginosum*, *Pedicularis Haquetii* und *P. comosa*, *Thlaspi alpinum*, *Centaurea montana*, *Gentiana utriculosa*, *asclepiadea* und *acaulis*, *Dianthus deltoides*, *Geranium silvaticum*, *Alsine verna*, *Crepis grandiflora*, *Ranunculus Gouani*, *Polygonum alpinum*, *Luzula albida*, *multiflora* und *spicata*, *Agrostis alpina*, *Festuca alpina*, *varia* und *laxa*, *Nardus stricta*, *Viola lutea* etc. bewachsen, Arten, von denen manche auf einen reichlich befeuchteten, andere auf einen sehr fruchtbaren Boden hinweisen. Dem Kopaoonik entspringen unzählige Quellen, wovon sehr viele auf die obere, in verticaler Richtung 150—300 m. einnehmende Region fallen: demselben fehlt es also an Feuchtigkeit nicht. Am Krčmar, einem weiten Quellenfächer an der nördlichen Lehne des Suvo rudište, kann man *Tozzia alpina*, *Epilobium trigonum* und *origanifolium* beobachten. Unter dem Einflusse reichlicher Feuchtigkeit und eines sehr fruchtbaren Bodens gelangen an der oberen Fichtengrenze und auch tiefer *Trollius europaeus*, *Astrantia major*, *Adenostyles albifrons*, *Senecio cordatus*, *Aconitum Koelleianum* und *paniculatum*, *Achillea magna* und andere Arten zu üppiger Entwicklung. — Auf dem circa 1000 m. hohen, aus Serpentin bestehenden Stol im südlichen Serbien findet man *Festuca spadicea*.²⁾

¹⁾ Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. in Wien 1877, Bd. LXXVI, p. 240—261.

²⁾ Auf die übrigen zahlreichen Pflanzenarten dieser Gegenden wird hier keine Rücksicht genommen, weil sie den Alpen fehlen, daher zu keiner Vergleichung dienen können.

Die peninsulare Lage des südlichen Serbiens (als Theil der Balkanhalbinsel) vermag also nicht einmal in Verbindung mit einer südlicheren Position eine Erhebung der Isothermen zu bewirken, da die Vegetationszonen hier dieselben Höhenlagen beibehalten wie etwa in den Nordkalkalpen, welche fast fünf Breitengrade nördlicher liegen.

X.

Aehnliche Erscheinungen werden im südlichen gebirgigen Theile der taurischen Halbinsel (Krim), der bei 44 Grad 40' bis 45 Grad nördlicher Breite eine noch viel mehr maritime Lage hat als der dalmatische und albanische Karst, beobachtet. Das taurische Gebirge — Jurakalk — ist durchaus karst-artig, im Mittel 3000—4000' hoch, nur die höchsten Spitzen (es sind drei) erreichen (die gleiche Höhe von) 5000', dagegen schwankt die Höhe des plateauartigen Kammes beträchtlich, bildet aber im Ganzen eine zusammenhängende, felsige, vielfach gebogene Fläche, welche von den Tataren Jaiła genannt wird. Der nördliche Abfall ist sehr sanft, geht allmähig in die Steppe über, der südliche ist steil. Im Allgemeinen ist das Gebirge sehr trocken, die Thäler leiden hier im Sommer an Dürre. Einen Theil des spärlichen Wasservorrathes bildet im südlichsten Randgebirge der Winterschnee, der stellenweise noch im August angetroffen wird. Die Steppe ist in Bezug auf die Regenverhältnisse dadurch gekennzeichnet, dass dort im Sommer die meisten Regen fallen, das Gebirge erhält aber die meisten Regen und Niederschläge überhaupt im Herbst und Winter; letzteres gehört also in die Kategorie der subtropischen Herbst- und Winterregen und stimmt auch in dieser Beziehung mit dem adriatischen Karst überein.

Rehmann¹⁾ unterscheidet in der südlichen Krim, soweit das Gebirge reicht, vier Regionen der Pflanzenwelt, nämlich: 1. die Küstenregion, d. i. die Zone der *Pistacia mutica*; 2. die Region der Eichen; 3. die Region der Buche, (*Fagus silv.*), und 4. die baumlose Region der Jaiła.

Auf der Nordseite des Gebirges fehlt die untere Region gänzlich, hier berühren sich die Eichenwälder unmittelbar mit dem baumlosen Gebiete, das allmähig zur Steppe wird. — Charakteristisch, wenn auch in minderem Grade, für die untere Region sind ausser *Pistacia* auch *Celtis Tournefortii*, *Carpinus duinensis* (*C. orientalis* Lam.) und *Quercus pubescens*, welch' letztere ins Unendliche variirt, sowohl in Bezug auf Gestalt, wie auch in Bezug auf Behaarung des Blattes; doch herrschen tiefer unten mehr die grauhaarigen Formen mit dichtem Toment vor, während oben in der Region der *Q. sessiliflora* und *Q. pedunculata* nahezu kahlblättrige Formen dieser Eichenart vorkommen. Die Region der *Pistacia* hat von charakteristischen Sträuchern nur noch fünf Arten aufzuweisen: *Arbutus Andrachne*, *Cistus creticus*, *Vitex agnus castus*, *Tamarix tetrandra* und *Cercis Siliquastrum*, von denen die letztere nur ein Gartenflüchtling zu sein scheint. Die übrigen Straucharten kommen auch in

¹⁾ Verhandl. der k. k. zoolog.-botan. Gesellschaft in Wien 1875.

der Eichenregion vor, z. B. *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *Ulmus campestris*, *effusa*, *Alnus glutinosa*. *Vitis vinifera* und *Clematis Vitalba* spielen hier als Lianen eine nicht unbedeutende Rolle.

Die Region der Eichen unterscheidet sich von der unteren in physiognomischer Hinsicht dadurch, dass ihre baumartigen Formationen viel einfacher zusammengesetzt sind, sie treten aber dafür in grösserer Menge auf; die Wälder bedecken hier grössere Strecken und zeichnen sich durch höheres Alter und einen üppigeren Wuchs aus. In der Regel sind es reine Eichenbestände, aber neben der oben erwähnten *Q. pubescens* tritt zahlreich *Q. sessiliflora* auf, und an der oberen Grenze der Region, wo der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens grösser ist, werden beide Arten durch die *Q. pedunculata* verdrängt. Untergeordnet, jedoch stellenweise selbstständige Gruppen bildend, tritt *Carpinus Betulus* auf, zuweilen auch *C. duinensis*. Erwähnenswerth sind noch für diese Region *Cornus mas*, *Acer campestre*, *Fraxinus excelsior* und *oxyphylla*, *Corylus Avellana*, *Evonymus latifolius*, *Colutea arborescens*, *Tilia dasystyla*, *T. rubra*, *Hedera Helix*. — Auf der nördlichen Seite des Gebirges erscheint der stachelige *Paliurus* als Formelement auf dürrer, unfruchtbaren Boden, zugleich mit *Crataegus Pyracantha*, *Prunus Mahaleb*, *Jasminum fruticans*, *Berberis vulgaris* u. dgl.

Nur auf die zwei unteren Regionen beschränkt sich im Gebirge die Cultur der Nutzpflanzen, in den niedrigeren Positionen wird der Boden fast ohne Ausnahme zur Rebencultur verwendet. Auf der Nordseite des Gebirges wird der Wein fast gar nicht gebaut. Es scheint demnach, dass der Weinbau in Positionen, welche höher sind als 1500', selbst auf der Südseite längs der Küste nicht mehr rentabel ist und bei 1800' die Rebe (wie bei Görz) überhaupt nicht mehr vorkommt.

Wie am adriatischen Karst ist die Grenze zwischen der Eichen- und Buchenzone scharf markirt. Die Formation der Buche besteht in ihrem ursprünglichen Zustande aus reinen Buchenbeständen, fremde Bestandtheile spielen hier eine untergeordnete Rolle. Von der Region der Eichen reicht nur *Q. pedunculata* und *Carpinus Betulus* in geringerer Menge in diese Höhen, dagegen tritt *Fraxinus excelsior* zuweilen in kleinen Gruppen auf, und nach der Art des Vorkommens scheint dieser Baum (wie im nordwestlichen Karst von Görz und Krain) ein Eigenthum der Buchenregion zu bilden und nur unter günstigeren Umständen sich in tieferen Lagen anzusiedeln. Da der Boden trotz des Regenmangels im Sommer feucht ist, vermöge des dicht geschlossenen Wachstums der Buche, deren Laub den Boden dicht bedeckt, durch den Moder Feuchtigkeit aus der Luft einsaugt und festhält, so wird er von zahlreichen Sträuchern und Stauden bewohnt, welche die Buche neben sich duldet; doch finden sich die meisten Lignosen mehr in Vorhölzern, nur die niedrigeren auch im tiefen Waldesschatten. Von dieser accessorischen Flora sind besonders zu erwähnen: *Sorbus Aucuparia*, *Salix caprea*, *Sorbus Aria*,¹⁾ *Evonymus verrucosus*, *Rubus Idaeus*, *Crataegus Pyracantha*, *Rosa pimpinellifolia*, *Sanicula europaea*, *Circaea*

¹⁾ Diese findet sich auch in der unteren Region.

lutetiana, *Hieracium vulgatum*, *Myosotis silvatica*, *Cynoglossum montanum*, *Scrophularia Scopolii*, *Veronica officinalis*, *Stachys silvatica*, *Euphorbia amygdaloides*, *Mercurialis perennis*, *Cephalanthera rubra*, *Listera ovata*, *Epipactis latifolia*, *Aspidium Filix mas*, *Cystopteris fragilis*.

Mit der Buche schliesst auch die Baumvegetation oben ab, über die Buchenregion ragen überall die baumlosen, nackten und düsteren Höhen des Gebirges hervor, welche hier Jaila genannt werden. Die Buchenregion erstreckt sich also von ungefähr 2500—3500'!

Allein wiewohl die Jaila mit ihren 3000—4000' hohen Rücken weit über die Baumregion emporragt und ihre drei höchsten Gipfel 5000' erreichen, ist die Zahl der eigentlichen Gebirgspflanzen, die sie trägt, auffallend gering: man findet in der dürftigen Flora derselben kaum drei oder vier Arten, die mit Recht präalpin genannt werden könnten, etwa *Pedicularis comosa*, *Ranunculus Villarsii*, *Centaurea montana*, *Aspidium Lonchitis*. Gebirgspflanzen mittlerer Regionen sind *Gentiana cruciata*, *Carduus nutans*, *Geranium pyrenaicum*, *Gnaphalium dioicum*, *Helianthemum oelandicum*, *Burkhausia alpina*, *Pulsatilla Halleri*. Viel grösser ist die Zahl jener Arten, welche den unteren und mittleren Zonen zugleich angehören oder auch vorzugsweise nur in den Niederungen in den übrigen Florengebieten angetroffen werden; es sind: *Cerinth minor*, *Achillea nobilis*, *Inula Oculus Christi*, *Campanula sibirica*, *Asperula cynanchica*, *Anthyllis Vulneraria*, *Geranium sanguineum*, *Linum nodiflorum*, *Alyssum montanum*, *Clematis integrifolia*, *Ranunculus illyricus*, *Erysimum cuspidatum*, *Myosotis silvatica*, *Alsine setacea*, *Astragalus Onobrychis*, *Potentilla recta*, *Epilobium montanum*, *Seseli varium*, *Peucedanum ruthenicum*, *Galium pedemontanum*, *Hieracium praealtum*, *echioides*, *vulgatum*, *Vincetoxicum nigrum*, *Cineraria campestris*, *Centaurea Jacea*, *Convolvulus lineatus*, *Euphrasia officinalis*, *Parietaria diffusa*, *Rhinanthus Crista galli*, *Pulsatilla Halleri*, *Thymus Serpyllum*, *Prunella vulgaris*, *P. laciniata*, *Calamintha Acinos*, *Stachys germanica*, *St. italica*, *Phlomis tuberosa*, *Teucrium montanum*, *T. Polium*, *T. Chamadrys*, *Trifolium scabrum*, *Poa pratensis*, *Festuca ovina*, *Melica ciliata*, *Koeleria phloeoides*, *Phleum pratense*, *Stipa pennata*, *Luzula campestris*, *Ceterach offic.*, *Cystopteris fragilis*. Von diesen 66 Arten kommen nur 19 (also kaum 29%) auf den Hochflächen des adriatischen Karstes theils in, theils über der Buchenregion vor.

Und doch könnte die Jaila vermöge ihrer klimatischen Verhältnisse, die völlig mit denen des adriatischen Karstes übereinstimmen, in Höhen über 3500' eine echt präalpine und bei 4800—5000' eine alpine Vegetation tragen, wie der Krainer Schneeberg, da der Schnee dort stellenweise bis in den August liegen bleibt. Dass eine solche Flora der Jaila fehlt, kann demnach offenbar nur in dem Mangel einer passenden Communication zwischen den Alpen und der taurischen Halbinsel seinen Grund haben, weil ein Austausch der beiderseitigen Floren unmöglich ist.

Finden wir aber im Gebirge der südlichen Krim die orientalische Hainbuche ebenso hoch emporsteigen wie die mitteleuropäische, die Sommereiche

ebenso hoch wie die Rothbuche, ferner *Teucrium Polium*, *Stachys italica*, *Trifolium scabrum*, *Linum nodiflorum*, *Geranium sanguineum*, *Koeleria phloeoides*, *Phlomis tuberosa*, *Vincetoxicum nigrum*, *Parietaria diffusa*, *Ceterach offic.* u. dgl. in einer klimatischen Region, welche sonst der Fichte entspricht, während dieselben Arten am adriatischen Meere nur in den zwei untersten und wärmsten Zonen angetroffen werden, so dürfen wir daraus schliessen, dass solche Arten hier viel später erschienen sind als in der Krim und auf ihrer überaus langsamen Wanderung nach Westen im Gebiete des illyrischen und liburnischen Karstes noch immer nicht Zeit genug hatten, sich in höheren Lagen anzusiedeln und einzubürgern.

XI.

Kaum 1—1½ Grad nördlicher als die Südspitze der taurischen Halbinsel gelegen, zeigen die südtirolischen und venetianischen Dolomite am nördlichen Saume des Mittelmeerbeckens eine ganz ähnliche Depression der Vegetationszonen wie der Karst, der Flysch und das Urgebirgssystem desselben, was zu gewissen Gebirgslandschaften in der Nähe, namentlich in Judicarien, bei Meran und Brixen, wo der Weinbau bis auf eine sehr beträchtliche Höhe betrieben wird, während in den Thälern mannigfache Elemente der Mittelmeervegetation vorgefunden werden, einen grellen Contrast bildet. In den Dolomit-alpen von Süd-Tirol kann die Rebe nur bis ungefähr 500 m. trinkbaren Wein geben: die Alpenflora rückt daselbst auffallend tief herab. So hat z. B. das Seiseralmplateau im Bereiche der mächtigen Dolomite im Fassathale schon bei 1450 m. einen echt alpinen Charakter durch das Vorkommen von *Achillea atrata*, *Clavenae* und *moschata* var., *Astragalus alpinus*, *Trifolium alpinum*, *Bartsia alpina*, *Linaria alpina*, *Cerastium alpinum*, *latifolium* und *ovatum*, *Carex aterrima* und *atrata*, *Gaya simplex*, *Meum Mutellina*, *Pedicularis rosea*, *Jacquinii* und *tuberosa*, *Phyteuma Sieberi*, *Saxifraga bryoides*, *squarrosa*, *aspera*, *atropurpurea*, *Veronica bellidifolia*, *Androsace obtusifolia lactea*, *Sempervivum montanum*, *Sedum atratum* etc. (Oe. B. Z. 1878, p. 336).

Nach den oben erörterten Grundsätzen der Wärmeleitung muss auch dem dolomitischen Untergrunde, wenn derselbe tief hinabreicht, ein Wärmedeficit zukommen, vermöge der hochgradigen Discontinuität der dolomitischen Gesteinsmasse und vermöge ihres enormen Wassergehaltes, der auch ein mitwirkender Factor bei der leichten Verwitterung dieser Gebirgsart ist.¹⁾

Aber auch die Urgebirgssteine: Granit, Gneiss, Syenit, Diorit etc., welche grösstentheils zugleich mit dem Serpentin den Bodengrund in Serbien, Macedonien, Thracien und an anderen Orten auf der Balkanhalbinsel zusammensetzen, sind verhältnissmässig sehr wasserhältig, besonders letzterer. Bekanntlich besitzt der Feldspath eine beträchtliche Neigung zur Verwitterung. Diese wird durch Einsaugung von Luft und Wasser eingeleitet und schreitet unter dem Einflusse

¹⁾ Man vergleiche „Die Berghaide der südöstlichen Kalkalpen“. Engler's botan. Jahrbuch 1883.

des Temperaturwechsels, der zunächst Sprünge und Haarspalten im Gesteine bewirkt, so dass die zersetzenden Atmosphärien leichter eindringen können, zwar überaus langsam, aber stetig fort, indem unter Aufnahme von Sauerstoff und Wasser Oxydhydrate entstehen, welche den Cohäsionsverband der Gesteinsmasse lockern. Dabei verbindet sich die Kohlensäure mit dem Kalk und den Alkalien, die so verdrängte Kieselsäure bleibt zugleich mit dem Thonerdesilicat zurück, während die Alkalien als lösliche Carbonate durch Auslaugung fortgeführt werden.

In der Tiefe, wo ein grösserer Druck herrscht und auch eine höhere Temperatur auf die Gesteine einwirkt, veranlasst das eingedrungene Wasser vermöge seiner chemischen Wahlverwandtschaft zu den Bestandtheilen der Silicate, zugleich mit anderen Factoren, auch eine Veränderung der Gesteine; allein diese kann nicht eine so gründliche Zersetzung sein, da die Atmosphärien nicht dazu kommen; sie zeigt sich aber in einer molekularen Umlagerung und chemischen Umsetzung, wobei wieder das Wasser eine wesentliche Rolle spielt. Wenigstens ist die Entstehung des Serpentin, ob sein Muttergestein Augit, Eustatit, Diallag, Hornblendestrahlestein, Magnesiaglimmer oder der Olivinfels ist, nicht anders denkbar, als unter der Voraussetzung, dass diese Silicatgesteine reichlich mit Wasser imprägnirt sind, da der Serpentin fast 13% Wasser enthält; der sie in den genannten Ländern so häufig begleitende und an so zahlreichen Stellen mächtig emporgehobene Serpentin lässt also auf einen enormen Wassergehalt dieser Silicate in grösserer Tiefe schliessen, dessen nächste Folge (wegen verminderter Wärmeleitungsfähigkeit) ein mit der Annäherung gegen die Oberfläche zunehmendes Wärmedeficit sein muss.

Noch reicher an Wasser als der Serpentin mit seinen silicatischen Muttergesteinen ist der Flysch, der als ein theilweise zu einer secundären Ablagerung gelangtes Zersetzungsproduct kalkreicher Silicate angesehen werden kann, die durch unermesslich lange Zeiträume hindurch den Grund eines sehr tiefen Meeres gebildet haben. Doch kann ich mir eine derartige Umsetzung krystallinischer Urgebirgsarten theils in geschichteten Tassello, theils in ungeschichteten sandigen Thon nicht anders als unter Mitwirkung reichlich aus der Erde strömender Kohlensäure vorstellen und nehme daher an, dass unter dem Drucke von 100—500 Atmosphären, entsprechend einer 1000—5000 m. tiefen Wasserlage, das Wasser bis auf eine sehr enorme Tiefe in das Bodengestein hineingepresst wurde, so dass es die Cohäsion der starren Massen aufhob, d. h. die Massentheilchen in einen allseitig verschiebbaren Zustand versetzte, wodurch eine secundäre Lagerung oder Schichtung möglich wurde. Wo aber Kohlensäure in reichlicher Menge dazukam, wurde lösliches Kalkcarbonat — doppelt kohlensaurer Kalk — gebildet, unter Ausscheidung von Kieselerde, welche zu Quarz erstarrte. An den Eruptionsstellen konnte natürlich das Kalkcarbonat nicht abgelagert werden, weil dort Kohlensäure im Ueberschuss vorhanden war, allein mit zunehmender Entfernung von denselben musste sich die überschüssige Carbonsäure mehr und mehr verflüchtigen, der Kalk daher als einfaches Carbonat ausscheiden und schichtenweise ablageren — Bildung des Karstkalkes —

während die entkalkten Zersetzungsproducte der Silicate an den Emanationsstellen liegen blieben — Bildung der sandigen Lehmlager mit Quarzeinschlüssen.

Geschah dieser Vorgang in einer grossen Ausdehnung am Grunde der Tiefsee, so kamen auch diese Zersetzungsproducte zu einer sedimentären Ablagerung, und zwar so oft, als sich die Emanation reichlicher Kohlensäure (und wohl auch anderer Gase) wiederholte — Bildung des Tassello.

So erkläre ich mir am besten den Mangel an Organismen im Tassello, worin bisher höchstens Spuren von Algen entdeckt wurden. Auch der eigentliche Karstkalk ist sehr arm an Organismen; das meiste Contingent zu den Fossilien desselben stellen die Hippuriten; doch sind auch diese, so wie andere Rudisten, nur da und dort in grösserer Menge anzutreffen, was mit Hinblick auf die Umstände, unter denen der Karstkalk gebildet wurde, leicht begreiflich erscheint. Die Wechsellagerung von Kalkstein und Kieselerde (Hornstein), die man am Karst so häufig beobachtet, würde darin gleichfalls ihre Erklärung finden. Solche Vorgänge mussten im Bereiche des Mittelmeerbeckens schon mindestens in der Juraperiode begonnen haben und dauerten jedenfalls, wenn auch mit vielen Unterbrechungen, bis in die Zeit der Ablagerung des Nummuliten- und Alveolinenkalkes.

War der Eruptionsherd der Kohlensäure langgestreckt (eine oder mehrere Meilen lang, $\frac{1}{2}$ bis mehrere Kilometer breit), so setzte sich der Kalk ringsherum derart ab, dass die Eruptionsstelle eine Art Spalte in dem Kalkfeldpanzer bildete; ein runder Eruptionsherd musste dagegen eine kesselartige Vertiefung in dem letzteren hinterlassen. Doch ist es immerhin denkbar, dass auch nachträglich, nachdem der Karstkalk schon gebildet war, durch erneuerte Ausbrüche von Kohlensäure die Kalksteindecke in Folge der erodirenden Wirkung derselben durchbissen wurde, oder dass, wenn die Kalksteindecke von unten stark durch die concentrirte Carbonsäurelösung ausgegagt war, dieselbe einstürzte und so die bekannten kesselartigen Vertiefungen auf dem Karste entstanden.

Für sehr wahrscheinlich halte ich es unter allen Umständen, dass Ausbrüche von Kohlensäure in der einen oder der anderen Weise daran betheiligt waren, weil die Thonmassen, welche solche Kesselthäler und Spalten am Grunde ausfüllen, ganz entkalkte kaolinische Schlacken und Tuffe von Felsitporphyren und sonstigen felsitischen Gesteinen, nie aber einen Brocken von Kalkstein enthalten, es sei denn, dass ein solcher nachträglich von der Felswand des Thales hineingerathen ist. Allein es ist nicht meine Absicht, in die weiteren geologischen Details dieser so interessanten Frage hier einzugehen. Hier wollte ich vorderhand nur auf jene Erscheinungen und Eigenthümlichkeiten im Baue, in der chemischen und mechanischen Zusammensetzung der Bodenschichten des Mittelmeerbeckens hinweisen, welche mit der Eigenwärme des Bodens daselbst in einem nachweisbaren Zusammenhange stehen.

Ein tiefes Meer lag, wie es ja auch geologische Forschungen darthun, durch unermesslich lange Zeiträume hindurch und, wie es scheint, zu wieder-

holten Malen über den nunmehrigen Mittelmeerländern Italiens und der Balkanhalbinsel, abwechselnd bald die eine, bald die andere Region bedeckend; und noch jetzt ist der grösste Theil des grossen Mittelmeerbeckens unter dem Meere. Durch den gewaltigen Druck, der nach dem hydrostatischen Gesetze wirkt, werden die Gesteine bis zu sehr bedeutender Tiefe mit Wasser imprägnirt, das durch langsame Diffusion in Folge des Seitendruckes auch die Gesteine der Küstenstriche in gleicher Tiefe durchdringt, da sie als Thonsilicate eine grosse Wasseraufsaugungsfähigkeit haben. Hiedurch wird aber ihre Leitungsfähigkeit für Wärme beträchtlich herabgedrückt und der Antheil der Bodentemperatur, der in der Erdwärme seinen Ursprung hat, namhaft vermindert, und zwar um so mehr, je näher der betreffende Ort am Meere liegt. Wie bedeutend der Abgang der Bodenwärme sein muss, ist schon daraus ersichtlich, dass er trotz der mildernden Wirkung des See- und Küstenklimas noch immer sehr bemerkbar ist, da die gleichnamigen Vegetationszonen im Vergleich zu den mittelasiatischen Gebirgsländern zwischen 38 und 46 Grad nördlicher Breite, wie wir im Folgenden sehen werden, auffallend depri-mirt erscheinen.

XII.

Um auch die Vegetationsverhältnisse ausgedehnter Flachländer, deren Erhebung übers Meer um 1000—1300 m. differirt, berücksichtigen zu können, wollen wir unseren Blick auf Centralasien richten, wo in den Chanaten Chiwa und Buchara westlich von der Kirgisensteppe der Boden zunächst mit geringer Anschwellung allmähig in das Hochland zwischen dem Kuënlün und Thianschan übergeht. Die Temperaturextreme liegen in der Kirgisensteppe und in Chiwa, wo eine Kälte von — 44 Grad C. beobachtet worden ist, sehr weit auseinander.¹⁾ Nach Kämtz's Berechnung beträgt die Januartemperatur in Chiwa (41 Grad 20' nördlicher Breite) — 4·6 Grad, die des Juli 30·4 Grad.

Der Winter in den beiden Chanaten, die grösstentheils in der aralocaspischen Niederung liegen, wird als streng bezeichnet. So werden die Feigenbäume in Buchara (39 Grad 45' nördlicher Breite) im Winter niedergebogen und durch Bedeckung gegen die Kälte geschützt. In der Culturebene von Chiwa, am Amu darja (Oxus) ist der Ackerbau dem von Buchara ganz ähnlich, aber reichhaltiger sind die Nachrichten über das Klima und den Entwicklungsgang der Culturpflanzen, welche wir der Reise Basiner's nach diesem westlicher gelegenen Chanate verdanken. Der Eisgang im Amu darja beginnt in der ersten Hälfte des Februar, die Nachtfroste dauern bisweilen bis in den April. Ende März erst wagt man die Reben, die Feigen- und Granatbäume, die im Winter umwickelt werden, zu entblößen. Um diese Zeit belauben sich die Bäume. Aber schon im September stellen sich zuweilen Nachtfroste ein, durch welche die Ernte der Hirse, des Reises und der späteren Trauben vereitelt werden kann. Die Entlaubung der Bäume dauert von der zweiten Hälfte des Oktober

¹⁾ Middendorff's Reise IV, 1, p. 355.

bis zu Anfang December. Letzterer Monat ist der kälteste, in diesem gefrieren der Oxus und der Aralsee, eine Eisschicht von 16" ist keine Seltenheit, obgleich die Kälte hier, durch die Nebelbildungen gemildert, mässiger zu sein scheint als in den nördlicher gelegenen Steppen. Dass dennoch die meisten Früchte des südlichen Europa in Chiwa gedeihen, ist eine Folge der zweckmässigen Bewässerung und der hohen Sommerwärme, welche die Vegetationsdauer der südländischen Culturpflanzen merklich verkürzt.

Im turkestanischen Hochland zwischen dem Thianschan und dem Kuënlün (37—43 Grad nördlicher Breite) finden wir aber mit gleichfalls hoher Sommerwärme einen so milden Winter gepaart, wie man im Herzen von Asien und auf einem so hohen Niveau (1000—1400 m.) durchaus nicht erwarten sollte. Diese Erscheinung, durch die Culturproducte des Landes angedeutet, hat schon A. v. Humboldt lebhaft beschäftigt (Asie centr., T. II, p. 48—52 und 429). Man begreift, schreibt er, dass Culturpflanzen, welche gleichsam nur im Sommer leben, wie der Wein, die Baumwollenstaude, der Reis und die Melone, zwischen 40 Grad und 44 Grad nördlicher Breite auf Hochebenen von einer Erhebung von mehr als 500 Toisen oder 3000' noch mit Erfolg gebaut und durch die Wirkung der strahlenden Wärme begünstigt werden können; aber wie mögen die Granatbäume von Aksu,¹⁾ die Orangen von Hami,²⁾ welche schon der P. Grosier als eine ausgezeichnete Frucht anrühmt, während eines langen und strengen Winters, der eine nothwendige Folge hoher Bodenschwellung ist, ausdauern; wie überhaupt diese so empfindlichen Pflanzen dort im Herzen Asiens so ohne allen mildernden Einfluss des Meeres überwintern, wenn man denselben keinen besonderen Schutz angedeihen lässt? fragt er, wiewohl vertraut mit der Natur des mittelasiatischen Klimas, in der Meinung, dass einer beträchtlichen Bodenerhebung unter allen Umständen eine Depression der Temperatur gegenüber dem benachbarten Tiefland entsprechen müsse.³⁾ Da in Hami unweit der mongolischen Grenze Weinbau betrieben wird, so glaubte er annehmen zu dürfen, dass der Boden daselbst und anderwärts auf diesem so umfangreichen Flachland, wo Südfrüchte gedeihen, das Niveau von 820 m. nicht erreiche. Das mag für die wüste Pidschanebene südwestlich von Hami allerdings der Fall sein, allein Johnson's neuere und ausführliche Messungen in Khotan,⁴⁾ welche neun Orte in der weiten Ebene zwischen Jarkand und Kiria umfassen, ergaben für die Lage der Hauptstadt Khotan oder Iltshi ein Niveau von 4250', die äussersten Werthe waren 3870' und 4460'. Die Producte von Khotan (37 Grad nördlicher Breite, 1369 m. über dem Meere) und Kaschgar (39½ Grad, 1300 m. über dem Meere) sind dennoch fast die nämlichen wie im Tiefland von Buchara unter gleicher geographischer Breite: mit dem Weizen wird Mais und Reis,

¹⁾ 41 Grad nördlicher Breite, 98 Grad östlich von Ferro, 3500' über dem Meere, zwischen dem Thianschan und dem Tarimfluss.

²⁾ Auch Chami oder Chamil, 42 Grad 40' nördlicher Breite, 111 Grad östlich von Ferro, 2810' über dem Meere.

³⁾ Ansichten der Natur 1859, p. 76—77.

⁴⁾ Journ. geogr. soc. 1867, p. 31.

auch Baumwolle gebaut, neben dem Wein und dem Morus finden wir unter den Früchten den Pfirsich und die Aprikose, selbst Oliven und Granatäpfel angegeben, wiewohl der Boden dort mehr als 1000 M. höher steht. Der Winter ist in Kaschgar bisweilen so mild, dass weder die Flüsse gefrieren, noch der spärlich fallende Schnee über drei oder vier Tage liegen bleibt. Die Belaubung der Bäume beginnt Anfangs März, dann blühen Tulpen und Anemonen; erst gegen Ende October beginnen die Bäume sich zu entlauben.¹⁾

¹⁾ Diese letztere Bemerkung über die Beschaffenheit des Winters von Kaschgar, die wir in Grisebach's „Veget. d. Erde“ I, p. 436 lesen, scheint, wenigstens nach dem Citat, auf die Beobachtungen Wallichanow's gegründet zu sein, der in der Mitte des September 1858 über den Thianeschan nach Kaschgar gekommen war und bis Anfangs März 1859 dort verweilte. Räthselhaft kommt mir aber vor, dass der Berichterstatter über die neueren Erforschungen des ost-turkestanischen Klimas in seinen Mittheilungen „Zur Meteorologie von Hochasien“ (Zeitschr. der österr. Gesellsch. f. Meteorologie 1874, Nr. 9), obwohl er sich gleichfalls auf Wallichanow's Bericht über Ost-Turkestan (in Ermann's Archiv 1862) beruft, nichts von einem so milden Winterklima in Kaschgar merken lässt. Ueberhaupt stehen die neueren Meldungen über den Winter in Kaschgar mit den obigen Angaben bis auf den geringen Schneefall im Widerspruch. Nach Hayward (Journ. of R. Geogr. Soc., Vol. XL, 1870) frieren die Flüsse im Winter bis unterhalb Jarkand (1257 m.) zu; selbst in ihrem Oberlaufe, wo das Gefälle über 10 m. pro engl. Meile (1609 m.) beträgt, häufen sich dicke Eismassen an beiden Uferbänken, die sich an manchen Stellen einander nähern, so dass sie natürliche Brücken bilden. Im Jahre 1869 bestimmte Hayward die mittlere Jännertemperatur für Jarkand auf -5.2 Grad C., als Minimum fand er -15 Grad, als Maximum $+4.4$ Grad. Den März und April brachte er fast ganz in Kaschgar zu. Für den ersteren ergab sich als Mittel $+7.1$ Grad mit einem Maximum von 22.2 Grad, für den letzteren 15.2 Grad mit einem Maximum von 23.1 Grad.

Die Ebene, auf welcher diese Städte erbaut sind, trägt, so weit sie nicht bewässert wird, den Charakter einer Wüste. Alle Ansiedlungen drängen sich an den Flüssen zusammen, die von den Gebirgen in breiten, sandigen Beeten herabströmen und sich später in der Wüste selbst oder in Binnenseen verlieren. Im Winter fast wasserlos und überfroren, schwellen diese Flüsse im Sommer durch die Schneeschmelze in den Gebirgen sehr stark an. Der trockene Boden dieser Wüsten erfüllt unter dem Einfluss der Winde die Luft fortwährend mit Staub, der, von der Natur des Löss, Ablagerungen von 10 bis 80' Mächtigkeit bildet. Auf der Ebene von Jarkand, wo die Trockenheit der Luft (wie auch bei Kaschgar) in den Frühlings- und Sommermonaten einen hohen Grad annimmt, bildet bei N.- und N.-W.-Winden der emporgehobene Staub einen so dichten Nebel, wie wir bei uns im November zu sehen gewohnt sind; dabei sind oft Gebirge, die kaum eine Meile weit entfernt sind, unsichtbar.

Die Temperaturextreme waren 1874 und 1875 in Jarkand: Minimum -15 Grad bis -20 Grad, im Mittel -18 Grad, Maximum 39.4 Grad. Der Jänner hatte 1875 -6 Grad, Februar -0.2 Grad, März 6.9 Grad, April 17.8 Grad, Mai 21 Grad, Juni 24.3 , Juli 27.6 , August . . . , September . . . , October . . . , November $+3.8$ Grad, December -4.3 Grad, das Jahr bei entsprechender Interpolation der Monate August, September und October 12.3 Grad. Obwohl die jährliche Amplitude der Temperatur somit ziemlich gross ist, sind doch starke und plötzliche Wärmewechsel selten, die Veränderlichkeit der Temperatur ist eine geringe. Der Winter ist eine stille kalte Zeit, mit mehr oder weniger bedecktem Himmel und einer selten durch Winde aufgeregten Atmosphäre. Der Frühling erhebt sich rasch aus dem Winter und geht gegen Ende plötzlich in den Sommer über. Die Vegetation zeigt keine Lebenszeichen bis zur Mitte des März, wo die Weide ihre Blätter zu entfalten beginnt. (Zeitschr. der österr. Gesellsch. f. Meteorol. 1877, Nr. 17 und 18.)

Man sieht aus obigen Zahlen, dass die Temperatur von Jarkand (von der von Kaschgar, das nur 1 Grad nördlicher liegt, nur wenig verschieden) relativ sehr hoch ist. Reducirt man dieselbe auch nur mit dem mässigsten Massstabe von 0.4 Grad für 100 Meter auf das Meeresniveau, so erhält man: Winter 1.5 Grad, Sommer 30.2 Grad, Jahr 17.3 Grad. Die wirkliche Sommer-temperatur Jarkands in 4000' Seehöhe ist gleich der von Messina, Malaga, Gibraltar, und doch

Ist ein solcher Fall, dass die Flüsse in Kaschgarien im Winter nicht gefrieren, nach den neuesten Erhebungen (The Meteorology and Climate of Yarkand and Kaschgar. Indian Meteor. Memoirs, Vol. I, Part I, Calcutta 1876) allerdings als eine Ausnahme von der Regel zu betrachten, so lässt sich gleichwohl nicht läugnen, dass der Winter dort für die beträchtliche Höhe von 1250 bis 1300 m. mild genannt werden kann, namentlich im Vergleich mit dem von Buchara und Samarkand, wo Minima von -30 Grad bis -34 Grad C. beobachtet werden. Allein trotzdem ist der kaschgarische Winter viel zu streng, um das Erwachen der Baumvegetation Mitte März als ein selbstverständliches Factum erscheinen zu lassen; denn seine Mitteltemperatur beträgt -3.5 Grad, also nicht mehr als etwa in Krakau oder Stockholm. Wie ist es demnach möglich, dass die Belaubung der Weide (*S. babylonica*?) schon Mitte März stattfindet, fast drei Wochen früher als in Görz oder in Triest? Der Februar hat ja doch im Mittel nur -0.2 Grad.

Ich denke, dass wir hier zwei Thätigkeiten des Pflanzenlebens wohl von einander unterscheiden sollen, nämlich die in den oberirdischen und die in den unterirdischen Theilen der Pflanze: die erstere ist während des Winters auf der Hochebene von Ost-Turkestan gewiss unmöglich, die letztere muss aber möglich sein, weil sonst der Saftfluss nicht schon Mitte März oder noch früher beginnen könnte. Es geht also, während die Erdoberfläche noch vom Froste starrt, im Wurzelsystem der Bäume und Sträucher ungestört die Umwandlung der Nahrungssäfte und Bildungstoffe vor sich, was nur bei erhöhter Bodenwärme denkbar ist. Diese erhöhte Bodenwärme ist auch die Ursache, dass die Minima des kaschgarischen Winters minder streng ausfallen, als sie sonst ausfallen müssten, und dass das Frühjahr dort wärmer ist als in dem 800 m. tiefer gelegenen Chodschent und Taschkent, denn die um diese Zeit sich über die Ebene ausbreitenden Staubnebel bilden einen wirksamen Schutz gegen eine zu ausgiebige Wärmestrahlung des Bodens.

Stellen wir nun diesen Continentalländern mit ihrem obschon auf so hohem Niveau relativ milden Winter die Karstländer längs der Adria und am jonischen Meere zwischen 42 Grad und 39 Grad nördlicher Breite gegenüber, so müssen wir uns nicht wenig wundern, auf den Plateaux von Albanien und Epirus in Höhen von 3500 bis 4500' Temperaturverhältnisse anzutreffen, welche kaum der Buche und Weisstanne genügen. Selbst am Aetna mit seinem eminent insularen südländischen Klima unter 37 Grad 40' nördlicher Breite herrscht bei 3500' schon die Rothbuche vor; der Feigenbaum geht als Culturpflanze nur bis 3300', so hoch also, als der Weinbau betrieben wird, während die Olivencultur weit unter 3000' zurückbleibt und nur an der Ostseite

ist dort wegen der fast beständig durch den Staub dicht verhüllten Atmosphäre die Insolation im Sommer sehr getrübt. Es scheint demnach, dass der aus schwebendem Staub bestehende Nebelschleier, weit entfernt, die Sommerwärme zu vermindern, dieselbe vielmehr erhöht, was aber nur denkbar ist, wenn er den Verlust der aus der Erde kommenden Wärme vermindert. Wahrscheinlich würde auch die Wintertemperatur, wenn der Staubnebel in den kälteren Monaten über der Ebene von Yarkand und Kaschgar ausgebreitet wäre, merklich höher ausfallen.

ausnahmsweise bis 3000' hinaufreicht. Und doch bildet der Aetna ein sehr respectables Gebirgsmassiv von 25 Quadratmeilen, so gross als das ganze südkrainische Karstmassiv mitsammt dem Schneeberge, so dass man unmöglich sagen kann, eine zu steile Erhebung müsse hier wie bei isolirten, sehr zugespitzten Kegeln auf die Isothermen deprimirend wirken; denn die Höhe des Aetna beträgt 10.200', und es kommt auf die unteren Regionen bis 5000' nicht einmal eine Steigung von 1:10. Mehrere Baum- und Straucharten der mittleren Bergregion treten am Aetna unterhalb 3000' theils waldbildend, theils als Unterholz gemischter Waldbestände auf, so insbesondere die mittel- und nordeuropäische Hasel, *Corylus Avellana* (1000—2441'), *Sambucus nigra*, *Lonicera Xylosteum*, *Populus tremula* und *Ulmus campestris* var. *suberosa*, die nirgends nach oben das Niveau von 2500' zu überschreiten scheint. Allerdings finden wir den Lorbeer bis 2600' wild, *Lonicera etrusca* bis über 3000', *Osyris alba* bis 4000' und *Quercus Ilex* gar (ostseitig) bis 6000', also fast bis zur alpinen Region hinauf; allein nicht die Höhe der Temperatur im Sommer, auch nicht die Höhe des Jahresmittels bedingt das Fortkommen dieser echten Vertreter der Mediterranflora in so beträchtlichen Höhen, sondern die Milde des Winters, d. i. die maritime Natur des Klimas, während für die Cultur der Feigen, Oliven und Trauben vorzugsweise die Höhe der Sommertemperatur massgebend ist.

Was uns daher, wenn wir nicht auch die geothermischen Verhältnisse ins Auge fassen, an dem Klima des turkestanischen Hochlandes unbegreiflich erscheint, ist der Umstand, dass es mit einer überreichlichen Sommerwärme fast die Milde des südeuropäischen, nur mässig kalten Winters verbindet, so dass Granat-, Feigen-, Orangen- und Olivenbäume grossentheils ungeschützt das ganze Jahr im Freien bleiben können wie an der Küste Mittel-Italiens (allerdings ist die relative Milde dieses Winters nicht die alleinige Ursache, dass die genannten Culturpflanzen dort im Freien überwintern können).

Am Athos (aus Urgebirgsgestein), der unter 40 Grad nördlicher Breite auf einer Landspitze weit ins ägäische Meer hineinragt und ein ausgezeichnet maritimes Klima besitzt (jedoch nur 6440' Höhe), reicht die Region der immergrünen Bäume und Sträucher nur bis 1200'; schon bei 1700' beginnt die Weisstanne und herrscht bis 5250'. Am bithynischen Olymp (unter gleicher geographischer Breite) findet man immergrüne Baum- und Strauchvegetation nur bis 900', die echte Kastanie bis 2500', die Rothbuche bis 4600'; die Grenzen der Vegetationszonen stehen also kaum 500' höher als am görzischen Karst sechs Breitengrade nördlicher. Die alpine Region beginnt am bithynischen Olymp bei 4600', am Athos bei 5250', und so auch in den südmacdonischen Gebirgen, am Scardus (42 Grad nördlicher Breite) bei 4670' mit dem dürftigen Gebüsch des Zwergwachholders, *Juniperus nana*.

Welch' überraschender Unterschied, wenn wir wieder auf Central-Asien blicken: man möchte es kaum glauben, wenn es nicht von erprobten und glaubwürdigen Gewährsmännern verbürgt sein würde. Fedtschenko¹⁾ fand auf

¹⁾ Petermann's Mittheilungen 1874.

seinen Reisen in Turkestan Rebencultur im Sarafschanthale, östlich von Samarkand, bis 5800' hinauf, die äusserste Ortschaft, wo Trauben noch reif werden, heisst Samtitsch und liegt 18 geographische Meilen östlich von Samarkand (39 Grad 40' nördlicher Breite). Zwischen 6000' und 7000' wird noch Gartencultur angetroffen, es reifen daselbst noch Pflirsiche und Apricosen, während Felder mit Gerste, Hirse und besonders Lupinen noch höher hinaufgehen. Diese Felder werden zum Theile durch sehr künstlich in den Fels gehauene Kanäle bewässert. Noch weiter hinauf trifft man bis 9500' unbewässerte Weizenfelder. In 10.000' zeigen sich mit Schnee bedeckte Flächen. Laubwald und Tannenbestände gibt es in der Gebirgskette südlich vom Sarafschan nicht. Der einzige Baum ist die Ulme, von den Eingebornen „Artscha“ genannt, von *Ulmus campestris* var. *suberosa* oder *effusa* wenig oder gar nicht verschieden; sie erreicht hier nicht selten mehr als 11' Umfang und wird 30' bis 40' hoch. Mit ihrem Holze wird in Saamin (17 geographische Meilen ostnordöstlich von Samarkand, 4000' über dem Meere) bedeutender Handel getrieben. Die Ulme geht weit in die Schneeregion hinein, wo sie zum kriechenden Strauch wird, doch sah v. Middendorff¹⁾ noch bei 13.000' recht hohe Stämme. Auch hier ist der Wald schon theilweise ausgerottet. In Urgut, einem südöstlich von Samarkand im Gebirge gelegenen Dorfe, fand der Reisende riesige Platanen; in dem hohlen Stamme der einen hatte der Mollah sich ein rundes, sechs Schritt im Durchmesser haltendes Wohnzimmer eingerichtet. Auf dem 11.000' hohen Kuli-Kalamplateau wachsen Ulmen und einige Sträucher.

Westlich vom Syr darja oder Jaxartes liegt der Boden (41½ Grad bis 42½ Grad nördlicher Breite) ziemlich tief, denn Tschardary hat (16 geographische Meilen westlich von Taschkent) nur 213 m.; gegen Taschkent zu und den Karatau schwillt er allmähig an, die genannte Hauptstadt hat bereits 436 m., und es zeigt sich von da an gegen das Gebirge immer deutlicher der mit zunehmender Bodenerhebung steigende Einfluss der Erdwärme.²⁾ Die Rebe muss im Westen im Winter, wo ein Minimum von 21 Grad C. (Maximum 42.5 Grad) beobachtet wird, gedeckt werden, im Osten aber, 10 Meilen von Taschkent, ist sie in geschützten Lagen wild; daselbst gedeiht *Pistacia vera* in Höhen von 2000 bis 3000', die Mandel bis 4000', der Wein bis 3500', der wilde Apfelbaum, *Juglans regia*, und die Apricose werden sogar bis 6000' hinauf angetroffen. *Juniperus Pseudosabina* und eine *Picea* bewohnen die höheren Bergregionen und werden erst bei 10.000' strauchartig, während sich von 12.000 bis 13.000' schöne Alpinen finden. In dieser erstaunlichen Höhe erst beginnt der Gürtel des ewigen Schnees. Auf den Bergen ist der Temperaturunterschied einestheils

¹⁾ M. v. Middendorff, Kurzgefasster Auszug aus Reisebriefen, geschrieben während einer Rundreise aus Orenburg über Taschkent und Tschinas durch das Ferghanathal (das frühere Khokand). Bull. soc. imp. des naturalistes de Moscou LIII, 1878, p. 217—235.

²⁾ Mitte Jänner zeigen sich schon bei Samarkand die ersten blühenden Frühlingspflanzen und 3—4 Wochen später der *Crocus* bei Tschimkent.

zwischen Tag und Nacht, andererseits zwischen Sommer und Winter viel geringer als in der Steppe.¹⁾

Wo bedeutendere Niederschläge auf den höheren Gebirgen fallen, geht die Baum- und Strauchvegetation in dichtem Wuchs 6000' bis 9000' hoch; auf den Nord- und Westabhängen ist sie kräftiger und reicher als an der Ostseite, südseitig nur auf die Thäler beschränkt. Das Tschirtschikthal (nordöstlich von Taschkent) ist von üppiger Vegetation bekleidet. *Morus*, *Juglans regia*, *Pistacia vera*, *Betula*, *Populus alba*, *Celtis*, *Cotoneaster*, *Spiraea*, *Crataegus Azarolus*, *Rosa lutea*, *Evonymus nana*, *Sophora*, *Lonicera*, *Hippophaë*, *Myricaria*, *Caragana pygmaea*, *Vitis vinifera*, *Clematis orientalis* sind für diese Gegend charakteristisch. In den höheren Regionen tritt *Sorbus Aucuparia* auf. Der hier einheimische Wachholder, *J. Pseudosabina*, erreicht als stattlicher Baum 70' Höhe und 3' Dicke; bis 10.000' hat er einen tannenähnlichen Habitus, wird erst bei 11.000' zwerghaft, wie z. B. am Tschakmakpass, wo Regel die letzten verkrüppelten Exemplare davon sammelte.²⁾

Wo sich bei schon beträchtlicherer Bodenerhebung der mildernde Einfluss der Erdwärme im Winter augenfällig zeigt und das Wurzelleben der Pflanzen begünstigt, so dass eine Bedeckung in den kälteren Monaten nicht nöthig erscheint, erreichen Maulbeere, Ulme und Platane eine erstaunliche Dicke und ein überaus hohes Alter. In dem durch seinen berühmten Wein ausgezeichneten Orte Chodschakent befindet sich (nach Regel l. c.) ein *Morus*, dessen Stamm 7' im Durchmesser beträgt, sowie eine Platane, deren ausgebrannter Stamm einen Umfang von 90' hat, an seinem oberen Ende besitzt er noch 42' Umfang und 762 Jahresringe. Weiter aufwärts im Thal, bei Birtschmulla, gedeiht bei ungefähr 4000' der Weinstock noch, wenn auch mühsam, während Aepfel, Apricosen und Maulbeeren noch gute Ernten geben.

Stellen wir mit den westturkestanischen Gebirgen bei ungefähr 40 Grad nördlicher Breite die allerdings 6 Grad nördlicher gelegenen Centralalpen Europas in einen Vergleich, so ist unter gewöhnlichen bekannten Voraussetzungen dort das Ansteigen der Alpenvegetation bis zu so enormen Höhen unbegreiflich. Südlich von Samtitsch sammelte Fedtschenko an der Wasserscheide des Amu darja neben dem Gletscher auf der Höhe von 12.300' Alpenpflanzen, im folgenden Jahre im Chanat Kokan (Chokand) am Kawukpass bei 13.300', und am Kardunbelpass bei 13.400'.³⁾ Nach Regel (Gartenflora 1878) geht selbst in Kultscha, nordöstlich vom Issyk-Kulsee (43 Grad nördlicher Breite), die Alpenflora bis 14.000' hinauf, freilich nur an den sonnigen Abhängen der grössten Gebirgsmassivs, welche die Centralalpen an Höhe zu übertreffen scheinen.

Hier in diesen nahezu die geographische Breite der Centralalpen erreichenden Gegenden Mittel-Asiens finden wir die auffallendsten Gegensätze der Temperatur, ob wir nun den Temperaturgang während des Jahres in der Ebene

¹⁾ C. Koopmann, Mittheilungen aus Mittel-Asien. Kurzer Auszug in Just's botan. Jahrbuch 1879, II. Abtheil., II. Heft, p. 461.

²⁾ A. Regel, Reisebriefe an die Moskauer naturforschende Gesellschaft. Bullet. 1877, LI.

³⁾ Fedtschenko's Reisen in Turkestan 1868—1871. Petermann's Mittheilungen 1874.

des Iliflusses verfolgen, oder die thermischen Verhältnisse des Gebirges mit denen der Ebene vergleichen. Das Ilithal wird von dem gleichnamigen Flusse, der in westlicher Richtung dem Balkaschsee zuströmt, durchflossen. Kultscha (44 Grad nördlicher Breite, ungefähr 20 Meilen östlich vom Meridian von Khotan, nicht ganz 700 m. über dem Meere) ist der Hauptort der chinesischen Provinz Ili. Das Flussthal hat einen fruchtbaren fetten Lehm Boden, der Ackerbau ist aber nur unter Anwendung künstlicher Bewässerung möglich. Wie in der südlich dsungarischen Kirgisensteppe ist auch das Klima im Ilithal eine Uebergangsstufe zwischen dem rauen Klima Sibiriens und dem subtropischen Klima südlich vom Thianschan. Im Winter, der hier eigentlich nur drei Monate dauert, sinkt die Temperatur bis -31 Grad C., und die sehr strenge Kälte hält meist zwei oder drei Wochen an. Der Schneefall ist bisweilen ziemlich bedeutend; der Sommer ist dagegen fürchtbar heiss, im August wird nicht selten eine Hitze von 45 bis 47 Grad C. beobachtet (im Schatten), so dass die Extreme der Sommer- und Wintertemperatur um 78 Grad C. von einander abstehen. Der April soll häufig regnerisch sein. Von Baumfrüchten reifen Aepfel, Pfirsiche, Granatäpfel; auf den Feldern gewinnt man Wein, Melonen, Arbusen, alle Getreidearten, darunter natürlich auch Reis, ferner Baumwolle, Tabak u. dgl.¹⁾ Die Reben und Granatbäume überwintern wohl nicht ohne besonderen Schutz, da sie dessen selbst in dem 4 Grade südlicher gelegenen Bucharä bedürfen. Es kann aber als sicher angenommen werden, dass diese bei so enorm hoher Sommerwärme und in trockener Luft vegetirenden Lignosen gegen die Winterkälte widerstandsfähiger sind als in den Küstenstrichen des südlichen Portugal oder sonstwo in einem milden, aber feuchten Klima; denn an Feigen- und Olivenbäumen, an Reben und Lorbeer wurde mehrseitig beobachtet, und habe ich selbst im görzischen Küstenlande die Erfahrung gemacht, dass nach einem feuchten und kühlen Sommer die Winterkälte diesen Gewächsen viel mehr schadet als nach einem trockenen und sehr warmen Sommer.²⁾

Noch überraschender sind, wenn wir die Länder des Mittelmeerbeckens vor Augen haben, die Angaben über die Vegetationsverhältnisse von Klein-Tibet,

¹⁾ Das Ilithal und seine Bewohner, von Dr. Radloff. Petermann's Mittheilungen 1866.

²⁾ Dies mag auch ein weiterer Grund sein, warum der Oelbaum den Winter von Kaschgar in Ost-Turkestan ohne Schutz ertragen kann. Dass dieser sonst nur in den Mittelmeerländern und auch dort vorzugsweise nur in den Küstenstrichen gut gedeihende Baum den mitunter sehr rauen Frösten (Minima von -15 Grad bis -20 Grad C.) daselbst nicht erliegt, dürfte kaum zu erklären sein, wenn wir nicht annehmen, dass einerseits reichliche Bodenwärme die Entwicklung eines sehr kräftigen und lebensfähigen Wurzelsystems ermöglicht, andererseits die sehr hochgradige Sonnenwärme bei mangelndem Wasser die Bildung eines festeren und dauerhafteren Zellengewebes bewirkt, das viel ärmer an Wasser, aber reicher an Kohlenstoff und an Aschenbestandtheilen ist als dasjenige, welches, bei grösserem Wassergehalte der Luft und des Bodens und bei niedrigerer Temperatur gebildet, durch den Frost viel leichter getödtet wird. In den Mittelmeerländern werden die Olivenbäume, so oft Kälten von -10 Grad bis -13 Grad C. eintreten, decimirt, wenn der Winter nicht trocken ist und der vorausgegangene Sommer nicht sehr warm war. Man vergl. A. Spamer, Untersuchungen über Holzreife. Allgem. Forst- und Jagdzeitung, Octoberheft 1882.

die wir den Gebr. v. Schlagintweit, Hooker, Johnson, Moorcroft, Montgomerie, Jacquemont verdanken, und in Griesebach's „Veget. der Erde“ I, p. 430—435, und in den Notizen p. 587—588 übersichtlich zusammengestellt finden.

Das ausserordentlich gebirgige Terrain von Klein-Tibet (am oberen Indus) nimmt in grösseren Höhen viel weniger den Charakter von Hochebenen an als der westliche Theil des Thianschan mit seinen Nebengliedern. Abgesehen von einzelnen Seebecken breiten sich weder das Hauptthal des Indus, noch dessen Nebenthäler irgendwo zu Tafelländern aus, sondern die weithin gedehnten Bergketten treten dicht an die Furchen des fliessenden Wassers, und ein geneigter Boden wie in den wallisischen Alpen ist daher der allgemeine Charakter dieses Theiles von Mittel-Asien. Aber die Hochthäler Tibets theilen dennoch die Vortheile des turkestanischen Plateauklimas. Die Verhältnisse sind dem Flächenraume nach so grossartig, die Böschungen so sanft, dass, wie Gerard sich ausdrückt, die schneebedeckten Gipfel in der Weite ihrer Entfernung erbleichen, wie ein Bild, das in der Erinnerung nur eine dämmernde Vorstellung zurücklässt.

Die tibetanischen Hochthäler senken sich von 14.000 bis 10.000', ohne dass der Charakter der Flora sich ändert, und noch höher liegen die nördlichen, keineswegs von aller Vegetation entblössten Hochebenen. Und gleichwohl lässt sich sagen, dass nicht so sehr der Mangel an Wärme, als vielmehr das mangelnde Wasser auf diesem erstaunlich hohen Niveau der Pflanzenwelt eine Grenze setzt: sicher wäre sonst in Höhen von 15.000 bis 16.000' eine zusammenhängende und üppige Alpenvegetation dort möglich. Immerhin kann an den Flüssen bis über 13.000' Getreidebau betrieben werden, bis 12.600' kommen selbst einzelne hochstämmige Bäume vor. Thomson hatte eine *Myricaria* von baumartigem Wuchs noch bei 13.380' angetroffen, und *Juniperus foetidissima* von 5000 bis 14.075'. Das höchste permanent bewohnte Dorf in Tibet, Chushul, liegt 13.400', das Kloster Hanle in Ladak 14.184' hoch.

Hier haben die Irrigationen nicht blos die excessive Trockenheit und Dürre des Steppenklimas zu überwinden, sondern die geringe Luftwärme im Sommer scheint mit dem Anbau ebenfalls schwer in Einklang zu bringen, so sehr auch die sanfte Neigung des Reliefs die Abnahme der Temperatur verzögert. Zwar finden wir in Leh, der Hauptstadt von Klein-Tibet (34 Grad nördlicher Breite, 10.800' über dem Meere), den Sommer noch ebenso warm wie in Stockholm (15.9 Grad C.), aber wenn man in Hochasien auf 640' Erhebung eine Wärmeabnahme von 1 Grad C. rechnet, so würde an der oberen Grenze des Getreidebaues die Vegetation unter noch ungünstigeren Bedingungen stehen als da, wo derselbe in Lappland aufhört. v. Schlagintweit's Berechnung kann daher offenbar nur für die Lufttemperatur in beträchtlichen Höhen über dem Boden ihre Richtigkeit haben und dürfte mit den Resultaten, welche ein im Ballon aufsteigender Beobachter in den verschiedenen Luftregionen über dem Thale durch einfache Thermometerbestimmungen gewinnt, besser harmoniren. Ausser allem Zweifel liegt es, dass jene Hochthäler ungemein viel Wärme von

der Sonne empfangen, einerseits wegen ihrer bedeutenden Annäherung an den Aequator, andererseits wegen der ungehinderten Bestrahlung in der verdünnten, sehr reinen und trockenen Hochgebirgsluft. Moorcroft sah zu Leh in der Julisonne das Thermometer auf 62 Grad C. steigen, selbst des Nachts fiel es zu dieser Zeit nur auf $+ 23\frac{3}{4}$ Grad, und sogar in der Mitte des Winters beobachtete er ein Steigen des Quecksilbers auf $28\frac{3}{4}$ Grad in den Sonnenstrahlen.

Wenn sich demnach im Sommer während der anhaltenden, so ausserordentlich hohen Bestrahlung der Boden nicht mehr erwärmt und die mittlere Sommertemperatur (in der Luft gemessen) nur die sehr bescheidene Höhe von 15·9 Grad erreicht, so können wir uns das nicht anders erklären, als indem wir annehmen, dass die Wärme, welche die Sonne der Erdoberfläche spendet, in ausgiebigerer Weise im Boden abwärts in die Tiefe geleitet wird als in den Steppen der aralo-caspischen Niederung. In einer verstärkten nächtlichen Strahlung allein können wir den Grund dieses wichtigen Factums nicht finden, denn der durch nächtliche Strahlung bei heiterem Himmel herbeigeführte Wärmeverlust ist in unserem Falle an und für sich zwar stark, aber im Vergleich zu jenem der eigentlichen Steppen geringer, da, wie Moorcroft gefunden hat, die Temperatur des Nachts nur auf $23\frac{3}{4}$ Grad gesunken ist, während sie in der algerischen Sahara nach einer Tageswärme von 40 Grad im Schatten und gegen 70 Grad in der Sonne auf 22 Grad sinkt.¹⁾ In Leh beträgt die Jahreswärme $+ 6\frac{3}{4}$ Grad, die des Sommers 15·9 Grad, die des Winters $- 8\cdot5$ Grad, die Differenz ist also 24·4 Grad, aber für Chiwa beträgt die Differenz der Sommer- und Wintertemperatur sicher um etliche Grade mehr, da der Juli dort 30·4 Grad, der Januar $- 4\cdot6$ Grad hat.

Noch geringer müssten im Vergleich mit den Wärmeverhältnissen echter Tieflandssteppen einerseits die Unterschiede zwischen der Tages- und Nachtwärme, andererseits jene zwischen den Sommer- und Wintertemperaturen in den Hochthälern von Klein-Tibet ausfallen, wenn die Temperaturbestimmungen nicht im Luftraume (1—2 m. über dem Boden), sondern dicht an der Oberfläche der Erde oder 2—3 cm. tief vorgenommen würden. Denn die Bedingungen, soweit sie den Luftkreis betreffen, sind dort in Höhen von 10.000 bis 14.000' der Wärmestrahlung des Bodens ausserordentlich günstig, indem die stark verdünnte, wolkenlose Atmosphäre derselben kaum ein nennenswerthes Hinderniss entgegensetzt.

Sind nun dennoch baum- und strauchartige Pflanzen dort oben im Stande zu vegetiren und ihre Früchte zur Reife zu bringen, und vermag dort auch der Mensch dem anscheinend sterilen Boden durch den Betrieb einer primitiven Acker- oder Gartencultur einen Ertrag abzugewinnen, so ist dies kaum anders möglich als dadurch, dass die Strahlungsfähigkeit desselben durch ein gleichmässiges Relief, durch Verflachung der Oberfläche und Continuität der ober-

¹⁾ Duveyrier in Petermann's Mittheilungen f. 1860, p. 55, 56.

flächlich liegenden Gesteinsmasse auf ein Minimum reducirt, die eingesogene Sonnenwärme aber rasch in die Tiefe des Bodens geleitet wird, so dass sie durch längere Zeit der Vegetationsschicht zu Gute kommt. Allein ein Gestein, das sich der Sonnenwärme gegenüber als gut leitend verhält, bewahrt diese Eigenschaft auch gegenüber der Erdwärme. Solcher Untergrund und Boden wird von zwei Seiten begünstigt: er nimmt einerseits die von der Sonne einstrahlende Wärme bis auf eine entsprechende Tiefe auf und erhält andererseits auch einen verhältnissmässig beträchtlichen Antheil von der Erdwärme, welche zwar sehr langsam, aber stetig und gleichmässig durchs Gestein gegen die Oberfläche strömt. Deshalb muss der Boden gleich unter der Oberfläche eine jährliche Wärmesumme empfangen, welche grösser ist als die im Luftraum bestimmte jährliche Wärmemenge. Ob und in welcher Weise dieselbe von da an bis zur Tiefe, wo die Temperatur das ganze Jahr hindurch constant wird, noch weiter zunimmt, lässt sich im Allgemeinen nicht sagen, es hängt von dem Grade der Wärmecapacität und Leitungsfähigkeit der Bodengesteine ab. Es möchte aber jedenfalls für das Verständniss der hier in Frage kommenden Erscheinungen förderlich sein, solche Bodenverhältnisse homothermische zu nennen.

Der Grund und Boden ist also in Tibet, sagen wir im Ganzen und Grossen homothermisch, daher dem Wurzelleben der Pflanzen förderlich, er vermag, wo der Luftraum seiner viel zu rauhen Temperatur wegen kein emporstrebendes Gewächs duldet, selbst in erstaunlichen Höhen, hunderte von Meilen fern vom Meere auf seiner Oberfläche den Holzgewächsen in Strauchform eine (wenn auch nicht luxuriöse) Existenz zu gewähren. Er ersetzt das Minus der Temperatur, das dem Luftraum (d. i. der über dem Boden befindlichen Luft) zukommt, durch ein Plus, welches aber bei der Bestimmung der Temperatur über dem Boden nicht so leicht bemerkt wird, aber die Pflanze zeigt es im Boden an, und da wird es auch mittelst des Thermometers nachweisbar sein.¹⁾

Im Gegensatz zu den Ländern des Mittelmeerbeckens, die mit wenigen Ausnahmen durch unermessliche Zeiten und abwechselnd zu wiederholten Malen Meeresgrund gewesen sind, wobei das unter gewaltigem hydrostatischen Drucke in die Bodengesteine eingedrungene Wasser die mannigfaltigsten molecularen Störungen und chemischen Umwandlungen hervorbrachte, wo es noch jetzt theils als Hydrat-, theils als Poren ausfüllendes Wasser dem Wärmeleitungsvermögen der Gesteine bedeutenden Abbruch thut, — scheinen die hocharhoben Continentalmassen Centralasiens, einmal (in einer verhältnissmässig sehr fernen Periode) dem Meere entstiegen, nicht mehr am Grunde des Meeres gelegen zu

¹⁾ Es sei hier nur nebenbei darauf hingewiesen, dass auch die ungeheure flache Massenausbreitung der Hochgebirge ein mitzubetrachtender Factor ist. Näheres darüber in Engler's Jahrb. 1881, S. 206.

sein; das lässt sich wenigstens von den gewaltigen Gneiss- und Granitrücken sagen, welche die langgedehnten Gebirgszüge Tibets, des Künlin und Thianschan bilden. Es ist sogar möglich, dass die höheren Plateaux von Granit, Gneiss und Syenit, wo man weit und breit keine Spur einer sedimentären Meeresbildung erblickt, niemals vom Meere bedeckt waren. Aber in dem einen wie in dem anderen Falle muss solches Gestein nur sehr wenig Wasser enthalten und daher dem Leitungsvermögen nach dem Kalkfels am nächsten stehen, denn war es ursprünglich mit Wasser stärker imprägnirt, so musste der Ueberschuss längst durch langsame Diffusion über dem Niveau des Meeres dem Gestein entzogen worden sein, da es, gar nicht zersetzt, in seinen Poren beim Nachlassen des Druckes das Wasser nicht mehr festzuhalten vermochte.

Stellenweise scheint jedoch das Thianschangebirge in seinen Tiefen wasserreicher zu sein, da sich an mehreren Orten vulkanische Erscheinungen zeigen, die, weil in so ungeheurer Entfernung von den Meeresküsten, als ein merkwürdiges und isolirtes Phänomen angestaunt werden. Der Aktagh oder Asferah (ein Theil des Thianschan) ist metallreich und von offenen Spalten durchschnitten, welche heisse, bei Nacht leuchtende, zur Salmiakgewinnung benutzte Dämpfe austossen.¹⁾ Diesem Gebirgssysteme gehört auch der Peschan, welcher Feuer speit und Lavaströme wenigstens bis in die Mitte des siebenten Jahrhunderts ergossen hat, an, sowie auch die Solfatara von Urumtsi, welche Schwefel und Salmiak liefert in einer steinkohlenreichen Gegend, und der Vulkan von Hotscheu, der noch gegenwärtig thätig ist. Da weit und breit keine Meeresküste vorkommt und die Seen nördlich und südlich vom Thianschan viel zu unbedeutend (den Issyk-Kul ausgenommen), aber auch von den vulkanischen Herden zu weit entfernt sind, so ist an eine directe Betheilung des oberirdischen Wassers an den vulkanischen Processen dieses Gebirgssystems kaum zu denken, allein die Exhalationen von Salmiakdämpfen im Aktagh, sowie auch die Solfatara von Urumtsi, in einer steinkohlenreichen Gegend gelegen, rückt uns den Gedanken nahe, dass die vulkanischen Kräfte hier durch jene Wärme genährt werden, welche bei der langsamen und unvollständigen Verbrennung tiefliegender vegetabilischer Substanzen entsteht, wozu keineswegs Zutritt atmosphärischer Luft erforderlich ist. Schwefel und Salmiak sind übrigens als Zersetzungsproducte bei der trockenen Destillation von Steinkohlen bekannt. Sollte aber auch diese Erklärung der Wirklichkeit nicht entsprechen, so sind jene vulkanischen Vorkommnisse in Hochasien doch nur local und im Vergleich zu den ungeheuren Granit-, Gneiss- und Syenitmassen, die seit den ältesten Perioden der Erdbildung weder eine chemische oder mechanische Zersetzung, noch eine Imprägnation mit Wasser erlitten haben, von untergeordneter Bedeutung. — Diese Umstände kommen nebst dem geringeren Strahlungsvermögen des grossentheils abgeflachten, continuirlichen, d. i. nicht schluchtenreichen oder verschieden-

¹⁾ A. v. Humboldt, *Asie centr.*, T. II, p. 18—20. Diese Localität befindet sich am Jagnau oder Jagnob, einem Zufluss des Sarafschan östlich von Samarkand. Nach Dr. G. Capus sind es brennende Steinkohlenlager, welche diese Erscheinungen hervorrufen. Petermann's Mitth. 1883, III,

artig aufgebrochenen (zerrissenen) Terrains und dem Einflusse der Massenerhebung überhaupt¹⁾ in erster Reihe in Betracht, wo es sich um so grossartige Gegensätze in den Vegetationsverhältnissen im Vergleich zu jenen des südlichen Europa handelt.

XIII.

Wenn man ein Stück Glanzeisenerz (Fe_2O_3), nachdem man sein Gewicht vorher bestimmt hatte, zerstösst und fein zerreibt, so färbt sich das Pulver allmählig roth, der Farbenton wird um so lichter und heller, je länger man reibt. Wird nun das Pulver gewogen, so findet man es um 4 bis 5 Procent gewichtiger als das Stück vor dessen Zerreibung. Nun halte man das Pulver auf einem Blech über eine Flamme, und man wird sehen, dass es nach und nach schwarz wird und, so lange es noch heiss ist gewogen, jene Gewichtszunahme verloren hat. Aber bei allmählicher Abkühlung an der Luft färbt es sich von Neuem roth und wird abermals um 4—5 Procent schwerer als zuvor. Das Ergebniss des Versuches fällt jedoch ganz anders aus, wenn man das Pulver in einem Glasröhrchen erhitzt und, so lange es noch ganz heiss ist, das Röhrchen zuschmilzt. Da wird das Pulver in der Hitze wohl schwarz, aber es röthet sich nicht beim Abkühlen und sein Gewicht wird dabei nicht grösser.

Aus diesen Versuchen ergibt sich mit Sicherheit, dass dem gepulverten Eisenoxyd das Vermögen zukommt, bei gewöhnlicher Temperatur Wasserdünste aus der umgebenden Luft aufzunehmen und zu verdichten, denn nichts Anderes als das Wasser ist es, welches die Rothfärbung des Minerals beim Zerreiben verursacht und die Gewichtszunahme bedingt. Allein wir erkennen aus diesem Resultate auch: 1. dass die Aufnahme des Wassers aus der umgebenden Luft auf einer Anziehung beruht, welche zwischen den sich berührenden Mineral- und Wasserdunsttheilchen stattfindet; 2. dass diese Anziehung eine äusserst energische ist, da die Wasserdünste, welche das Mineralpulver verdichtet, grossentheils mit demselben eine chemische Verbindung — ein Hydrat — eingehen, denn die Verfärbung des gepulverten Minerals ist keine einfach moleculare Veränderung desselben; 3. dass von dem Mineralpulver mehr Wasserdünste eingesogen werden, als deren gewöhnlich in einem tausendfachen Volum Luft enthalten sind, was nur dadurch erklärlich wird, dass, sobald die das Pulver berührenden Dunsttheilchen der Luft entzogen sind, vermöge der Diffusion andere an deren Stelle rücken, die ebenfalls aufgesogen werden, worauf andere folgen u. s. f., bis nach und nach ein grosser Luftraum seiner Dünste beraubt ist. Man könnte demnach mittelst 1 Gramm fein zerriebenen und geglühten Eisenoxyds den Luftraum von 4 Liter, bei 15 Grad mit Dunst gesättigt, nahezu vollständig von den Wasserdünsten befreien.

Aehnliches beobachten wir auch beim Thon, derselbe verliert aber, bei gelinder Wärme getrocknet, durch Erhitzen noch weitere 14 Procent Wasser,

¹⁾ Man vgl. Erdwärme als pflanzengeographischer Factor l. c. p. 206, 251.

der Bol sogar 24 Procent, die er beim Abkühlen an der Luft wieder aufnimmt. Dieses Wasser ist gleichfalls Hydratwasser, aber seine chemische Verbindung mit dem Thonerdesilicat ist gar nicht sinnlich auffällig, weil sich dieses dabei nicht färbt. So entsteht ferner auch durch Aufsaugung und Verdichtung der Wasserdünste durch fein zerriebenen Zinkspath (kohlensaures Zinkoxyd) an der Luft ein Hydrat. Der Kalkspath saugt in fein gepulvertem Zustande gleichfalls Wasserdünste ein, doch in geringerem Masse als das Eisenoxyd und scheint dabei kein Hydrat zu bilden (dazu wäre übrigens noch Kohlensäure und ein Ueberschuss von Wasser erforderlich). Das Vermögen der festen Körper, Wasserdünste zwischen ihre kleinsten Massentheilchen (in ihre Poren) aufzunehmen und daselbst zu verdichten (ob nun dabei auch eine engere Verbindung mit dem Wasser eingegangen wird oder nicht), nennen wir Hygroskopicität. Alle starren Mineralsubstanzen sind als feiner Detritus (d. i. in stark zerriebenem oder mechanisch zersetztem Zustande) hygroskopisch, nur in der Intensität dieser Eigenschaft beobachten wir eine Verschiedenheit. Allen voran steht in diesem Vermögen der Thon, zu unterst rangirt der Kalkstein oder kohlensaurer Kalk (als Kreide, sehr feiner Sand).

Die mechanisch zersetzte Mineralmasse zeigt auch ein ganz charakteristisches Verhalten gegen die Aufnahme und Abgabe der strahlenden Wärme, und es ist nicht schwer, auf indirectem Wege nachzuweisen, dass die Einsaugung der Wasserdünste mit der Ausstrahlung der Wärme in einem sehr engen, reciproken Zusammenhange steht.

Was wir strahlende Wärme nennen, hat eigentlich mehr Aehnlichkeit mit dem Lichte als mit der in den leitenden Körpern thätigen Wärme, wir können sagen: sie ist Licht, aber von so geringer Intensität, dass wir es mit unserem Gesichtssinne nicht wahrzunehmen vermögen; denn die strahlende Wärme bietet die Erscheinungen des Durchganges durch feste durchsichtige Körper (besonders leicht geht sie durch Steinsalz), der Brechung und Polarisation dar und ist keineswegs an „gute Leiter“ gebunden, da Substanzen wie Stroh, thierische und vegetabilische Haare u. dgl. einen hohen Grad von Strahlungsfähigkeit besitzen. Sie ist analog der Reibungselektricität, die von solchen Stoffen auch stark ausstrahlt, während sich die galvanische nur in den Körpern (Leitern) bewegt, und zwar um so leichter, je besser dieselben leiten.

Treten wir an einem frischen heiteren Morgen im Frühjahr oder Spätsommer ins Freie und richten wir unseren Blick auf das bethaute Gras, so werden wir die perlenden Tropfen keineswegs immer regellos zerstreut auf demselben finden: jedes Tröpfchen steht vielmehr anfangs regelmässig an der Spitze eines Blattes, dieses wird erst dann an seiner Oberfläche nass, wenn der Tropfen, zu schwer geworden, herabrinnt und sich über die Blattfläche ausgebreitet hat. Es macht einen eigenthümlichen Eindruck, jedes Blatt nur an der Spitze sein Tröpfchen tragen zu sehen, wiewohl dieses anscheinend Mühe hat sich oben zu erhalten, denn die stützende Basis ist eben nur ein Punkt. Andere Pflanzen, welche behaart sind, tragen aber an der Spitze eines jeden Haares ein Thautröpfchen und sehen aus wie mit kleinen Perlen dicht besät. Warum setzt

sich der Thau nicht gleichmässig an der Oberfläche des Blattes an, warum gerade an den Spitzen, an den am meisten vorragenden Theilen der Blattmasse?

Bekanntlich zählt der, man möchte sagen feenhafte Duftansatz, den wir in der kälteren Jahreszeit an Frosttagen bei dunst- und nebelreicher Luft an den Bäumen in Form zarter, theils hängender, theils nach allen Richtungen in den Luftraum hinragender weisser Fäden sehen, zu den bezauberndsten Bildern der Natur. Aber auch diese merkwürdigen Bildungen gehen von den feinsten Spitzen aus, indem sie den Enden der Knospen, den scharfen Kanten und sonstigen Unebenheiten der Borke adhären; an den glatten Theilen der Rinde kommen sie entweder gar nicht vor, oder sind nur schwach entwickelt. Dass wir es hier mit einem Analogon der Thaubildung zu thun haben, das dürfte wohl kaum Jemand, der einige Begriffe von der Meteorologie hat, bezweifeln, vermag aber die Wissenschaft diese Erscheinung auch zu erklären? Allerdings, wenn wir uns mit der nächsten angebbaren Ursache begnügen: diese ist keine hypothetische, sondern ein durch die Erfahrung, zahlreiche Experimente und zum Theile auch durch gewisse theoretische Betrachtungen wohlbegründetes Princip: dass nämlich, wenn der Thaupunkt im Luftraume erreicht ist, sich die Dünste an jenen Stellen an der Oberfläche der Körper niederschlagen, wo die Temperatur niedriger ist, und sei es auch nur um einen Bruchtheil eines Grades niedriger als an den übrigen Stellen. Das sind nun jene Stellen, wo die Wärmestrahlung eine stärkere ist, also gerade die am meisten vorragenden Unebenheiten, die feinen Spitzen und Bröckchen, die schärfsten Kanten und Ränder an der Oberfläche, wo die Wärme (analog der Reibungselektricität) am meisten ausströmt. Dieses Ausströmen der strahlenden Wärme wirkt gleichsam wie eine Anziehung auf die umgebenden nächsten Dunsttheilchen der Atmosphäre.¹⁾ Je weniger die Substanz leitet, desto grösser ist — *caeteris paribus* — ihr

¹⁾ Bei lebenden chlorophyllhaltigen Pflanzentheilen kommt noch ein anderer Umstand in Betracht. Untersuchen wir nämlich im Frühjahr (Anfange Mai) an einem sonnigen Tage zur Zeit des Maximums der Insolation die Temperatur des Grasses, indem wir das Thermometer in einen 12 bis 15 Cm. hohen Grasbüschel tauchen, so finden wir dieselbe um mindestens 6 Grad C. niedriger als die Temperatur eines dunkelgrünen, mit Wasser befeuchteten Musselgewebes, das wir frei den Sonnenstrahlen am Boden daneben ausgesetzt haben, wo kein Gras wächst, während sich der entblösste feuchte Boden an der Oberfläche um 7 Grad mehr erwärmt als das Gras. Wir gelangen durch diesen einfachen Versuch zur Ueberzeugung, dass die grünen lebenden Pflanzentheile nicht nur die einstrahlende Wärme in hohem Grade aufzunehmen, sondern auch zu binden oder zu absorbiren vermögen, indem stets ein Theil der aufgenommenen Wärme in chemische Arbeit (Zerlegung der Kohlensäure und wahrscheinlich auch andere chemische Arbeit) umgesetzt wird, denn die Verdunstung des Wassers in den Zellen geht nicht rascher vor sich als an der Oberfläche eines befeuchteten, der Luft im Freien ausgesetzten Musselgewebes. Es kann daher angenommen werden, dass die chlorophyllhaltigen Zellengewebe den nicht functionirenden Trichomen, den knorpeligen Zähnen am Blattrande und der knorpeligen Blattspitze Wärme entzieht, und zwar so viel, dass die Temperatur dieser Anhänge viel früher den Thaupunkt erreicht als die der übrigen Körper in der Nähe, wodurch sich die reichliche Thaubildung an denselben in Form von rundlichen perlenden Tröpfchen leichter verstehen würde. Auch Holzkohle, Russ u. dgl. Körper sind durch ihr hochgradiges Vermögen, strahlende Sonnenwärme einzusaugen, ausgezeichnet, allein diese binden die Wärme nicht und werden darum hierdurch stark erwärmt, sie geben aber die eingesogene Wärme, wenn man ihnen das Sonnenlicht entzieht, ebenso leicht durch Ausstrahlung ab.

Strahlungsvermögen. Darum, und auch weil der Boden sich nicht so schnell abkühlt als die Körper hoch über demselben (er participirt nämlich an der Erdwärme mehr als die Aeste und Zweige der Bäume), bildet sich unten kein Duftansatz. Allein es ist dennoch so viel als gewiss, dass die Wärmestrahlung des Bodens unter solchen Umständen eine sehr beträchtliche ist, und sie nimmt zu mit der Grösse der Oberfläche im Vergleich mit dem Volumen der Körpermasse, da jeder Punkt der Oberfläche ein Strahlungspunkt ist.

Hat daher ein Sandkörnlein z. B. die Form eines Würfels von 1 mm. Kante, ein zweites von gleicher Form nur 0.1 mm. in seinen Dimensionen, so ist das Volumen des letzteren tausendmal kleiner als jenes des ersteren, die Oberfläche aber nur hundertmal kleiner; aus dem ersteren könnte man also durch passendes Theilen 1000 solche machen, wie das letztere ist, und ihre strahlende Gesamtoberfläche würde $1000 \times 0.01 = 10$ mal so gross sein als die strahlende Oberfläche des ersteren. Durch Zerreibung wird also die Strahlungsfähigkeit einer Mineralmasse ausserordentlich vervielfacht und damit natürlich auch die dunstaufsaugende Fähigkeit — Hygroskopicität — derselben.

Allein die Ausstrahlungsfähigkeit einer mineralischen Substanz ist die inverse Eigenschaft des Einstrahlungsvermögens derselben, d. i. des Vermögens, die Wärme durch Einstrahlung aufzunehmen. Beide Eigenschaften sind reciprok, wie bei der Reibungselektricität. Kann eine solche Substanz die Wärme rasch und in ausgiebiger Weise in den leeren oder luftegefüllten Raum ausstrahlen, so vermag sie auch unter anderen Umständen dieselbe — vice versa — ebenso rasch und ausgiebig durch Einstrahlung gleichsam einzusaugen. Beispiele hierfür sind: trockene Asche, feiner Sand.

Man schütte auf den flachen ebenen Boden, wo dieser der Betrahlung durch die Sonne völlig zugänglich ist, an einem sonnigen Tage im Sommer trockene Asche auf, etwa 30 Cm. hoch auf eine Fläche von circa 1 Quadratmeter, daneben in gleicher Weise groben Kalksand und lege eine 30 Cm. dicke quadratische Kalksteinplatte von 1 m. Länge und Breite daselbst in unmittelbarer Nähe in den Boden ein, so kann man die Wirkungen der Einstrahlung und Ausstrahlung der Wärme in diesen drei verschiedenen Medien auf das Bequemste beobachten. Da wird man finden, dass sich die Asche an der Oberfläche sehr stark erwärmt, weniger der Sand, am wenigsten die Kalksteinplatte. Aber schon in einer Tiefe von 10 Cm. wird man die Wirkung der Sonnenstrahlung kaum bemerken, in der Sandschicht wird aber eine solche in dieser Tiefe nachweisbar sein und die Platte hat sich in dieser Zeit 10—12 Cm. tief beträchtlich erwärmt. Dauert die Insolation noch einige Zeit, so merkt man in der Aschenschichte noch immer keine Erwärmung in grösserer Tiefe, in der Sandschicht ist die Erwärmung etwas tiefer fortgeschritten, die Platte ist aber bis auf den Grund merklich wärmer geworden; dafür ist freilich ihre Oberfläche nicht heiss anzufühlen, sondern nur etwas warm, während der Sand sich sehr warm anfühlt und die Asche heiss. Dieselbe Wärmemenge wird also im ersteren Falle nur einer dünnen Schichte mitgetheilt, bewirkt daher eine sehr beträchtliche Temperaturzunahme in derselben, im zweiten Falle einer dickeren, bewirkt somit

eine geringere Temperaturerhöhung, im dritten Falle einer noch viel dickeren, bringt somit eine nur schwache Temperaturzunahme hervor.

Des Abends, zwei oder drei Stunden nach Sonnenuntergang, verhält sich der Temperaturzustand umgekehrt: die Asche hat ihre beträchtliche Wärme an der Oberfläche rasch abgegeben und fühlt sich kühl an, der Sand hat in dieser Zeit einen geringeren Wärmeverlust erlitten, er ist eben noch lau, die Felsplatte erscheint aber noch merklich warm und wird sich vielleicht erst am folgenden Morgen kühl anfühlen. Der Hauptunterschied in den Temperaturverhältnissen dieser Medien lässt sich etwa durch die Worte ausdrücken: in dem compacten Kalkstein bewegt sich die Wärme langsam zwar, aber mehr gleichmässig, und der Einfluss der Sonne reicht hier tief hinab; der Gegensatz zwischen der Temperatur an der Oberfläche und der in grösserer Tiefe ist sehr mässig, man kann ihn gering nennen; beim Sand erscheint er grösser. Die Asche, weil an der Oberfläche die Wärmestrahlen absorbirend, verhält sich beinahe wie ein Isolator, was auch vom sehr feinen Detritus, etwa einer Mischung von Thon und sehr feinem Sand, in gleicher Weise gilt.

Man denke sich nun die genannten Medien in 1000 oder gar 2000 m. mächtigen, 2 Meilen langen und ebenso breiten Lagen in unmittelbarer Nachbarschaft neben einander, welch' bedeutsame thermische Differenzen müssen sich nicht in einem solchen Falle ergeben? Bald ist dort, wo der feine Detritus ist, jene Tiefe erreicht, wo die Temperatur von der directen Strahlung der Sonne nur noch schwach beeinflusst wird, aber auch die Erdwärme hat auf die Temperatur in dieser Tiefe einen um mehr als 7 Grad schwächeren Einfluss als unter normalen Umständen.¹⁾ Man kann mit Hinblick auf die thermischen Bodenverhältnisse in den Flyschregionen der Karstländer annehmen, dass der normale Antheil der Erdwärme am Niveau des Meeres etwa 208 Grad, der normale Antheil der Sonnenwirkung in 46 Grad nördlicher Breite etwa 79 Grad beträgt. Vor Allem müssen wir uns hüten, dort, wo im Boden eine das ganze Jahr hindurch constante Temperatur angetroffen wird, der Sonne jede Wirkung abzuspochen, es wäre das ein arger Irrthum; in dieser Tiefe (in feinem, thonhaltigen Detritus nicht einmal 20 m.) hört nur der directe Einfluss der Sonnenstrahlung auf, d. h. die Temperatur folgt nicht mehr den Schwankungen der Wärme, welche von den Jahreszeiten abhängig sind, aber der durch die Sonne inducirte Wärmeszustand dauert gleichmässig fort. In diesem Terrain erleidet jedoch der normale Antheil der Sonnenwirkung schon 8—10 m. tief eine Schwächung von mindestens 4 Grad, noch tiefer muss dieser Abgang noch grösser ausfallen, allein nach abwärts nimmt der Antheil der Erdwärme zu, wodurch das Deficit des Antheiles der Sonnenwirkung allmählig vermindert, dann völlig gedeckt und dann nach und nach zu einem immer mehr anwachsenden

¹⁾ Das Wärmedeficit, soweit es den Antheil der Erdwärme betrifft, müsste 20 Grad und mehr betragen, wenn der Detritus tiefer unten auch so locker wäre wie nahe an der Oberfläche; allein der gewaltige Druck macht das Bodenmaterial in den unteren Lagen dichter und daher besser leitend.

Plus ergänzt wird. Wo das Deficit der Sonnenwirkung durch einen entsprechenden Betrag der Zunahme der Eigenwärme des Erdbodens gerade gedeckt wird, bleibt das ganze Jahr hindurch die Temperatur constant, in unserem Falle ungefähr 100—200 m. tief, vielleicht noch tiefer; jedenfalls muss diese Tiefe nicht mit derjenigen zusammenfallen, in welcher die Schwankungen der Sonnenwärme aufhören, und die in solchem Medium schon mit 12—15 m. erreicht sein dürfte. Von jener Tiefe an (wir wollen die hier gedachte Bodenschichte die Neutralschichte nennen) nimmt die Temperatur nach oben stetig ab, nach unten stetig zu und beträgt in der Neutralschichte mehrere Grade weniger als das Jahresmittel an der Oberfläche. Dies hat zur Folge, dass die Hygroskopicität des Bodenmaterials hier sehr vermehrt erscheint, weshalb die Wasserdünste, wenn an der Oberfläche die Temperatur über dem Thaupunkte steht, beständig nach abwärts diffundiren, weil eine continuirliche Absorption und Verdichtung derselben in der Tiefe der Neutralschichte stattfindet, ein Vorgang, der so lange dauern muss, bis die Luft an der Oberfläche aller Dünste beraubt ist, wenn nicht bald eine Depression der Lufttemperatur eintritt; in der Tiefe der Neutralschichte aber sammelt sich durch diesen Absorptions- und Verdichtungsprocess so viel Wasser, dass endlich alle Poren zwischen den Sandkörnern und den kleinsten Partikelchen des Thons ausgefüllt werden, wodurch diese Schichte zu einem unterirdischen, weit ausgebreiteten Wasserbehälter wird. Solche Bodenverhältnisse wollen wir heterothermisch nennen. Steppen und Wüsten, welche sandigen und thonigen, überhaupt einen aus feinem Detritus oder aus pelitischen Zersetzungsproducten bestehenden, tief reichenden Untergrund haben, gehören in diese bodenklimatische Kategorie.

Bei einer Temperatur des Dünenandes von mehr als 50 Grad an der Oberfläche fand Cosson in der südalgerischen Sahara in einer Tiefe von nur 10 cm. die Wärme von 25 Grad, und das Brunnenwasser hatte, wiewohl es nicht einmal 2 m. unter der Oberfläche stand, 4 Grad weniger, als das Jahresmittel beträgt, d. i. 19 Grad, eine Temperatur, welche dem Thaupunkte beim Minimum des relativen Dunstgehaltes entspricht. Es ist aber sehr wahrscheinlich, dass 50 bis 100 m. tiefer das Wasser noch kälter ist. Hier, in dieser beträchtlichen Tiefe, übt die Neutralschichte mittelbar jene Anziehung auf die atmosphärischen Dünste aus, welcher man die so ausserordentliche Trockenheit der Wüstenluft zuschreiben muss. So erwähnt der jüngere Vogel, dass er von Tripolis aus nur bis zum 30. Parallelkreise im Sommer Thau bemerkt habe, von da bis Mursuk nicht mehr, hier habe er den Thaupunkt oft nicht einmal bestimmen können.

Im Süden der algerischen Sahara beobachtete Duveyrier (Petermann's Mittheilungen 1860, p. 56) während des Juli 21 bis 26% Dunstgehalt (im Verhältniss zur Sättigung), im August sogar einmal nur 10% bei einer Luftwärme von 39 Grad, also 6% weniger, als Humboldt als Minimum der auf der Erde bis dahin beobachteten relativen Dunstmenge angibt. Wenn man aber bedenkt, dass der von Nordost gegen die algerische Sahara wehende Passat über den ganzen mittleren und östlichen Theil des mittelländischen Meeres streicht und

auf seinem Wege nur den nordöstlichen niedrigen Theil des Atlasgebirges berührt, der ihm nur wenig Dünste entzieht, so begreift man, ohne die im Obigen dargelegten Umstände zu würdigen, ganz und gar nicht, wie die unter dem Einflusse dieses Passates stehende Wüstenluft Algeriens so trocken sein könne; man erwartet vielmehr mindestens 40 bis 60% im Sommer, und ich denke, dass die Luft sie auch hätte, wenn die Neutralschichte im Boden nicht wäre, die vermöge ihrer unter dem Thaupunkte stehenden Temperatur durch das feinerdige, im hohen Grade hygroskopische Bodenmaterial beinahe wie Chlorcalcium auf die Dünste der Atmosphäre einsaugend und verdichtend wirkt. Das so im Boden festgehaltene Wasser kann im Sommer nicht mehr verdunsten, weil seine Temperatur unter dem Thaupunkte ist, im Winter aber, wo der Thaupunkt mitunter auf 15 Grad C. herabsinkt, kann nur ein Theil desselben verdunsten, und zwar derjenige, welcher der Oberfläche, wo zeitweise Temperaturen zwischen + 17 Grad und — 4 Grad herrschen, nahe genug steht. Zu dieser Zeit kommt ein Theil des Wassers an die Oberfläche, verdunstet aber, sobald sich der Boden in Berührung mit der Luft hinlänglich erwärmt.

So erklären sich, zum Theile wenigstens, die an so vielen Stellen vorkommenden unerschöpflichen unterirdischen Wasservorräthe in der algerischen Wüste, von denen man an der Oberfläche mitunter keine Ahnung hat, so auch das Grundwasser in den übrigen öden (ebenen) Theilen Afrikas und in den Wüsten und Steppen überhaupt. Hierdurch allein wird das Fortkommen und Gedeihen der Dattelpalme in solchen Gegenden möglich, wo das Wasser entweder künstlich durch artesischen Brunnen gehoben und zu einer entsprechenden Bewässerung benutzt wird, oder als Quelle dem Boden entströmt, die wüste Sandfläche in einen von Lebensfülle strotzenden Garten zu verwandeln.

In welchem Masse der Pflanzenwelt dort, wo der Mensch helfend eingreift, das Grundwasser zu Gebote steht, ergibt sich daraus, dass z. B. ein einziger artesischer Brunnen in der Nähe von Tuggurt nahe 130 Kubikfuss Wasser in einer Minute liefert. Aber ich kann mit dem Gedanken mich nicht befreunden, dass die Flüsse im Allgemeinen einen beträchtlichen Antheil hätten an der Vermehrung des Grundwassers in der Wüste, denn 1. findet man sehr reichliches Grundwasser sehr häufig in Gegenden, wo mehr als 100 Meilen weit kein Fluss vorkommt und kein Gebirge, das irgend welchen nennenswerthen Fluss oder Bach liefern würde, und 2. müsste ja das Wasser des Meeres vor Allem vermöge des grossen hydrostatischen Druckes, welchen es auch in seitlicher Richtung ausübt, durch das Bodengestein sickern und nach und nach die Poren aller unter seinem Niveau stehenden Bodenschichten ganz Afrikas, soweit der Untergrund Sand, Schutt und feiner Detritus ist, ausfüllen. Letzteres ist nicht unwahrscheinlich, wenn es erwiesen sein sollte, dass beim Durchsickern oder Diffundiren des salzigen Wassers durchs Bodengestein alle Salztheilchen schon in geringer Entfernung vom Meere zurückbleiben müssen. Es möge aber diese Frage hier nicht weiter erörtert werden.

Sicher ist indessen so viel, dass die spärlichen und äusserst seltenen Niederschläge, die, sei es als Regen oder als Schnee, Thau und Reif, in der

Wüste fallen, am allerwenigsten direct zur Bildung des Grundwassers beitragen. Im Sommer erscheinen die Regen (wenn sie kommen) immer nur vorübergehend, von Gewittern begleitet, den Boden nur oberflächlich und flüchtig befeuchtend, weil dieser, noch sehr warm, das Wasser rasch zur Verdunstung bringt. Nur die Dünste können allmählig diffundirend jene Tiefe des Bodens erreichen, wo eine dem Thaupunkte entsprechende oder noch niedrigere Temperatur herrscht. Die Wüste hätte somit ihr Grundwasser, auch wenn es dort nie regnen, nie schneien oder thauen würde, und auch wenn ganz Afrika keinen Fluss, keinen See hätte. Eine offene Frage bleibt es freilich, ob und in wie weit sich das Meer daran direct betheiligt, wenn wir die Möglichkeit, respective Unmöglichkeit, ins Auge fassen, dass sein Wasser durch die unteren Bodenschichten langsam sickern oder vielmehr diffundiren könne.¹⁾

Wie gering das als Regen, Schnee, Thau etc. im nördlichen Afrika dem Boden zukommende Wasser anzuschlagen ist, ergibt sich aus den übereinstimmenden Berichten mehrerer Entdeckungsreisenden. Das Wadi von Ghardaja füllte sich im Winter 1858/59 ein einziges Mal mit Wasser. Duveyrier hat von den Eingebornen erfahren, dass im Innern der Sahara mehrere regenlose Perioden von 9 bis 12 Jahren auf einander gefolgt seien, und dass zu In-Salah in Tuat sogar in 20 Jahren kein einziger Regenschauer gefallen wäre. Im Winter kamen zu Ghardaja oft Nachtfroste vor, dann regnete es häufiger, schneite sogar, jedoch nur wenig; doch lag, was als ein unerhörtes Ereigniss betrachtet wurde, im Winter von 1857 auf 1858 einmal der Schnee zwei Tage lang. In der westlichen Sahara wurde innerhalb 310 Tagen nur vierzehnmal Thaubildung beobachtet.

Unglaublich weit liegen im nördlichen flachen (wüsten) Theile von Afrika sowohl die täglichen, als auch die jährlichen Temperaturextreme auseinander. Im Sommer erreichte die Tageswärme häufig 40 Grad, die Nachtwärme sank auf 22 Grad. Es betrug während eines Zeitraumes von 44 Monaten die höchste Temperatur in Tuggurt (33 Grad nördlicher Breite) 51 Grad, die niedrigste 2 Grad (Duveyrier l. c.). Nach Vatonne (Zeitschr. f. Erdk. 1864, p. 281) betrug während eines Zeitraumes von 8 Monaten, mit Einschluss des Winters, das Maximum in Ghadames 40 Grad, das Minimum — 5 Grad. Zu Mursuk (26 Grad nördlicher Breite) beobachtete Duveyrier als höchste Temperatur im Juli 44·6 Grad, Rohifs im December 1865 das Minimum von — 5·6 Grad.

Doch sind diese Extreme noch immer nicht so überraschend wie die der aralo-caspischen Steppen, denn in Chiwa erreicht die Julihitze nicht selten 48 Grad (im Schatten), während im Winter die Temperatur schon bis — 43 Grad gesunken ist (Abstand der beiden Extreme also = 91 Grad) und der Abstand der extremsten Monatsmittel (Jänner — 4·6 Grad, Juli 30·4 Grad) beträgt nicht weniger als 35 Grad. Allerdings kommt hier schon die grössere Tageslänge

¹⁾ Nach dem Gesetze der communicirenden Gefässe ist dies freilich nicht denkbar, denn wie könnte sonst der Wasserspiegel des Aralsees 243' höher stehen als der des caspischen Meeres, und der des Todten Meeres um 1200' tiefer als der des mittelländischen?

im Sommer und die längere Dauer der Nacht im Winter gegenüber dem südlichen Algier und dem Innern der Sahara, welches 10 bis 20 und mehr Grade südlicher liegt als die aralo-caspische Niederung, in Betracht.

Ausserordentlichen Schwankungen der Temperatur ist nicht minder das ganze Prairiengebiet Nord-Amerikas, besonders in denjenigen Theilen, welche der temperirten Zone angehören, unterworfen. Nach Arthur's Schilderung der klimatischen Verhältnisse und der Beschaffenheit der Vegetation in Jowa¹⁾ hat dieses Gebiet allerdings eine jährliche Regenmenge, die grösser ist als jene mancher atlantischer Staaten und sich mit Ausnahme des Winters gleichmässig über alle Jahreszeiten vertheilt. Der jährliche Regenfall Jowa's ist — wenn man von seinem nordwestlichen Theile absieht — genügend, um die Existenz dichter Wälder und der sie begleitenden niederen Vegetation zu ermöglichen, indessen machen andere Factoren einen kräftigen Baumwuchs unmöglich. Dies sind in erster Linie die trockenen Nordwest- und die sengenden Südwestwinde, die Jowa's Klima zu einem typisch continentalen machen. Hiezu gesellt sich die Schnelligkeit, mit welcher der vom Baumwuchs entblösste Boden die Feuchtigkeit verliert, und schliesslich die extremen Schwankungen der Temperatur. Abgesehen davon, dass der Sommer sehr heiss und der Winter sehr kalt ist, sinkt oder steigt die Temperatur in zwölf und weniger Stunden um 17, 19 oder gar 26 Grad C. Dergleichen schroffe Wechsel kommen im Jahre durchschnittlich 60 bis 75mal vor, und schreibt Arthur ihnen, wie überhaupt dem sich in Gegensätzen bewegendem Klima einmal die relativ geringe Höhe der Bäume und ferner die gröbere, festere Beschaffenheit (Textur) der pflanzlichen Gewebe im Allgemeinen zu.

Ich konnte mich gleichfalls durch ein mehrjähriges Studium der Boden- und Vegetationsverhältnisse in den südöstlichen Kalk- und Dolomitalpen zur Genüge überzeugen, dass die Baumlosigkeit gewisser Terrainsarten keineswegs in dem „zu wenig“ an Regen und Thau und an sonstigen Niederschlägen ihren Grund hat, denn gerade die Berghaiden von Kärnten und Krain, die durch ihre kümmerliche und spärliche Baumvegetation (meist zu niedrigem Strauchwerk reducirt) einen so grellen Gegensatz zu dem kräftigen Baumwuchs des höheren Karstes bilden, empfangen im Sommer viel mehr Niederschläge als dieser. Aber die fortgesetzte Beobachtung der Keimentwicklung baumartiger Gewächse auf heterothermischem Boden, dem auch die Berghaide angehört, lehrte mich in den so häufigen und rapiden Schwankungen der Temperatur, die von eben so grossen Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit und Trockniss begleitet sind, den wesentlichen Feind des Baumwuchses kennen.²⁾

Um dies begreiflich zu finden, muss man sich nur die Lage eines Baum-samens, der im Begriffe ist zu keimen, auf offener Haide recht vor die Augen stellen. Ist derselbe durch einen ausgiebigen Regen im Frühjahr befeuchtet und nach einigen Tagen im Stande, die Samenschale zu sprengen, so wird die

¹⁾ Botan. Jahresbericht (v. Just) 1878, p. 1033.

²⁾ Man vergleiche: „Die Berghaide der südöstlichen Kalkalpen“, Engler's Jahrb. 1883.

Keimung nur zu leicht durch ein trockenes Frostwetter aufgehalten; der Keim verliert dabei einen Theil des Wassers, bevor das Würzelchen den schützenden Untergrund erreicht und erfasst hat. Dadurch entsteht theils in Folge der Entziehung des Wassers, theils in Folge der zu raschen Unterbrechung des Temperaturganges eine Störung des Keimungsprocesses, dessen ursprüngliche Energie durch kein späteres Thauwetter mehr hergestellt werden kann: die Keimung verläuft von da an matt, selbst unter den günstigsten Umständen. Lange zögert das Würzelchen an der Oberfläche, bevor es sich in die Tiefe senkt; da aber das Wachsthum sehr geschwächt ist, so wird die Keimpflanze noch öfters in ihren noch unvollendeten ersten Stadien von trockenem Wetter und Frost überrascht, so dass man sich wundern muss, wenn überhaupt nur ein Same je vollständig auskeimt. Dieser schon anfangs inducirte Schwächezustand bleibt der Pflanze zeitlebens inhärent. Ist der Boden meilenweit streng heterothermisch, so kommt es in keinem einzigen Falle, ohne Intervention des Menschen, zu einer Baum- oder Strauchentwicklung.

Nachdem meine Beobachtungen über die Vegetationsverhältnisse des görzischen Küstenlandes, Kärntens und Krains im Laufe der letzten 15 Jahre diese Anschauung in mir gereift hatten, machte ich den vergangenen Winter Bekanntschaft mit der wichtigen Abhandlung J. D. Whitney's „Plain, Prairie and Forest“, welche dieselbe Frage behandelt (leider mir nur im Auszuge in Just's botan. Jahresber. 1878, p. 1017 ff. zugänglich), und ich kann es mir nicht versagen, zu bekennen, dass ich darüber eine lebhafte Befriedigung empfand, wenn auch Whitney vorderhand nur den Zusammenhang zwischen der Baumlosigkeit der Prairie und der geognostischen Beschaffenheit des Bodens constatirt hat (1876).¹⁾ Ich erlaube mir den Inhalt seiner Ausführungen nach dem obigen Auszuge bis auf einige Kürzungen wörtlich hier anzugeben, da ich keinen Grund habe, sonst etwas daran zu ändern, andererseits aber auf denselben ein wesentliches Gewicht lege.

Whitney hatte im Laufe von 20 Jahren vielfach Gelegenheit, Beobachtungen über die Vertheilung von Wald, Prairie und Plain anzustellen und den Ursachen, welche diese Vertheilung bedingen, an Ort und Stelle nachzuforschen. In seinen einleitenden Mittheilungen kritisirt er die verschiedenen Theorien, welche über die Bildung der Prairien aufgestellt worden sind, und theilt dann die Resultate mit, zu denen er (wie kein anderer Autor hiezu berufen) im Laufe seiner Untersuchungen gelangte.

Unter Prairien versteht Whitney jene baumlosen, von dichtem Graswuchs bedeckten Gebiete, welche sich innerhalb der Region des atlantischen Waldes ausdehnen (in Illinois, Wisconsin, Minnesota, Iowa und Missouri) und mit diesem in klimatischer Beziehung übereinstimmen, so dass andere Gründe als etwa Mangel an Feuchtigkeit u. dgl. ihre Baumlosigkeit bedingen müssen.

Um die Unabhängigkeit der Vertheilung von Wald und Prairie von klimatischen Bedingungen zu zeigen, bespricht Whitney die bezüglichen Verhältnisse

¹⁾ American Naturalist X, 1876, p. 577—588 and p. 656—667.

des Staates Wisconsin, dessen nördlicher Theil — vom Lake Superior bis zum 45. Grad nördlicher Breite — ausserordentlich dichten Laubwald trägt, in dem *Acer saccharatum* der vorherrschende Baum ist. Weiter südlich breiten sich schöne, wenn auch weniger dichte Nadelholzwälder aus, und südlich von dem hier westwärts fliessenden Wisconsinriver ist das Land von einem Gemisch von Wald (vorherrschend *Quercus*-Arten) und Prairie bedeckt. Die Regenkarten der Smithsonian Institution zeigen nun gerade die grössere Niederschlagsmenge für die Prairien an. Besonders auffallend ist der Wechsel im Charakter der Vegetation, den man beim Uebergang von Indiana nach Illinois beobachtet. Während Indiana zu sieben Achtel bewaldet ist, erscheint Illinois, der Prairiestaat par excellence, nur zu einem Viertel oder höchstens zu einem Drittel von Baumwuchs bedeckt. Auch in diesem Falle kann man die Vertheilung von Wald und Prairie in keinerlei Weise mit dem Gange der Temperatur oder mit der Vertheilung und den Mengen der atmosphärischen Niederschläge in ursächlichen Zusammenhang bringen; die Vertheilung scheint eine ganz willkürliche zu sein, so lange man sie nicht vom geologischen Standpunkte aus betrachtet.

Die eine Ansicht, welche Whitney sehr wenig stichhältig zu sein scheint, schreibt die Entstehung der Prairie jährlich wiederkehrenden Bränden zu. St. John, früher Staatsgeologe von Jowa, einer der eifrigsten Vertheidiger dieser Theorie, sagt: „Die wirkliche Ursache der gegenwärtig vorhandenen Prairien ist der Einfluss der jährlich wiederkehrenden Brände. Wären diese vor 50 Jahren verhindert worden, so würde Jowa ein bewaldeter anstatt eines Prairiestaates sein.“ Whitney bemerkt hingegen, dass diese Theorie nicht erkläre, warum nicht auch in anderen, jetzt waldbedeckten Staaten Prairien sich gebildet haben. Er sah grosse Strecken niedergebrannten Waldes in Neu-England, am Lake Superior und in den Rocky Mountains, von denen indess keine zur Prairie wurde; ferner lässt diese Lehre unerklärt, weshalb die Feuer sich nur auf relativ ebenem Boden verbreiten, Mounds und steile Flussufer dagegen umgingen, weshalb die Brände ferner gewisse rings von Prairie umgebene Waldbestände — wie die „Groves“ von Wisconsin — verschonten, und weshalb das Feuer auf die geologische Beschaffenheit des Untergrundes so augenfällige Rücksicht nahm. Einem anderen Anhänger der Feuertheorie ist allerdings die Schwierigkeit aufgefallen, welche für diese Anschauung in dem unregelmässigen Durcheinandervorkommen von Wald und Prairie liegt.

Die zweite, ungleich besser begründete Theorie nimmt an, dass die baumlosen Flächen in irgend einer Weise das Product der klimatischen Bedingungen des Landes sind. Die Temperatur kann, so weit es sich um die vorliegende Frage handelt, nicht in Betracht kommen, und ist schwerlich je in Betracht gezogen worden. Auch zeigen die Isothermen des Mississippithales, dass sie in keinerlei Weise mit dem Fehlen oder Vorhandensein von Baumwuchs in Verbindung zu bringen sind. Anders ist es mit dem Einfluss des Windes; dass heftige Winde besonders der Entwicklung des Baumwuchses schädlich sind, ist eine bekannte Thatsache, und ebenso ist klar, dass dieser Nachtheil in den Prairien sich besonders geltend machen kann. Auf die Vertheilung von Wald

und Prairie hat er jedoch anscheinend keinen Einfluss, denn man findet in den Prairien des Mississippithales oft den üppigsten Waldwuchs gerade an den dem Winde (den Nordweststürmen) am meisten ausgesetzten Stellen; an Abhängen, auf Hügeln, Kuppen und Mounds finden sich gerade jene vereinzelt Baum-complexe, die man „Groves“ nennt. Würde der Wind gar sehr schädlich wirken, so müsste man Baumwuchs an geschützten Stellen und an den der herrschenden Windrichtung abgekehrten Seiten der Erhöhungen finden.

Es bleibt also nur noch der Einfluss zu betrachten übrig, den die Vertheilung der Niederschläge auf die Anordnung von Wald und Prairie ausüben kann. Obwohl die meisten Autoren, welche die uns beschäftigende Frage behandelt haben, darin übereinstimmen, dass die Vertheilung von Wald- und Grasland mit dem Regenfalle irgendwie in Beziehung stehe, so hat doch keiner die Art dieser Beziehungen genauer erörtert und klargestellt. Von Bedeutung können hierbei nur folgende vier Momente sein, die allein oder auch combinirt einige Geltung haben können: 1. der Regen fehlt gänzlich, 2. die Niederschläge sind ungünstig durch das Jahr vertheilt, 3. das Klima ist Trockenheitsperioden unterworfen, oder 4. es herrscht ein Uebermass von Feuchtigkeit. Was den ersten Punkt betrifft, den Mangel an Niederschlägen, so geht aus den Regenkarten der Smithsonian Institution hervor, dass die typischen Prairiegebiete: Süd-Wisconsin, Illinois, Ost-Jowa, Missouri und Arkansas keineswegs durch Trockenheit ausgezeichnet sind. Für das Gebiet, welches, mit dem dichtbewaldeten Nordosten Maines beginnend, sich durch die bewaldeten Districte des nördlichen New-Hampshire, Vermonts, New-Yorks, durch die südlichen Theile Ober-Canadas, durch Michigan, Ohio und Indiania westwärts bis zum Des Moines-river erstreckt, geben die Karten einen jährlichen Regenfall von 32 bis 42 Zoll an, eine Niederschlagsmenge, die der in den Appalachegebirgen von Pennsylvanien, Virginien und Nord- und Süd-Carolina beobachteten gleichkommt. Aus den Karten geht ferner hervor, dass in den Mischgebieten von Wald und Prairie durchgehends die Niederschlagsmengen gleich sind, und dass einem durch locale Ursachen bedingten Uebermass oder Mangel an jährlicher Regenmenge nicht ein Unterschied in der Ueppigkeit oder Dürftigkeit des Baumwuchses entspricht.

So zeigt der dichtbewaldete Theil Michigans einen relativen Mangel an Regen gegenüber der in bedeutendem Umfang von Prairie bedeckten Region dieses Staates. Whitney führt noch einige andere ähnliche Fälle an, welche darthun, dass man das Fehlen des Waldes in einem beträchtlichen Theile des Mississippithales nicht einem Mangel an atmosphärischen Niederschlägen zuschreiben kann. Gegen die z. B. von J. W. Forster in seinem Werke „The Mississippi-Valley“ ausführlich vertheidigte Ansicht: „Wo immer die Niederschläge gleichmässig vertheilt und reichlich sind, haben wir mit dichtem Wald bedecktes Land, wo die Niederschläge unregelmässig vertheilt sind, haben wir die grasbedeckten Flächen, und wo die Feuchtigkeit fast ganz vorenthalten ist, die unwirthliche Wüste“, sprechen Vorkommnisse wie die folgenden. Bei Chicago, unter dem vollen Einflusse regelmässiger und reichlicher Niederschläge und in

der unmittelbaren Nähe einer grossen Wassermenge, findet sich eines der schönsten, typischsten Prairiengebiete, absolut ohne allen Baumwuchs; und umgekehrt sehen wir an dem Westabhang der Sierra Nevada den herrlichsten Wald combinirt mit der grössten Unregelmässigkeit in der Vertheilung der Niederschläge auf die Jahreszeiten. Hier sind die Niederschläge auf drei Monate beschränkt und auch der schmelzende Schnee kann den Sommer über den Boden nicht genügend feucht erhalten, da der Waldgürtel ganz unterhalb der Linie sich befindet, oberhalb welcher der Schnee eine Zeit lang liegen bleibt.

Zu seinen eigenen Untersuchungen übergehend, bemerkt Whitney: „Je länger man die Prairien studirt, desto mehr wird man dazu geführt, die geologische Natur ihres Untergrundes zu prüfen, und desto weniger wird man geneigt, für dieselbe eine klimatologische Entstehungsursache anzunehmen. Als Resultat einer grossen Anzahl von Beobachtungen, die sich über alle Prairienstaaten erstrecken, ergab sich, dass fast ohne Ausnahme die Abwesenheit des Baumwuchses mit einer ausserordentlichen Feinheit des Bodens zusammenfällt, und dass diese feinerdigen Bildungen in mächtigen Schichten vorzukommen pflegen. Ist aber die ausserordentliche Feinheit des Bodens wirklich die Ursache der Baumlosigkeit der Prairie, so können wir auch das Vorkommen und die scheinbar willkürliche Vertheilung einzelner bewaldeter Striche im Prairiengebiet erklären.“ Whitney erläutert unter Bezugnahme auf Karten, welche diese Verhältnisse darstellen, die örtliche Verbreitung der bewaldeten Complexe in den Prairiestaaten Wisconsin, Illinois, Iowa und Minnesota. Die Prairien nehmen durchgehends die ebeneren oder wellenförmigen Hochflächen („uplands“) zwischen den Flusstälern ein; bewaldete Striche finden sich im Allgemeinen entweder längs der steilen Erhebungen, welche die Flussläufe begleiten, oder sie nehmen auf den Hochflächen Stellen ein, die einige Fuss — selten gegen 100' — über die umgebende Prairie erhaben sind (die sogenannten Groves bildend).

Ueber die geologische Bildung des Prairiebodens sagt genannter Forscher: „Ganz Neu-England und New-York, ein grosser Theil von Ohio und Indiana, ganz Michigan und das nördliche Wisconsin bilden zusammen ein Gebiet, auf dessen Oberflächengestaltung die Phänomene der nordischen Drift gewaltig eingewirkt haben, indem sie fast das ganze Areal mit mächtigen Ablagerungen von grobem Geröll und Geschiebelehm bedeckten. Entweder liegen diese Glacialbildungen unmittelbar an der Oberfläche, oder sie sind nur von einer dünnen Schichte feinerer Ablagerungen (Alluvium) bedeckt. Südlich und westlich von der eben geschilderten Region ist der anstehende Fels in gleicher Weise von tiefen Schichten lockerer Bildungen bedeckt, aber diese losen Deposita haben eine ganz andere Entstehung. In diesen Gebieten zeigen sich nur sehr beschränkte Spuren der Eiszeit, und die Hauptmasse des die Oberfläche bildenden Detritus ist durch Verwitterung und Zersetzung des anstehenden Gesteins entstanden und auch allermeist an seiner ursprünglichen Lager- und Bildungsstätte geblieben. Wo hier Glacialdeposita vorkommen, sind dieselben tief mit feinerem Detritus bedeckt, der sich an Ort und Stelle gebildet hat. In einem grossen Theile

von Wisconsin und Minnesota hat man noch nicht ein einziges Geschiebegeröll gefunden. Jener auf primärer Lagerstätte gebliebene Detritus bildete sich, indem das Regenwasser beim Durchsickern durch die oberen verwitternden Schichten des Gesteins die kalkigen Bestandtheile desselben löste und die unlöslichen Verbindungen, vorwiegend Thonsilicate in Gestalt eines fast unfehlbar feinen kieselthonigen Niederschlags zurückliess. Und dieser feine Boden bildet die Hauptmasse des Prairiengrundes, dessen Feinheit gerade dem Baumwuchs feindlich zu sein scheint. Die vereinzelteten Baumbestände, welche sich in der Prairie finden, wachsen, wie es sich herausstellt, auf größerem Boden, als der in der umgebenden Ebene ist; hier hat sich durch Schlämmung der so überaus feine Boden gebildet, indem die Gewässer das Material bei langsamer Klärung absetzten, während die Anhöhen ausgewaschen wurden, so dass sie endlich nur das gröbere Material behielten.“ Soweit Whitney.

Nach meinen ganz ähnlichen Wahrnehmungen auf den Berghaiden der südöstlichen Kalkalpen und im Flyschgebiete des Karstes überraschen mich diese Resultate nicht: ich muss obiger Interpretation der von Whitney angeführten Erscheinungen vollkommen beipflichten, nachdem die klare und ausführliche Erklärung keinen Zweifel darüber aufkommen lässt, dass die Worte „klimatisch“ und „klimatologisch“ auf die atmosphärischen Potenzen zu beziehen sind; denn die nächsten Ursachen des kräftigen, schwachen oder mangelnden Baumwuchses sind doch unzweifelhaft klimatischer Natur, aber sie wurzeln nicht in der Atmosphäre, sondern im Boden, wir nennen sie daher mit Recht bodenklimatisch, da sie von der geognostischen Beschaffenheit des Bodenmaterials abhängig sind und geradezu von dieser bedingt werden.

Wenn indess White behauptet, dass die Prairie sehr leicht bewaldet werden könne, so mag das seine Richtigkeit haben: sicher steht es nicht im geringsten Widerspruche mit den Ergebnissen der Whitney'schen Beobachtungen, denn es ist nicht anders als natürlich, dass, wenn der Mensch intervenirt, sei es durch Einsetzung von Waldsamen, sei es durch Anpflanzung von Bäumchen, die meisten Nachtheile der heterothermischen Bodenverhältnisse, so weit sie auf den Keimungsprocess und die nächste Entwicklung der Baumpflanze von Einfluss sind, wenn nicht ganz aufgehoben, so doch wenigstens auf ein Minimum reducirt werden; im ersten Falle ist eine normale Keimung fast ausnahmslos möglich, auch wenn der Same nur 2—3 Cm. tief gesetzt wird, weil er doch dem Bereiche der raschesten und daher schädlichsten Schwankungen der Temperatur und der Feuchtigkeit während der ganzen kritischen Periode entzogen ist, im zweiten Falle ist der Zweck noch leichter zu erreichen, weil der jungen Baumpflanze gleich anfangs durch die 10—20 Cm. tiefe Bodendecke der schwere Kampf ums Dasein unter den so ungünstigen bodenklimatischen Verhältnissen grossentheils erspart wird. Sind die Baumpflanzen einigermaßen herangewachsen, so können sie sich selbst schützen und erhalten, und zwar in sehr wirksamer Weise im Sommer durch gegenseitige Beschattung, wodurch die zu schnelle Vertrocknung des Bodens verhindert, im Winter durch Mässigung der Bodenstrahlung, wodurch

eine zu starke Erkältung der oberen Bodenschicht hintangehalten wird. Die Nadelhölzer (mit Ausnahme der Lärche) mässigen die Wärmestrahlung des Bodens im Winter durch ihre mit Nadelblättern dichtbesetzten Kronen, die Laubhölzer dadurch, dass die im Herbst abgefallenen Blätter am Boden eine gegen den Frost wirksam schützende Lage bilden.

XIV.

So lange nicht der Mensch störend in diesen regelmässigen Haushalt des waldbildenden Baumwuchses eingreift, bleibt das harmonische Gleichgewicht durch die zweckmässigen Wechselbeziehungen der einzelnen Bestandtheile auf unberechenbar lange Zeiten erhalten: der Wald ergänzt und verjüngt sich immer, er altert nie, und weder starke Kälten noch Trockenheitsperioden können ihn lichten oder decimiren, noch viel weniger mit dem Untergange bedrohen. Welch' ausserordentliche Kälten vermag nicht die Fichte in den geschlossenen Wäldern des südlichen Sibiriens zu ertragen?

Immerhin aber gedeiht der Waldbaum im Allgemeinen auf heterothermischem Boden bei Weitem nicht so gut wie auf einem homothermischen; man kann überhaupt sagen, dass der Baum vermöge seiner ganzen Anlage, besonders aber vermöge seiner eigenartigen Constitution in seinem frühesten Jugendzustande vorzugsweise für denjenigen Boden geschaffen ist, in welchem sich die Wärme mehr gleichmässig bewegt und keine allzuschroffen Extreme darbietet. Doch verhalten sich in Betreff solcher Ansprüche an den Boden die Baumpflanzen je nach Art und Gattung verschieden. Wollte man daher aus der Ueppigkeit des Wuchses auf den Grad dieser günstigen thermischen Eigenschaft des Bodens schliessen, so müsste man gleiche Arten oder wenigstens gleiche Gattungen vor Augen haben. So dürfte z. B. die Vermuthung nicht unbegründet sein, dass die Sierra Nevada Californiens mit ihren colossalen Wellingtonien, sowie auch die Rocky Mountains mit ihren grossartigen, selbst unter 40 Grad nördlicher Breite bis 3800 m. hinansteigenden Tannenwäldern von solchen bodenklimatischen Factoren begünstigt sind.

Die mittlere Höhe der Hauptkette von Colorado beträgt 3677 m., die höchsten Gipfel erreichen 4400 bis 4500 m. Bis 1524 m. reicht die Hügel flora hinan, die Montanregion von 1524 bis 2438 m. In Utah beginnt unter 38 bis 40 Grad nördlicher Breite diese Region eigentlich erst bei 2133 m., also in einem Niveau, wo auf der Balkanhalbinsel selbst bei beträchtlichen Massenerhebungen die hochalpine Region anfängt; die subalpine Region erstreckt sich von 2438 m. bis zur Baumgrenze in 3350 bis 3810 m. Ihre Wälder sind dicht, hören an der Baumgrenze ohne wesentliche Minderung der Baumdimensionen plötzlich auf und bestehen fast ausschliesslich aus *Picea Engelmanni*, ausserdem kommen noch *Pinus aristata* (ziemlich häufig), seltener *P. flexilis*, *Picea pungens* und *Abies subalpina* vor. Die alpine Region bietet den Anblick einer Ebene oder wellenförmigen Prairie, bedeckt mit üppigem Rasen oder einem dichten Ueberzug von Weiden (*Salix desertorum* und *S. chlorophylla*). In dieser

Zone finden sich die schönsten Blumen Colorados. Bei 3962 m. wachsen noch viele üppig vegetirende Alpenen. Erst von 4115 bis 4267 m. sind die Berggipfel kahl, höchstens hie und da mit kleinen Rasen von *Poa abbreviata* und *Eritrichium villosum* var. *arctiodes* besetzt.¹⁾ Also rücken die gleichnamigen Vegetationszonen hier (39½ bis 41 Grad nördlicher Breite) 1300 m. höher als in den Centralalpen, welche den Rocky Mountains von Colorado an Massenentwicklung ziemlich gleichen, was für einen geographischen Breitenunterschied von nur 5 bis 7 Grad auffallend viel ist.

Denn selbst in den peruanischen Anden, welche 18—20 Grad dem Aequator näher liegen und zwischen den beiden Cordilleren eine mehr als 50 Meilen breite Hochebene bilden — die Punaregion —, geht die Baumvegetation so hoch, indem dort schon bei 3400 m. und tiefer die Zone der alpinen Sträucher erreicht wird.

Was sollen wir erst sagen, wenn wir auf der vulkanenreichen Hochebene von Guatemala unter 14 bis 15 Grad nördlicher Breite die Region der Coniferen von 2800 bis 3300 m. finden und am Vulkan Trasu in Costarica (10 Grad nördlicher Breite) schon mit 3150 m. die alpine Region erreichen? Sicher ist die geringere Massenentwicklung des Gebirges hier sowohl im Vergleich mit den peruanischen Anden, als auch gegenüber den Rocky Mountains von Colorado von deprimirender Wirkung, denn obiger Vulkan erhebt sich nur bis circa 3500 m. Allein die Hochebene von Guatemala schwillt auf der pacifischen Seite zu einem sehr mächtigen Gebirgswall, dessen mittlere Höhe jener der Centralalpen des Wallis nur wenig nachsteht. Hier und in der schmalen Kette von Costarica stehen in einer langgedehnten Reihe ungefähr fünfzig, zum grossen Theile noch thätige Vulkane, die sich namentlich am See von Nicaragua und westlich von der Stadt Guatemala zusammendrängen.

Die continuirliche, in zahllosen mächtigen Fumarolen (Dampfausbrüchen) sich äussernde Thätigkeit dieses Vulkansystems lässt sich mit gutem Grund als ein untrügliches Symptom hochgradiger Imprägnation der Gesteinsmassen mit Wasser betrachten, in jenen Tiefen, wo die Temperatur hoch genug ist, die eingedrungenen Wassertheilchen in Dampf zu verwandeln, denn woher soll die motorische Kraft des Vulkanismus hauptsächlich kommen, wenn nicht von der Spannkraft der starkerhitzten Wasserdämpfe? Ein Boden aber, der bis auf eine so beträchtliche Tiefe reichlich mit Wasser imprägnirt ist, muss ein Wärmedeficit haben, das mit der Annäherung an die Oberfläche successive immer grösser wird, weil der (im Vergleich mit einem wasserärmeren Untergrund) schlechter leitende Boden um so mehr Wärme absorbiert, je grösser die Zahl der Schichten ist, durch welche diese hindurchging: daher die merkliche Depression der Vegetationszonen an der Oberfläche. Wir hätten also in den Küstenstrichen von Guatemala und Costarica ein Analogon zu den Küstenländern

¹⁾ M. E. Jones, Une excursion botanique au Colorado et dans le Far West. Bulletin de la fédér. des soc. d'horticulture de Belgique 1879.

des Mittelmeerbeckens mit seinen tief herabgehenden Vegetationslinien, und ein Vergleich mit der Vertheilung der Pflanzenwelt am Aetna kann uns in dieser Ansicht nur bestärken.

XV.

Forschen wir nach der Ursache der so mangelhaften Niederschläge der Sandsteppen im Sommer, so finden wir sie ganz sicher zunächst in den oben erörterten Eigenschaften des heterothermischen Bodens, die Wasserdünste der Atmosphäre zu entziehen, in der Tiefe zu condensiren und das so entstehende Wasser festzuhalten, was natürlich auch von dem in den Boden sickernenden Wasser der Flüsse gilt, so dass es nicht verdunsten kann. Ist aber der Boden homothermisch, wie grossentheils auf den weiten, schwach geneigten Hochebenen von Innerasien, so erzeugt er gleichfalls die Steppe, denn er saugt zwar die Dünste nicht auf, er entzieht sie also der Atmosphäre nicht, aber er vermag, eben weil er schon unmittelbar unter der Oberfläche eine Temperatur besitzt, die höher ist als das Jahresmittel und mit zunehmender Tiefe noch grösser wird, die Dünste im Sommer nur in sehr unzureichendem Masse zu condensiren (in der Regel nur in der Nacht, wodurch höchstens eine schwache Thaubildung möglich wird). Es werden nur dort Niederschläge fallen, wo sich der Boden zu Bergrücken oder Gipfeln von sehr beträchtlicher Höhe erhebt. Je flacher, einförmiger und continuirlicher das Relief der Landschaft ist, desto seltener bietet es jene Unebenheiten, welche durch verstärkte Wärmestrahlung auf die Dünste anziehend und condensirend wirken.¹⁾ Man denke sich aber die Oberfläche des gebirgigen Bodens als ein System von tief einschneidenden Furchen (Längs- und Querthälern) mit steilen, scharfkantigen Rändern, abwechselnd mit einer Anzahl von mässigen Erhebungen, die aber den Charakter wildzerrissener, schluchtenreicher Gebirge haben, deren wärmestrahlende Oberfläche durch unzählige Spitzen und Kanten, Vorsprünge, Klüfte etc. mehr als verdoppelt wird, so müssten auch bei homothermischer Eigenschaft der Gebirgsart die Niederschläge reichlich sein. Allein ein solcher Fall dürfte selten vorkommen, indem die Gebirgsarten, welche gut leiten (Kalkfels, nur sehr wenig oder gar nicht wasserhältiger Porphyr, Granit, Gneiss, Syenit etc.), naturgemäss auch wenig Neigung zur Verwitterung und Vergrösserung der wärmestrahlenden Oberfläche durch die lösende und erodirende Wirkung der Gewässer zeigen. Viel leichter wird ein einförmig flacher oder wellenförmiger, sanft gewölbter oder schwach geneigter Boden in Verbindung mit guter Leitungsfähigkeit und daher homothermischer Qualität die Regel sein, wodurch die Spärlichkeit oder selbst der gänzliche Mangel der Niederschläge in doppelter Weise bedingt wird.

Da haben wir also wieder die Steppe, freilich im Gegensatz zu der des heterothermischen Bodens eine solche, welche den Baumwuchs ausserordentlich

¹⁾ In Kaschgar z. B. ist die relative Feuchtigkeit im December am grössten, sie erreicht 84 Procent, sinkt bis April und Mai auf 29 Procent herab, steigt aber dann wieder. An Luftfeuchtigkeit fehlt es also nicht.

begünstigen würde, wenn sie nur nicht so wasserarm wäre, denn die meisten Baum- und Straucharten gelangen hier nicht nur leicht zur Keimung, sondern auch zu einer enormen Entwicklung, und zwar in erstaunlichen Höhen über dem Meere, soweit die Feuchtigkeit, wenn auch nur dürftig, ausreicht; und nur der Mangel an Wasser in der Vegetationsperiode vermag den Baumwuchs wirksam zu beschränken, d. h. ihm sowohl in der Ebene als auch im Gebirge in den unteren Regionen Grenzen zu setzen.

Dieser Art sind die theils mit zersprengten Baumgruppen, theils mit Strauchvegetation bedeckten Hochsteppen von Turkestan, Tibet, die Felsensteppen und Savannen des südlichen Afrika und Neuholland, so auch die Felsenhaiden des Rhônebeckens von Wallis bei Saillon, Valère, Sierre und Tourbillon. Solche Landschaften sind durch ihre excessive Trockenheit im Sommer gekennzeichnet und grösstentheils nur bei entsprechender künstlicher Bewässerung productiv.

Entschiedener kann sich die Trockenheit des Klimas kaum irgendwo an der Vegetation zu erkennen geben als in Wallis in den stechenden Gräsern, in den farblosen oder vielmehr weisslichgrauen Artemisien, den ruthenförmigen, mit rauschenden Hüllblättern versehenen oder stacheligen Compositen, der eigenthümlichen blattlosen Form der Ephedra; dazu kommen Leguminosen von eigentlichem Steppencharakter und die Abwesenheit aller saftiggrünen Farne, welche der lederblättrige Ceterach ersetzt. Selbst die so vergängliche Frühlingsflora von Zwiebelgewächsen erinnert uns an die Steppe; wenn wir aber noch beachten, dass der Walliser gezwungen ist, an den Berggehängen den Ertrag des trockenen Bodens durch eine mühevollere Irrigation zu sichern, so kommt uns unfehlbar die gleiche Manipulation in Kaschgar, Khotan, am oberen Indus in Klein-Tibet, in Kultscha und anderen Orten in Erinnerung. Hier wie dort sind die Abdachungen der Hochgebirge sanft, mehr geneigten Ebenen als tiefgefurchten, jäh abfallenden Böschungen oder Schluchtenthälern (wie die Thäler der europäischen Kalk- und Dolomitalpen grossentheils genannt werden können) ähnlich und mit einer südländischen Strauchflora bewachsen, welche bei sehr beträchtlicher Elevation nur durch die Gunst der Bodenwärme möglich wird; nur sind diese Verhältnisse in Hochasien noch grossartiger als in den Centralalpen.

Eine Sondirung dieses Terrains mit dem Thermometer würde zeigen, dass in der Tiefe, wo die Temperatur das ganze Jahr constant wird, diese das Jahresmittel um mehrere Grade übersteigt. Dem entsprechend wären jene Bodenverhältnisse als normal zu bezeichnen, wo in der Tiefe der aufgehörenden jährlichen Temperaturschwankungen der Wärmegrad genau der mittleren Temperatur des Ortes an der Oberfläche entspricht.

Hier hätten weitere ausführlichere Forschungen anzuknüpfen; in diesen Blättern beschränkte ich mich auf den Versuch, darzuthun, dass die Ursachen, denen wir, soweit nicht historische Momente in Betracht kommen, die gegenwärtige Vertheilung der Pflanzenwelt auf der Erdoberfläche zuzuschreiben pflegen, nicht primäre, sondern secundäre Ursachen sind, weil diejenigen, welche sie in erster Instanz beeinflussen, auf geothermische Factoren zurückgeführt

werden müssen. Wenn wir z. B. fragen, was die Ursache ist, dass die Vegetationszonen am hohen Karst, der doch nur 1000 bis 1200 m. Plateauhöhe erreicht und dem Meere ganz nahe liegt, so auffallend tief herabrücken, dass hier der Weinbau schon bei 500 m., der Getreidebau bei 900 m. aufhört, — so sagen wir beim Anblick der ungeheuren Schneemassen, die seine flachen Rücken und Mulden belasten, dass es eben diese Schneemassen sind, welche, da sie erst im Sommer, im günstigeren Falle im Mai und Juni schmelzen, die Sommertemperatur so beträchtlich deprimiren, dass die Isothermen sich mehr als sonstwo gegen das Niveau des Meeres herabsenken.

Nun müssen wir aber weiter fragen: warum schmilzt der Schnee nicht früher? Die Antwort darauf lautet natürlich: weil die Menge desselben gar zu gross ist. Allein daran knüpft sich unausweichlich die weitere Frage: warum fällt dort oben gar so viel Schnee im Herbst und Winter? Die Beantwortung dieser Frage führt uns aber auf das Gebiet der geothermischen Verhältnisse der Karstländer. Es ist nämlich bereits oben nachgewiesen worden, dass sich für den Karst ein Deficit der Bodenwärme ergibt, welches nur durch die sehr schlechte Leitung des Flysch und der unter der Kalkfelsesdecke befindlichen tiefreichenden, stark zersetzten Bodenmaterialien erklärt. Dieses Deficit muss aber besonders im Herbst und Winter, wenn die Sonnenwärme bedeutend abgenommen hat, sich geltend machen, und zwar durch Ansammlung kalter Luft, welche nach und nach bei ruhiger Atmosphäre einen förmlichen kalten Luftsee (d. i. eine immer mächtiger werdende Schichte) bildet. Es müssen daher die langsam vom Meere aus der Ferne heraufziehenden dunstreichen Luftströmungen, sobald sie mit dieser kalten Luftschichte über dem Karste in Berührung kommen, die reichlichsten Niederschläge geben. Das halte ich für den Grund, warum der Karst der hyetographischen Provinz der subtropischen Herbst- und Winterregen angehört. Ist die kalte, schwere Luftschichte auf dem Karstplateau mächtig genug, die von den Niederungen aufsteigenden warmen Luftströme, die ihr lange das Gleichgewicht halten, zu verschieben, so stürzt sie — als Bora — einer grossartigen Cascade gleich, ins Thal oder gegen die Meeresküste herab, weil hier auf dem glatten Meeresspiegel die Luft am leichtesten südwärts abfliessen kann. Darum gibt sich die Bora im Allgemeinen als Nordostwind zu erkennen, d. i. als eine in Nordostrichtung sich bewegende und fallende Luftmasse (denn die Richtung gegen den Spiegel des adriatischen Meeres ist Nordost), obschon der Ursprung dieses Windes local und keineswegs im fernen Nordosten Europas zu suchen ist.

Allein den Fall angenommen, die vom Süden oder Westen ziehenden und die kalte Luftschichte streifenden Winde brächten keine oder nur sehr spärliche Dünste mit, so gäbe es natürlich auch keine solchen Schneemassen auf dem Karste im Herbst, Winter und Frühjahr; wäre aber der Karst darum weniger kalt? Ich glaube kaum, denn es ist ja die Kälte der Luft, welche in so geringen Höhen den reichlichen Niederschlag theils als Regen, theils als Schnee in der kälteren Jahreszeit veranlasst, und die Kälte der Luft kann nur von der Kälte des Bodens kommen, was sich ja auch darin zeigt, dass die Isotherme dort,

wo kein Schnee im Frühjahr liegen bleibt (bei 500 bis 900 m.), gleichfalls verhältnissmässig sehr kalt ist. Also ist die Kälte des Bodens die primäre Ursache des so auffälligen Niedersteigens der Vegetationszonen im Karstgebiete, aber auch zugleich die Ursache jener meteorologisch-klimatischen Factoren (der reichlichen Niederschläge in der kälteren Jahreszeit und der Bora), denen man auf den ersten Blick solche Erscheinungen zuschreiben möchte.

I n h a l t.

	Seite
I. Der Standpunkt Griesebach's	587
II. Der Antheil der Erdwärme an der Temperatur der Erdoberfläche ist viel grösser, als man allgemein anzunehmen pflegt.	590
III. Das Wärmeleitungsvermögen der Bodengesteine und seine Bedeutung für die Temperaturverhältnisse an der Oberfläche	592
IV. Der liburnisch-illyrische Karst im Gegensatze zu gewissen bodenklimatisch bevorzugten Gebirgslandschaften des südlichen Tirol	595
V. Verbreitung der Rebencultur in den Centralalpen mit besonderer Berücksichtigung der wallisischen Gebirge	596
VI. Mahalebkirsche und Flaumeiche am Karst und im westlichen, respective südlichen Tirol	601
VII. Die Grotte von Trebich bei Triest in ihrer Beziehung zu den geothermischen Verhältnissen des Karstes	602
VIII. Der Flysch und seine bodenklimatischen Eigenschaften	604
IX. Die Vegetationsverhältnisse der Balkanhalbinsel in ihrer Abhängigkeit von der physikalischen und geognostischen Beschaffenheit des Bodens	605
X. Uebersicht der Vegetationsverhältnisse im Küstengebirge der taurischen Halbinsel	607
XI. Depression der Alpenzone in den Dolomitalpen von Süd-Tirol Welchen Ursachen ist die so augenfällige Depression der Bodentemperatur in den Ländern des Mittelmeerbeckens zuzuschreiben?	610 612
XII. Die Baumgrenze und Verbreitung südländischer Pflanzen in Mittel-Asien: Ihr Zusammenhang mit den bodenklimatischen Factoren, im Hinblick auf die Centralalpen	613
XIII. Die Wärmestrahlung und ihre Gesetze; Leitung und Strahlung der Wärme in Bezug auf die den Boden zusammensetzenden Medien Das Grundwasser der Wüste und Steppe Die Prairien Nord-Amerikas	625 631 633
XIV. Depression der Vegetationszonen in den Küstengebirgen Central-Amerikas	639
XV. Beziehungen des homothermischen und des heterothermischen Bodens zu der Bildung der Niederschläge und den meteorologischen Bewegungen der Luft	641