

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

2535

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297319





# Der Planet Mars

**eine zweite Erde,**

nach Schiaparelli

gemeinverständlich dargestellt

von

**Prof. Dr. J. Heinr. Schmick,**

Ehrenmitglied der Görlitzer „Naturforschenden Gesellschaft.“

Mit 1 Karte und 8 Holzstichen.

---

Leipzig, 1879.

Alwin Georgi.



XXX  
1122

Do 1419

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

II 2535

Akc. Nr. 1536/49

## Inhaltsangabe.

Einleitung . . . . .	Seite 1
1. <i>Kapitel.</i> Der Planet Mars als Glied in der Weltenfamilie unseres Sonnensystems . . . . .	„ 3
2. <i>Kapitel.</i> Die Beobachtung des Mars mit bewaffnetem Auge und ihre nächsten Resultate . . . . .	„ 16
3. <i>Kapitel.</i> Die Ergebnisse speziellerer Erforschung des Mars	
<i>a)</i> in Bezug auf die vermeintlichen Schneeregionen . . . . .	„ 22
<i>b)</i> rücksichtlich der dunkleren Oberflächentheile . . . . .	„ 27
<i>c)</i> betreffs des schmalen Lichtringes um die Marsscheibe . . . . .	„ 29
4. <i>Kapitel.</i> Die Resultate der Marsforschung bezüglich der festen Oberfläche des Planeten . . . . .	„ 34
5. <i>Kapitel.</i> Welchen Einblick in die Entwicklung des Erdkörpers gestattet uns die erlangte Kenntniss der Marsoberfläche? A. . . . .	„ 40
6. <i>Kapitel.</i> Welchen Einblick in die Entwicklung des Erdkörpers gestattet uns die erlangte Kenntniss der Marsoberfläche? B. . . . .	„ 52

---



## EINLEITUNG.

---

Neben dem Erdmonde wird der Planet Mars wohl für immer die einzige Nachbarwelt bleiben, deren physische Eigenschaften und Einzelzüge der Oberfläche bis zu einem gewissen Grade der Sicherheit erschlossen werden in Folge der hohen Vervollkommnung, zu welcher die Bewaffnung des Auges schon gelangt ist und in Zukunft noch weiter gelangen wird. Die übrigen paar Weltkörper, deren Entfernung von der Erde nicht allzugross erscheinen könnte, um sie mittelst einer starken optischen Vergrösserung dem Menschen in gedachten Rücksichten bekannter werden zu lassen, oder deren riesige Dimensionen die durch grössere Abstände erzeugte Schwierigkeit zu heben scheinen, unterliegen andern die genauere Erforschung vereitelnden Umständen. Merkur tritt nie weit über den Bereich des blendenden Sonnenlichtes hinaus und strahlt selbst in einem Glanze, welcher alle Einzelheiten verwischt. Venus hat ebenso diese letztere, die Beobachtung störende Eigenschaft und dazu noch andere, ungünstigere Eigenthümlichkeiten mit Merkur gemein, welche wir bei ihm nicht weiter erwähnt haben. Zu den Zeiten, wann sie der Erde ziemlich nahe kommt, ist sie zum allergrössten Theile ihrer Scheibe für uns verdunkelt und zeigt der Erde nur eine schmale Sichel ihrer beleuchteten Seite. Zu den Zeiten ihrer grössten Elongation (ihres scheinbar weitesten Abstandes von der Sonne) ist sie bloss Halbmond und schon viel entfernter, und wenn sie mehr als zur Hälfte sichtbar wird, steht sie am weitesten von uns ab und dazu inmitten des Glanzes, welchen die Erdatmosphäre durch die wenig seitwärts befindliche Sonne erhält. Jupiter und Saturn, obschon auch scheinbar gross und nur mässig hell, sind offenbar Weltkörper, deren wirkliche, feste Oberflächen wir gar nicht sehen, weil sie von einer zusammenhängenden Hülle umgeben sind, welche keine unveränderlichen Gestaltungen unterhalb erkennen lässt. Nur bei Mars fallen hindernde Umstände besagter Natur fort. Er glänzt mit mildem Lichte auf dem dunklen Hintergrunde des Nachthimmels. Er zeigt der Erde stetig fast seine ganze erleuchtete Seite. Er kommt ihr nicht

unhäufig ziemlich nahe. Kein undurchdringlicher Schleier verhüllt seine feste Gesamt-Oberfläche auf die Dauer, und bei geduldig ausharrender Beobachtung gelingt es, die ganze wirkliche Aussenseite dieses Planeten zu sehen, da er gleich der Erde rotirt und schon nach Verlauf einiger Stunden andere Theile seiner mittleren Breiten dem irdischen Beschauer zuwendet.

Aber freilich müssen die günstigen Umstände alle zusammen kommen, wenn ein Ergebniss erreicht werden soll, welches nicht noch Wünsche innerhalb des überhaupt Erreichbaren übrig lasse. Am wesentlichsten sind, neben der andauernden Aufmerksamkeit, ein vorzügliches Fernrohr und eine passende Oertlichkeit für dessen Aufstellung, nämlich eine solche mit möglichst vielen klaren Nächten und ruhiger Luft.

Alle diese Vortheile scheinen in einem hohen Grade zusammengetroffen zu sein für die Sternwarte zu Mailand während der Opposition des Mars und hinter derselben her, im Nachsommer, Herbste und Winter 1877 und bis zum März 1878 hin, daher denn Herr *Schiaparelli*, welcher zu den besten lebenden Astronomen gehört, Resultate erzielte, wie sie vorher kaum annähernd erreicht worden waren. Dieser Gelehrte hat die Frucht seiner 1877er und 1878er Marsbeobachtungen in einer Schrift niedergelegt, welche den Titel trägt: *Osservazioni astronomiche e fisiche sul asse di rotazione e sulla topografia del pianeta Marte, fatte nella reale specola di Brera in Milano coll'equatoriale di Merz durante l'opposizione di 1877.*

Herr *Schiaparelli* wendet sich mit dieser Monographie an die Fachgenossen und hat in derselben Untersuchungen mitgetheilt, welche nur diese verstehen, und die zunächst nur für Eingeweihte Interesse haben. Daneben aber sind eine grosse Anzahl Ergebnisse in besagtem Buche zu finden, deren Verständniss auch den Gebildeten überhaupt möglich ist, und die ihnen Theilnahme abgewinnen müssen desshalb, weil sie eine Vergleichung des Planeten Mars mit unserer Erde gestatten und sogar dazu dienen können, die Einsicht in die Entwicklung und Gestaltung letzterer zu erhöhen.

Diese in eine fremde Sprache gekleideten Errungenschaften einem grösseren deutschen Leserkreise zugänglich zu machen, ist der Zweck vorliegenden Büchleins.



## 1. Kapitel.

### Der Planet Mars als Glied in der Weltenfamilie unseres Sonnensystems.

Es ist nicht anzunehmen, dass jeder der gebildeten Leser, an welche sich dieses Schriftchen richten soll, von der Schulzeit her seinen „Abriss der Astronomie“ noch so frisch im Gedächtnisse habe, um sich sofort zu recht zu finden, wenn man ihm vom Planeten Mars zu reden anfängt. Daher soll ihm zunächst hier dasjenige mitgetheilt oder wiederholt werden, was nöthig ist, um die Einordnung dieses Weltkörpers in das grosse Getriebe zu verstehen und dessen Beobachtung mit bewaffnetem Auge an diejenige anzuschliessen, welche das blosse Auge ermöglicht.

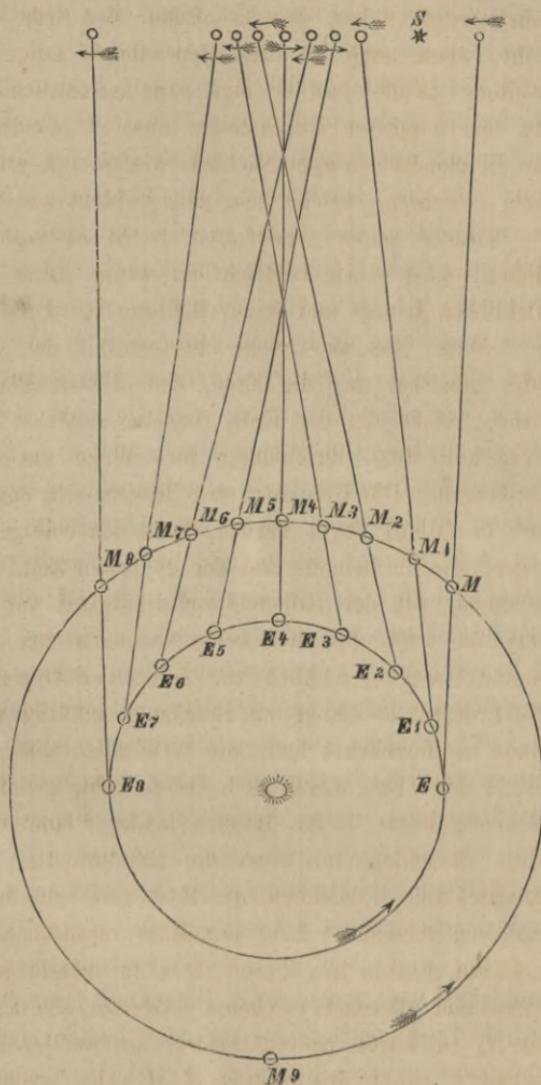
Jeder ältere Mensch erinnert sich, wiederholt in seinem Leben einen auffallend röthlichen Stern mit fast stärkstem Glanze unter seinesgleichen am Himmel stehen gesehen zu haben. Manchem wird auch aufgefallen sein, dass dieser rothe Stern seine Stellung gegen benachbarte Gestirne rasch veränderte, der Art schnell, dass sein Ort am Himmel von einem Abende zum anderen etwas, nach mehren Tagen und Wochen aber weit verschoben war. Diese Verschiebung war nach Westen hin erfolgt, ganz entgegen derjenigen, die wir beim Monde so leicht verfolgen können. Es dürfte dem einen oder anderen Beobachter mit blossem Auge auch nicht entgangen sein, wie besagter rother Stern dann mit hellstem Lichte strahlte, wann er um Mitternacht am höchsten stand, und dass er hinterher bald sehr viel blasser oder kleiner wurde, wann er seine höchste Erhebung über den Horizont schon in den früheren Abendstunden erreicht hatte. Dabei musste der Aufmerksame wahrnehmen, wie nun die Ortsveränderung auch umgekehrt gegen früher, nämlich mit der Mondbewegung übereinstimmend von Westen nach Osten hin stattfand. Jedesmal, wenn Mars — denn er war der röthliche Planet — sich so den Blicken darbot, stand er in seiner Opposition, d. h. der Sonne gerade oder annähernd gegenüber, die Erde zwischen beiden Weltkörpern befindlich gedacht. Die Oppositionen aber fanden immer nach stark zwei Jahren wieder statt, und die ganze Dauer

der auffälligen Sichtbarkeit des Mars erstreckte sich jedesmal über eine Reihe von Monaten.

Das verhältnissmässig starke Licht des Mars in seinen Oppositionen rührt erstens daher, dass er alsdann der Erde im ganzen stets am nächsten steht (wenn auch in allen Oppositionen lange nicht immer gleich nahe); zweitens daher, dass er eine ganz ansehnliche Kugel ist, von etwas mehr als dem doppelten Durchmesser unseres Mondes; drittens daher, dass wir ihn in mondscheinlosen Nächten, wie gesagt, an günstigster Stelle des Himmels gewahren, welche sein ganzes Licht zur Geltung kommen lässt. Um die Ursache seiner scheinbaren, leicht zu verfolgenden Bewegung zu verstehen, müssen wir sogleich ein wenig näher auf die Verhältnisse seines wirklichen Laufes und seiner Stellung zur Erde eingehen.

Mars, von der Sonne aus gezählt der vierte in der Planetenreihe, folgt zunächst auf die Erde, den dritten Planeten, und beschreibt eine Bahn, welche die der Erde ringsum zunächst umgibt. Beide Weltkörper, Erde und Mars, durchlaufen ihre Wege um die Sonne in verschiedenen Zeitlängen. Die Erde legt den ihrigen, den engeren und kürzeren, bekanntlich in  $365\frac{1}{4}$  Tagen zurück, Mars den seinigen in fast genau 687 Erdentagen, also in beinahe erst der doppelten Zeit. Daher rückt er am Himmel scheinbar mit der halben Geschwindigkeit vor wie die Erde, und wenn es sich nun trifft, dass sich beide Nachbarwelten auf derselben Seite der Sonne weiter bewegen, nämlich zur Zeit einer Opposition, so bleibt Mars gegen die Erde, d. h. gegen uns Beschauer auffällig zurück, und es sieht aus, als wenn er umgekehrt liefe, wie er wirklich thut, also gegen Westen, während er in der That immer nach Osten zieht, gleich der Erde. Wenn die beistehende Figur 1 die Bahnen beider Planeten, der innere Kreis die der Erde darstelle, und wenn die angebrachten Pfeile die übereinstimmende Laufrichtung bezeichnen, so lässt sich an ihr sowohl der uns Erdenbewohnern scheinbare Lauf des Mars veranschaulichen, als auch die Ursache erklären, warum uns dieser Stern zu verschiedenen Zeiten so sehr ungleich gross und glänzend erscheint. Gesetzt, die Erde befinde sich in  $E$ , Mars in  $M$ , so würde er von ersterer aus an der Stelle des Himmels zu stehen scheinen, wohin die Gerade  $EM$  weist, rechts von dem Sterne  $S$ . Nach einer gewissen kurzen Zeit wäre die Erde nach der Stelle  $E1$  auf ihrer Bahn weitergerückt, Mars auf der seinigen bis  $M1$  und würde sich nun für uns in der Richtung  $E1M1$ , oder scheinbar links von  $S$  befinden. Seine Stellung am Himmel wäre also mittlerweile von rechts nach links verschoben worden oder so, wie Mars wirklich läuft. Dieselbe Bewegung

würde dieser Planet fortzusetzen scheinen während des Zeitraumes, in welchem die Erde von  $E1$  bis  $E2$ , Mars von  $M1$  bis  $M2$  weiter geht. Von nun an würde er, wie die Richtungslinien und kleinen Pfeile andeuten, den bisherigen Lauf erst verzögern, dann darin innehalten und schliesslich scheinbar von links nach rechts rückschreiten während der Zeiten, in welchen die Erde nacheinander die Strecken von  $E3$  bis  $E5$ , Mars die seinigen von  $M3$  bis  $M5$  zurücklegte. Von  $E5$  und  $M5$  an weiter dagegen würde wieder diese scheinbare Ortsveränderung des Mars sich erst verlangsamen, dann ganz aufhören und endlich von neuem der Richtung nach in Uebereinstimmung mit seiner wirklichen stehen und so um die ganze Bahn herum bis zu einer Zeit, wann er abermals durch seinen langsameren Gang dazu käme, sich mit der Erde zugleich an derselben Seite der Sonne zu befinden. Seine für die Erde scheinbar rückläufigen Schritte erstrecken sich demnach immer nur auf einen kleinen Theil seiner Bahn um die Sonne, welcher Theil halb vor, halb hinter die Opposition fällt. Er kann von 61 bis 82 Tage (der Erde) lang sein, wie wir das bald gleichfalls leicht verstehen werden.



Figur 1.

Unsere Figur vermag noch den anderen erwähnten Umstand der Beob-

achtung mit blossen Auge, die sehr verschiedene scheinbare Grösse des Mars während seiner Sichtbarkeit, auf folgende Art zu veranschaulichen. Vergleichen wir die Stellungen  $E M$  und  $E 4 M 4$  miteinander, so finden wir, dass in der ersteren Mars etwa doppelt so weit von der Erde abstehe als in letzterer. Der Abstand  $E M$  wäre aber bei weitem noch nicht der grösste, welcher zwischen beiden Planeten vorkommen könnte. Stände die Erde in  $E 4$  und Mars etwa in  $M 9$ , so würde diese letztere Entfernung nach unserer Zeichnung fast das 6 fache des Abstandes  $E 4 M 4$  sein. Da die Lichtstärken nun abnehmen, wie die Quadrate der Entfernungen wachsen, eine 6 mal so weit entlegene Lichtquelle 36 mal so wenige Strahlen zu einer gleichgrossen Flächenstelle sendet, so würde Mars in dem Abstände  $E 4 M 9$  fast 36 mal so wenig hell, oder, wie wir sagen, so klein erscheinen als in dem von  $E 4 M 4$ . Vor und nach seiner Opposition lässt sich dieser Planet, bei Aufmerksamkeit auf ihn, mit blossen Auge verfolgen, bis seine Entfernung von der Erde etwa 3 mal so gross geworden ist wie in der Opposition selbst, und es fällt uns demnach sein starker Verlust an Glanz darum so sehr auf, weil derselbe alsdann zu einem Neuntel der grössten Helligkeit herabgesunken ist. Mit Fernrohren lässt sich dem Sterne bis zu noch weit bedeutenderen Abständen nachgehen, nicht aber bis zu grössten, weil er bei diesen auf längere Zeit in den Sonnenstrahlen verschwinden muss, wie an unserer Abbildung für die Stellung  $E 4 M 9$  zu sehen. Man nennt diese letztere Sachlage, eine anscheinende Begegnung des Mars mit der Sonne, seine Konjunktion.

Wir wollen nun dazu übergehen, schrittweise alles das kennen zu lernen, was die Astronomen durch genaueste Beobachtung über den Lauf des Mars und dessen Verhältniss zur Jahresbewegung der Erde wissen, und was zu einer genaueren Kenntniss dieses für uns so interessanten Weltkörpers sowohl erforderlich ist, als auch wiederum zu einer solchen immer mehr geführt hat.

Da, wie schon gesagt, die Umlaufszeit des Mars um die Sonne (ein Marsjahr) fast genau 687 Erdentage lang ist, die der Erde aber nur  $365\frac{1}{4}$  Tage beträgt, so vollendet letztere fast einen Doppellauf während eines einzigen ihres Nachbars. Es fehlen an einem solchen, der  $2 \cdot 365\frac{1}{4} = 730\frac{1}{2}$  Tage erfordert, nur noch  $43\frac{1}{2}$  Tage, welche fast genau  $\frac{1}{17}$  tel des Doppellaufes betragen. Während die Erde dieses  $\frac{1}{17}$ tel zurücklegt, ist Mars um ebenso viele Erdentage weiter gegangen, muss demnach erst von der Erde eingeholt werden, ehe beide Weltkörper wieder ebenso zusammen stehen wie am Anfange des zweifachen Sonnenumlaufes der Erde.

Wenn wir daher die Vergleichung beider Bewegungen z. B. von einer Opposition zur anderen anstellen, so folgt aus dem Gesagten, dass eine solche sich immer erst nach 2 Erdenjahren und einer gewissen Anzahl von Tagen wieder einstellen könne. Diese Anzahl Tage ist leicht zu bestimmen. Sie wird eingebracht durch eine Anzahl der Strecken, um deren eine die Erde täglich schneller zu gehen scheint als Mars. Diese grössere Schnelligkeit ergibt sich dem relativen Maasse nach, wie folgt: Die beiderseitigen scheinbaren Geschwindigkeiten verhalten sich umgekehrt wie die Zahlen der Tage beider Laufedauern, folglich ist die der Erde gleich 687 gegen 365 des Mars, oder doppelt so gross, weniger  $\frac{1}{17}$  tel. Dieses  $\frac{1}{17}$  tel ist mithin von der etwa halb so grossen Marsgeschwindigkeit  $\frac{1}{17} \cdot 2 = \frac{2}{17}$ , so dass die Erde ihren Konkurrenten täglich um  $\frac{15}{17}$  tel seines Tagesschrittes überholt.  $43\frac{1}{2}$  Tage werden somit in  $43\frac{1}{2} : \frac{15}{17} = 49\frac{3}{10}$  (rund 50) Tagen eingebracht, und jede nächste Opposition fällt 2 Jahre 50 Tage nach der letztvorhergegangenen.

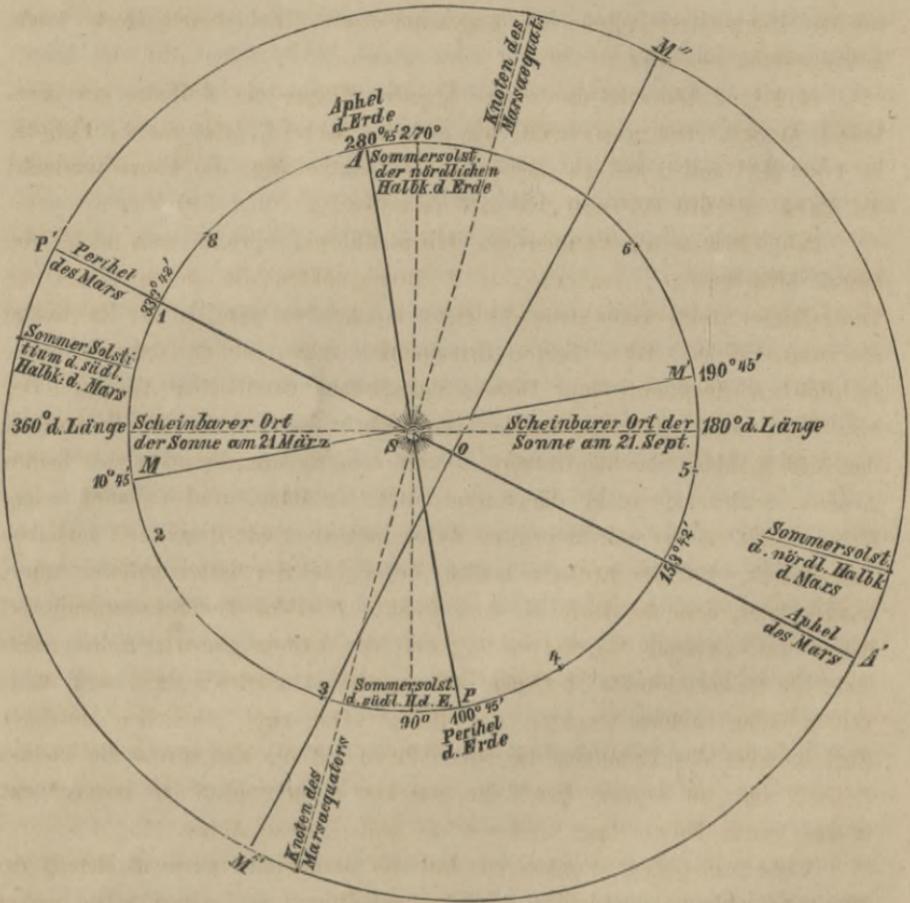
Daraus ergibt sich, dass aufeinanderfolgende Oppositionen des Mars an von Westen nach Osten aufeinanderfolgenden Stellen der Erdbahn (Ekliptik) stattfinden, welche Stellen um Strecken von je 50 Tagen auseinander liegen. 7 solcher Strecken reichen daher über  $7 \cdot 50 = 350$  Tage, oder bis auf eine Strecke von 15 Tagen um die ganze Erdbahn herum, so dass jede achte Opposition wieder beinahe auf den Bahnort der achten vorher und nur um eine kurze Strecke früher trifft. 3 mal 15 Tage bilden aber wieder nahezu den Abstand zweier aufeinanderfolgender Oppositionen, wonach jede 22 ste fast in demselben Punkte der Ekliptik sich ereignet, wie die 22 ste vorher. (Welche Abweichungen der Zeit- und Ortsabstände bei sukzessiven Oppositionen statthaben, wird bald gezeigt und erklärt werden können.)

Der vorstehend dargelegte Sachverhalt ist sehr wichtig für die Beobachtung des Mars mit bewaffnetem Auge, wie die weiteren Auseinandersetzungen ergeben.

Gehen wir daran, nebenstehende, nach Gestalt und gegenseitiger Lage richtige Zeichnung der beiden Bahnen von Mars und Erde, Fig. 2, näher zu studiren.

Der Astronom denkt sich die Erdbahn zunächst als Kreis auf den Himmel projiziert und in 360 Grade ( $^{\circ}$ ) oder gleiche Stücke eingetheilt. (Jeder Grad zerfällt wieder in 60 Minuten ( $'$ ), jede Minute in 60 Sekunden ( $''$ )). Als Nullpunkt dieser Theilung, wohin also die Ziffer  $360^{\circ}$  zu stehen kommt, nimmt er denjenigen an, in welchem der Mittelpunkt der

Sonnenscheibe am 21. März, von der Erde aus gesehen, zu stehen scheint, und von diesem Punkte aus zählt er die Grade, welche solche „der Länge“ genannt werden, von Westen nach Osten herum, oder in umgekehrter Richtung der Bewegung der Uhrzeiger. Demnach steht das Sonnenzentrum in  $90^\circ$  der Länge am 21. Juni, in  $180^\circ$  am 21. September, in  $270^\circ$  am 21. Dezember. Von der Sonne aus gesehen aber würde die Erde immer gerade



Figur 2.

entgegengesetzt zu stehen scheinen, sich am 21. März in  $180^\circ$ , am 21. Juni in  $270^\circ$ , am 21. September in  $360^\circ$ , am 21. Dezember in  $90^\circ$  befinden. Eine solche Eintheilung ist eins der Erfordernisse, um die scheinbaren und wirklichen Bewegungen der Himmelskörper bestimmt aufzufassen und andern verständlich zu machen.

Da alle Weltkörper nicht Kreise, sondern Ellipsen (längliche Zirkel oder Eiliniën) um andere beschreiben, so haben diese Bahnen einen längsten und einen kürzesten Durchmesser, deren ersteren man ihre „grosse Achse,“ den letzteren die „kleine Achse“ nennt. Beide Achsen schneiden einander unter rechten Winkeln in ihren beiden Mitteln. Beide haben für eine gegebene Zeit eine feste Lage gegen den Weltenraum, welche Lage sich zwar stetig im umgekehrten Sinne wie der Gang der Uhrzeiger ändert, aber mit solcher Langsamkeit, dass der Lageunterschied eines Jahrhunderts kaum nennenswerth erscheint.

In Fig. 2 bedeutet die innere kleinere Ellipse die Erdbahn mit ihren beiden Achsen. Die grosse trifft, wie es gezeichnet ist, jetzt auf die Ekliptik in  $100^{\circ} 45'$  und  $280^{\circ} 45'$  der gedachten Eintheilung; die kleine schneidet die Bahn in  $190^{\circ} 45'$  und  $10^{\circ} 45'$  derselben.

Bei Ellipsen als Bahnen der Himmelskörper spricht man nicht von einem Mittelpunkte, sondern von 2 Brennpunkten, in deren einem die Zentralkugel steht, um welche die Bahn beschrieben wird, in der Zeichnung die Sonne in *S*. Diese beiden Brennpunkte liegen auf der grossen Achse in gleichen Abständen vom Durchschnittspunkte der beiden Achsen. Der eine dieser zwei Abstände, welcher uns wichtig ist, weil er die Entfernung des Mittelpunktes des Zentralkörpers von dem Kreuzungspunkte der beiden Achsen ausdrückt, heisst die Exzentrizität der Bahn, und er wird seiner Grösse nach an der halben grossen Achse gemessen, als Bruchtheil derselben ausgedrückt. Bei der Erdbahn beträgt er  $\frac{1}{60}$  stel der halben grossen Achse, woraus folgt, dass die Erde in dem Punkte *P* (Perihel = Sonnennähe) der Sonne um zweimal  $\frac{1}{60}$  stel =  $\frac{1}{30}$  stel der halben grossen Achse näher steht als in dem Punkte *A* (Aphel = Sonnenferne), zugleich aber auch näher als in allen andern Punkten der Bahn. Die zwei jährlichen mittleren Entfernungen der Erde von der Sonne fallen auf die Endpunkte der kleinen Achse, und sie werden durch die Strecken *S M* und *S M'* ausgedrückt, welche genau ebenso lang sind wie die halbe grosse Achse.

Ueber alle diese Punkte ist nun die Astronomie auch in Betreff der Marsbahn, der äusseren hier gezeichneten Ellipse, im reinen. Die grosse Achse *P' A'* derselben hat heute die Eintheilung der Ekliptik in den Punkten  $333^{\circ} 42'$  und  $153^{\circ} 42'$  zu durchschneiden. Die halbe Länge dieser Linie verhält sich zur halben grossen Achse der Erdbahn wie fast 32:20, ist also  $1\frac{3}{5}$  mal so gross. Nun aber steht die Sonne für die Marsbahn um stark den zehnten Theil der halben grossen Achse von deren Halbirungspunkte in *O* entfernt (exzentrish) nach *P'* hin, so dass die Sonnennähe für

Mars in  $333^{\circ} 42'$  liegt, die Sonnenferne an dem schon bezeichneten Orte gegenüber, der eine Punkt mittlerer Entfernung,  $M''$ , in  $243^{\circ} 42'$ , der andere,  $M'''$ , in  $63^{\circ} 42'$ .

Wenn Fig. 1 uns im allgemeinen über die Ungleichheit der Marsabstände von der Erde belehrte, so haben wir in Fig. 2 die genaue Veranschaulichung derselben. Der kleinste Abstand liegt offenbar nahe an oder in  $P'$  und beträgt bei einer Opposition dieser Stelle  $7\frac{3}{4}$  Millionen Meilen. Die grösstmögliche Entfernung, während einer Konjunktion in  $A'$ , erreicht 55 Millionen Meilen oder stark das Siebenfache der geringsten. Die mittlere Distanz, gleich der halben grossen Achse der Marsbahn 32 Millionen Meilen betragend, zeigt uns den Planeten mit 16 mal so schwachem Lichte als die günstigste Opposition. Wenn wir uns den besprochenen Turnus von 7 Oppositionen rings um die Ekliptik antragen und, wie in unserer Figur geschehen, durch die Ziffern 1, 2, 3 etc. andeuten, so finden wir, dass der Planet nach je zwei Jahren der Erde sehr verschieden nahe kommt und uns bei einer Opposition in oder nahe an  $A'$  dreimal blasser (kleiner) erscheint als bei oder in  $P'$ .

Die Astronomen werden daher für die Beobachtung und Untersuchung der Marsoberfläche Oppositionen letzterer Lage vorziehen, weil es einen gewaltigen Unterschied macht, ob der Durchmesser eines Gegenstandes am Himmel schon ohne künstliche Vergrösserung doppelt und mehrfach so gross sich darstelle.

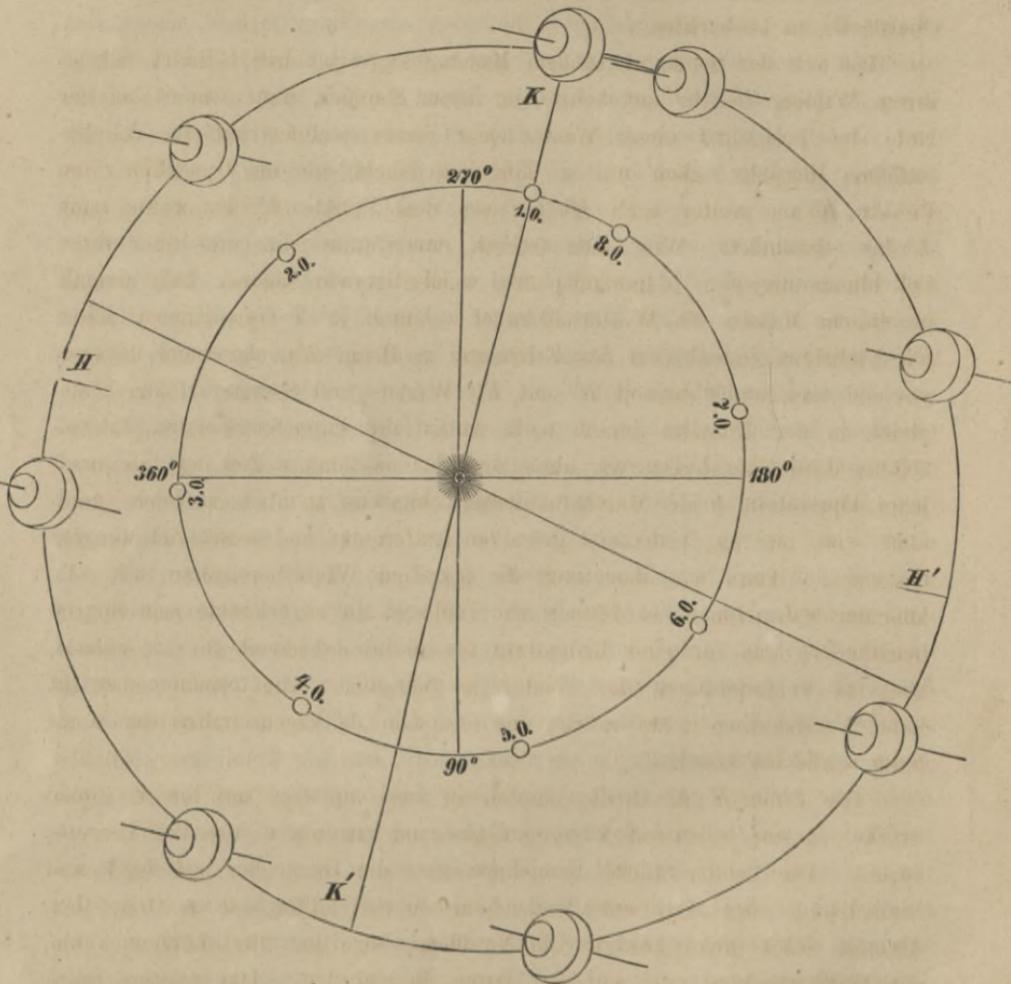
Wenn unsere heutigen besten Hilfsmittel die Marsscheibe derartig vergrössern, dass ihr scheinbarer Durchmesser ebenso leicht und genau geschätzt und gemessen werden kann, wie der des Mondes durch das blosse Auge, so fällt für das gewöhnliche Sehen eine solche Möglichkeit fort, und es nimmt nur Lichtstärke, keine Scheibe wahr. Das wird jedermann begreiflich, wenn er hört, mit welchem winzigen scheinbaren Durchmesser das unbewaffnete Auge den Mars erblickt im Vergleiche zu dem des Mondes. Wann Mars uns am allernächsten steht, so erreicht sein scheinbarer Durchmesser die Länge von 25 Sekunden. Diese Ausdehnung ist der 77ste Theil der entsprechenden des Mondes. Bei weitestem Abstände des Mars von der Erde schrumpft sein scheinbarer Durchmesser auf 3,3 Sekunden zusammen, eine Grösse, welche erst bei 565 maliger Aneinanderreihung die uns bekannte Breite der Mondscheibe erreichen würde.

Die Beobachtung des Mars durch starke Fernrohre führte zu der Entdeckung, dass er sich in nahezu 24 Stunden 40 Minuten einmal um sich selbst drehe, und zwar (nach Herschel) um eine Achse, welche nicht senkrecht auf der Ebene seiner Bahn steht, sondern mit derselben einen Winkel

von  $61^{\circ} 18'$  bildet. Der Aequator des Mars ist mithin gegen seine Bahnebene um  $28^{\circ} 42'$  geneigt. Diese Neigung behält eine und dieselbe Lage gegen den Weltenraum (wenigstens ziemlich für die Dauer eines Menschenlebens, Jahrhunderts), und sie wird bezeichnet durch zwei Punkte der festen Eintheilung der Ekliptik. Zwei gegen einander geneigte Ebenen nämlich, wenn man sie nach allen Seiten in Gedanken verlängert, schneiden einander in einer geraden Linie. So schneidet also die Ebene des Marsäquators, nach allen Richtungen weit über den Planeten hinaus fortgesetzt gedacht, die Ebene seiner Bahn, und die Schnittlinie wieder kreuzt die Marsbahn in zwei Punkten oder Knoten (K), welche man an der beinahe parallel liegenden Ekliptik markirt. Sie liegen dort in  $257^{\circ} 30'$  und gegenüber in  $77^{\circ} 30'$ .

In unserer Fig. 3, welche abermals Ekliptik und Marsbahn, mit Weglassung einiges vorher Betrachteten, darstellt, ist die gedachte Durchschneidungslinie  $K K'$  gezogen, und sind die zwei Durchschnittspunkte angegeben. Rings um die Marsbahn herum findet sich der Planet achtmal mit seiner gleichbleibenden Achsenstellung gezeichnet, welche letztere durch eine dieselbe andeutende, über die Pole hinaus verlängerte Gerade noch besonders hervorgehoben ist. Ein kleiner Kreis und ein Stück eines zweiten, der erste etwa ein Polarkreis, der andere der sichtbare Bogen des Aequators der Marskugel, erhöhen die Anschaulichkeit der Achsenschräge und deuten an, welche Halbkugel des Planeten in jeder der acht Stellungen und auf der einen und anderen Seite der Linie  $K K'$  von der Erde aus ganz gesehen wird. Wenn das nach oben und links gerichtete Achsenende das nördliche, das unter der Kugel hervorstehende und nach rechts zeigende das südliche bezeichnet, so sehen wir, dass bei allen Oppositionen links von der Linie  $K K'$  von der Erde aus nur die südliche Marshemisphäre in Folge der Rotation vollständig überschaut wird, und ein Theil der nördlichen unsichtbar bleiben muss, rechts von dieser Linie dagegen nur die nördliche Halbkugel ganz zu erblicken ist und bloss ein längs des Aequators liegender breiterer Streif der südlichen. Am weitesten wird der irdische Beobachter über den südlichen Marspol hinaussehen, wann eine Opposition genau in denjenigen Punkt der linken Marsbahnhälfte fällt, in welchem die Drehungsachse senkrecht auf der Bahn zu stehen scheint; am weitesten wird der sichtbare Bereich über den nördlichen Marspol hinausgehen, wann eine Opposition genau in dem entsprechenden Punkte der rechten Bahnhälfte stattfindet. In den Punkten  $K K'$  wird man von der Erde aus beide Pole des Mars an dessen Rande und von seiner Nord- und Südhalbkugel gleich viel sehen.

Wenn die hier dargestellten 8 Oppositionen nach der früheren Auseinandersetzung genau an die gezeichneten Orte der Mars- und Erdbahn fallen würden, wofern die erste, mit 1.0. (erste Opposition) bezeichnete genau in dem Punkte *K* stattgefunden hätte, so würde man also in den drei nächsten Oppositionen (2.0., 3.0., 4.0.) die Südhalbkugel des Mars ganz



Figur 3.

überschauen, in den drei weiteren (5.0., 6.0., 7.0.) dagegen hauptsächlich die nördliche erblicken. Annähernd so muss es nun immer sein, da sich bei jedem 15jährigen Turnus sämtliche Bahnörter der Oppositionen durchschnittlich bloss um den Abstand 1.0.—8.0. von Osten nach Westen oder

rückwärts verschieben. (Von einer stehenden kleinen Unregelmässigkeit bei dieser Verschiebung später.)

Der so von  $7\frac{1}{2}$  zu  $7\frac{1}{2}$  Jahren sich langsam umkehrende Anblick des Mars in seiner Erdnähe ist uns terrestrischen Beschauern von grosser Wichtigkeit für die Kenntniss und Beurtheilung dieses Weltkörpers, weil wir so in den Stand gesetzt werden, einen etwaigen Jahreszeiten-Wechsel an seiner Oberfläche zu beobachten.

Die von der Sonne abgekehrte Marshalbkugel nämlich befindet sich in ihrem Winter, die ihr zugekehrte in ihrem Sommer, ganz wie es bei der Erde der Fall, und dieser Winter oder dieser Sommer hat für das betreffende Marsjahr schon um so länger gedauert, als die Opposition vom Punkte  $K$  aus weiter nach  $K'$  hin von dem Punkte  $K'$  aus weiter nach  $K$  hin stattfindet. Wir sehen freilich immer nur ganz und über ihren Pol hinaus diejenige Marshemisphäre, welche gerade Sommer hat, niemals in diesem Maasse die Winterhalbkugel. Unter je 7 Oppositionen sehen wir höchstens einmal (auf der Zeichnung z. B. in  $K$ ), manchmal dagegen zweimal annähernd (unweit  $K$  und  $K'$ ) Winter- und Sommerhalbkugel zugleich in der Erdnähe gerade nach Ablauf der entgegengesetzten Jahreszeiten; dazu überblicken wir auch sowohl eine längere Zeit vor als nach jeder Opposition beide Marshalbkugeln wenigstens ziemlich zugleich, dann aber stets nur aus bedeutend grösserer Entfernung und somit viel weniger bestimmt. Wenn wir aber auch die jeweilige Winterhemisphäre nie vollkommen wahrnehmen, so können wir vielleicht an zurückgelassenen Spuren beurtheilen, was für eine Bedeutung die rauhe Jahreszeit für sie gehabt, was für Veränderungen der Winter im Vergleiche zum Sommer bewirkt habe, Veränderungen, auf welche uns nachstehende Eigenschaften der Marsbahn schliessen lassen:

Die Linie  $K K'$  theilt dieselbe in zwei auffällig verschieden grosse Stücke, in ein bedeutend kürzeres links und ein um ebenso viel längeres rechts. Die beiden Stücke bezeichnen aber die Dauer der auf Nord- und Südhalbkugel des Mars entfallenden warmen und kalten Jahreszeiten. Das kleinere Stück links besagt: Die Nordhemisphäre hat zwei kürzere kühle, die Südhemisphäre zwei kürzere warme Jahreszeiten. Das grössere Stück rechts ist gleichbedeutend mit den Sätzen: Die Nordhalbkugel des Mars erfreut sich zweier längeren warmen Jahreszeiten; seine Südhalbkugel ist dem Einflusse zweier längeren kalten ausgesetzt.

Diese so angedeuteten Gegensätze sind aber offenbar noch grösser, als die blosse ungleiche Zweitheilung der Marsbahn schliessen lässt. Während

nämlich der Planet das Bahnstück links von  $K K'$  durchläuft, befindet er sich vorherrschend in seiner Sonnennähe und geht, wegen der sehr erheblichen Exzentrizität der Bahn, beträchtlich schneller. Während er dagegen das Bahnstück rechts von  $K K'$  zurücklegt, ist er überwiegend in seiner Sonnenferne und bewegt sich im ganzen viel langsamer vorwärts. Ein kürzerer Weg, rascher durchlaufen, kostet selbstverständlich in diesem doppelten Verhältnisse weniger Zeit, als ein längerer Weg bei langsamerem Gange. Daher fallen auf das Bahnstück links von  $K K'$  nur  $296\frac{1}{3}$  Marstage, auf das rechts dagegen  $372$  derselben, oder  $75\frac{2}{3}$  mehr. (Bei der Erde beträgt ein entsprechender Unterschied jetzt nur  $7$  Tage.)

Wenn wir noch weiter untersuchen wollen, wie viele Marstage auf jede einzelne der vier Jahreszeiten entfallen, so haben wir nur zuzusehen, wie die Laufgeschwindigkeit des Planeten sich auf dieselben vertheilt. Das Bahnstück links von  $K K'$  wird durch Herbst und Winter der Nordhalbkugel (Frühling und Sommer der südlichen) in zwei gleiche Stücke  $K H$ ,  $H K'$  zerlegt. In das erste fällt die allergrösste Eile der Fortbewegung und gar kein langsamerer Gang, daher beansprucht es nur  $147$  Tage. In das zweite fällt nur mehr ein Theil des rascheren Ganges, dagegen auch schon ein langsamerer, daher kostet es  $149\frac{1}{2}$  Tage. Das Bahnstück rechts von  $K K'$  wird durch Frühling und Sommer der Nordhalbkugel (Herbst und Winter der südlichen) ebenfalls in zwei genaue Hälften  $K' H'$ ,  $H' K$  zerfällt. Die erste erstreckt sich über die allerlangsamste Ganggeschwindigkeit hinaus und wird darum erst in  $191$  Marstagen zurückgelegt. Die zweite enthält nur mehr einen minder zögernden Lauf und reicht schon bis zu einem rascheren hin, wesshalb die hier verwendete Zeit nur  $181$  Tage beträgt.

Da somit die Längen der einzelnen Jahreszeiten des Mars ganz genau bestimmt sind; da ferner der Ort desselben in seiner Jahresbahn jederzeit genau festgestellt werden kann; da sich schliesslich diese Stellung immer durch eine Tageszahl nach Anfang oder vor Ende der Jahreszeit ausdrücken lässt: so kann man diese Daten in Vergleich stellen zu solchen in den Jahreszeiten der Erde und sagen, eine gewisse Marszeit entspreche einer gewissen terrestrischen. Habe z. B. Mars  $99$  Tage seines südlichen Sommers (nördlichen Winters) vollendet und den  $100$  sten erreicht, so wären  $\frac{2}{3}$  dieser Jahreszeit vergangen und das letzte Drittel derselben eben begonnen. Mit einem irdischen Datum ausgedrückt, wäre der Planet alsdann für den südlichen Sommer am  $62$  sten Tage nach dem  $21.$  Dezember oder  $21.$  Februar angekommen, demnach bei einer Temperaturvertheilung, wie sie auf Erden

dieses Datum und der 21. August bezeichnen. Es ist somit sehr einfach, festzustellen, welche Veränderungen ein gewisser Marszeitraum in der Beschaffenheit seiner Oberfläche hervorgebracht haben könne, falls diese ähnlichen oder gleichen Bedingungen unterliege wie die unserer Heimatwelt.

Nachdem wir nun auf die sehr ungleiche Laufgeschwindigkeit des Mars in seiner Jahresbahn hingewiesen und die entsprechende der Erde beiläufig mit ihr verglichen haben, können wir schliesslich zwei oben versprochene Erklärungen mit Hilfe dieses Umstandes erledigen. Sehen wir uns noch einmal die Figur 2 an. Das Perihel der Erdbahn liegt heutzutage schräg gegenüber dem des Mars. Ersteres befindet sich in  $100^{\circ}$  der Länge, letzteres in  $333^{\circ}$ . Der Längenabstand beider Sonnennähen ist also, nach der einen Richtung herum,  $127^{\circ}$  oder ein starkes Drittel des ganzen Kreises, nach der anderen  $233^{\circ}$  oder fast zwei Drittel desselben. Die Sonnennähen bezeichnen die Mitten derjenigen Bahnhälften, in denen beide Planeten am raschesten ziehen, und diese rascheren Vorwärtsbewegungen liegen somit gleich verschieden. Um Oppositionen des Mars in oder näher an seinem Perihel, besonders um die, welche auf Längen zwischen etwa  $270$  und  $333^{\circ}$  liegen, fällt sein schnellerer Lauf zusammen mit einem langsamsten oder langsameren der Erde. Er bleibt demnach weniger gegen sie zurück, bewegt sich weniger rasch scheinbar verkehrt, nach Westen, und dafür dauert es natürlich in demselben Verhältnisse länger, bis er wieder rechtläufig wird. Der grösste Unterschied gegen das mittlere Zeitmass ( $70\frac{1}{2}$  Tage) kann  $9\frac{1}{2}$  Tage betragen. Bei Oppositionen in oder nahe dem Aphel des Mars dagegen, besonders bei solchen, welche in das Stück der Ekliptik von etwa  $63$  bis  $153^{\circ}$  der Länge fallen, tritt das Umgekehrte ein. Die Erde schreitet am schnellsten oder schneller, der Mars langsamer oder am langsamsten vor. Er wird rascher überholt, bewegt sich rascher scheinbar rückwärts und kommt früher wieder zur Rechtläufigkeit. Auch diese kürzere Dauer scheinbar verkehrten Ganges kann im Maximo  $9\frac{1}{2}$  Tage gegen den mittleren Betrag ausmachen.

Eine vollkommen gleiche Bewandniss hat es mit einer ungleich weiten Aufeinanderfolge der Orte in der Ekliptik, an denen Oppositionen stattfinden. Sie liegen in grösseren Abständen dort, wohin die grössere Laufgeschwindigkeit des Mars, die geringere der Erde fällt, näher zusammen in demjenigen Bogen der Ekliptik, wo das Umgekehrte der Fall. Das im Mittel um 50 Erdentage von Opposition zu Opposition übergreifende Stück der Marsbahn muss länger werden nach dem doppelten Verhältnisse grösserer Mars-, kleinerer Erdgeschwindigkeit, kürzer in dem doppelten

Verhältnisse des geraden Gegentheiles. Für den ganzen Turnus von 15 Jahren aber, gleichviel von welcher Opposition an er gerechnet werde, gilt immer die weiter oben dargelegte Regel, weil sich zwischenzeitlich alle Einzel-Abweichungen ausgeglichen haben.

Das Bisherige wird einstweilen genügen, um nachfolgende Beobachtungen und Betrachtungen, zu welchen es eine Voraussetzung bildet, völlig zu verstehen. Etwaiges Zusätzliche wird gegeben werden, wo es erforderlich ist.

## 2. Kapitel.

### Die Beobachtung des Mars mit bewaffnetem Auge und ihre nächsten Resultate.

Das Sternchen, dessen scheinbaren Durchmesser wir, wie erwähnt, wegen seiner winzigen Kürze mit blossem Auge nicht schätzen können, wird durch die mächtigen optischen Instrumente, welche man heute auf dasselbe richtet, in eine ansehnliche Scheibe verwandelt. Wenn man z. B. eine 400malige lineare Vergrößerung anwendet, was die oft recht ruhige Atmosphäre südlicher Länder gestattet, so erblickt man den Mars im günstigsten Falle mit einem scheinbaren Durchmesser von  $400.25'' = 166\frac{2}{3}'$  oder stark dem fünffachen Betrage der uns bekannten Vollmondbreite. Fünfmal dieselbe nebeneinander gestellt und das zur Scheibe gerundet, ist eine Fläche, auf welcher man schon ziemlich viele Einzelheiten sehen muss, wenn sie da sind und nicht verdeckt werden. Wir können uns die so erreichte Vergrößerung noch besser vergegenwärtigen, wenn wir einen Feldstecher auf den Mond richten. Am grossen Fernrohre aber ist der im Sehen Geübte noch in einem wesentlichen Vortheile gegen den Mondbeschauer mit schwachem Fernglase desshalb, weil sein Sehobjekt ein gedämpftes Licht in's Auge sendet und nicht eine solche Flut von hellen Strahlen wie die des Mondes, welche blenden und die deutliche Wahrnehmung von Einzelheiten erschweren. Stärkere Vergrößerungen als 400malige könnten wohl auch noch Anwendung finden, wenn die Luft ganz ruhig wäre, und wenn das Teleskop ein möglichst grosses Vorderglas (Objektiv) besässe, um recht viele Lichtstrahlen zu sammeln. Bei der gewöhnlichen Unruhe der Luft aber nützt eine stärkere Vergrößerung nicht nur nicht, sondern wird schädlich. Sie erweitert nämlich auch die zitternden und hüpfenden Bewegungen des Gesehenen, und da dem Auge die Fähigkeit abgeht, den hin

und her, auf und ab springenden Lichtstrahlen mit gleicher Schnelligkeit zu folgen, so sieht es die grösseren Bilder nur verschwommen, dazu aber auch viel matter ohne ein der Vergrößerung entsprechendes grösseres Objektiv.

Wie stellt sich nun Mars bei den angegebenen scheinbaren Dimensionen im Sehfelde eines der starken heutigen Fernrohre dar?

In der Opposition, wann ihn unser Sehstrahl ungefähr genau so trifft wie das ihn beleuchtende Sonnenlicht, erscheint er als eine vollkommen runde Scheibe. Dieselbe hat in einem gewissen Grade die röthliche Färbung verloren, welche das blosse Auge erblickt, und an deren Stelle ist ein mehr gelblicher Ton getreten. Rings um den Rand der Scheibe zieht sich ein schmaler hellster Saum, so dass also ihr mittlerer Theil im ganzen am wenigsten beleuchtet erscheint. Dieser hellere Saum nimmt sich breiter aus bei geringeren Vergrößerungen kleiner Ferngläser als bei den bedeutenderen starker Instrumente; dafür aber zeigen letztere auch gleich den Grund dieses Unterschiedes. Die zu grösseren Dimensionen gebrachte Scheibe nämlich findet sich ringsum innerhalb des allerhellsten Randes auf breiterer Strecke mit einem lichten Schleier bedeckt, welcher allenthalben ziemlich gleich hell und von einerlei Farbe ist, so als wenn sich auf der Marsoberfläche dort keine Verschiedenheiten des Aussehens befänden. Innerhalb dieser verschleierte helleren Randregion dagegen liegt eine zentrale, dem Beschauer stetig zugekehrte Fläche, die, bei milderer durchschnittlicher Helligkeit, auffällige Verschiedenheiten der Farbe zeigt. Es treten dort mitunter Stellen hervor, welche sich dem Schwarzbraun nähern; andere erscheinen röthlich grau in verschiedenen Abstufungen; noch andere erscheinen ebenso licht wie der Scheibensaum.

Wenn man in derselben Nacht zu verschiedenen Stunden die Beobachtung des Mars wiederholt, so bemerkt man Folgendes: Der hellste Rand und der unmittelbar innerhalb desselben liegende verschleierte Ring sind unverändert, aber die dunklere und mannigfach gefärbte Mitte ist nicht mehr dieselbe, sondern enthält andere Gestaltungen und Figuren. Wenn die so wiederholten Beobachtungen nicht allzu weit in der Zeit auseinanderliegen, etwa nur eine Stunde oder zwei, so lässt sich auch noch ein Theil der früheren Figuren erkennen, aber gegen vorher nach dem linken Scheibenrande hin verschoben, (wenn man nämlich auf Mars das links nennt, was nach des Beobachters linker Seite zu liegt). Zugleich ist sehr auffällig zu bemerken, wie etwaige dunkle Stellen, wenn sie aus der Scheibenmitte nach der Schleierregion zu und ihr nahe gerückt sind, nunmehr viel weniger dunkel erscheinen, sich von angrenzenden hellen Flächentheilen weniger

scharf abheben. Sind Theile solcher dunklen Partien, die etwa eine langgestreckte Gestalt hatten, ganz in den Schleierring eingetreten, so ist von diesen Theilen keine Spur weiter sichtbar.

Die verhältnissmässige Grösse der mittleren Scheibenfläche mit klaren Bildern bestimmt sich etwa so: Da wir eine Marshallkugel überschauen, so umspannt eine gerade Linie, welche wir uns horizontal durch die Mitte der Scheibe gezogen denken,  $180^{\circ}$  eines grössten Kreises, ist ein als gerade Linie erscheinender halber Kugelumfang, dessen beide Enden nur stark verkürzt sind. Von diesen  $180^{\circ}$  Graden sind nun etwa die 100 bis 120 mittleren klaren Sehfeld, die an jedem Ende liegenden 15 bis 20 trübe. Man erkennt also alle überhaupt sichtbaren Einzelheiten der Marsoberfläche bis zu einem Abstände von 50 oder 60 Marsgraden nach allen Seiten vom Scheiben-Mittelpunkte hin. Das alles gilt freilich nur als allgemeinste Regel, von welcher starke Abweichungen vorkommen, wie weiterhin angegeben.

Die gedachte Verschiebung aller auf der Marsscheibe sichtbaren Farbenunterschiede erfolgt stehend nach derselben Seite hin und mit gleicher Geschwindigkeit für einen von oben nach unten gleichliegenden Theil, wie das die Beobachtung schon seit lange (*Herschel* zwischen 1777 und 1781) feststellen konnte, so dass kein Zweifel darüber blieb, wie die Erscheinung von der Drehung der Kugel um sich selbst herrühre. Diese Drehung (Rotation) erfolgt nach den Bestimmungen *Beer's* und *Mädler's* (1830, 32 und 39 bewerkstelligt) in 24 Stunden 37 Minuten 23,7 Sekunden von Westen nach Osten wie bei der Erde (für das blosser Auge von links nach rechts, für das bewaffnete entgegengesetzt, weil das Teleskop alle Bilder und Bewegungen umkehrt).

Sobald die Achsendrehung des Mars erkannt war, führte der stehende lichte und verwaschene, von der Rotation unabhängige Scheibenrand zu dem Schlusse, dass dieser Weltkörper, gleich der Erde, eine Atmosphäre mit darin schwebenden Dünsten (wahrscheinlich solchen von Wasser) haben müsse. Jeder wusste aus alltäglicher Erfahrung, dass der mit der Erdenluft gemengte und von ihr getragene Wasserdampf, zeitweise durch Abkühlung verdichtet, als Wolken und Nebel sichtbar wird; dass beiderlei auf der von der Sonne beleuchteten Seite stets weisslich oder rein weiss erscheinen und die Durchsichtigkeit der Atmosphäre beschränken oder ganz aufheben. Bei unserer Erdenluft bedarf es nicht einmal solcher auffälligen Trübung, um sie für Licht schwerer durchdringlich zu machen, sondern nur eines längeren Weges desselben durch ihre tieferen und dichteren Schichten, wie das jeder klare Sonnenuntergang lehrt. Wir vermögen

in die Sonnenscheibe, wenn sie den Horizont erreicht hat, bei anscheinend völlig heiterem Himmel oft ebenso ungeblendet zu blicken wie in ein gewöhnliches Feuer, weil ihre Strahlen alsdann auf langer Strecke durch die untersten und am stärksten gepressten Luftlagen an der Erdoberfläche entlang streichen. Das Licht, welches die erleuchtete Halbkugel des Mars in unser Auge zurückstrahlt, hätte um ihren von uns stark zurückgebogenen Rand gleichfalls auf einem Anfangstheile seines Weges dichteste Schichten einer etwaigen gasartigen Hülle ganz oder nahezu horizontal zu durchdringen und müsste schon aus diesem Grunde so stark abgeschwächt werden, um Einzelheiten der reflektirenden Fläche nicht mehr sichtbar machen zu können, wenn auch keine eigentliche Trübung, wie durch Nebel und Wolken, dort stattfände. Das würde aber nicht etwa dazu führen, dass wir nun den Marsrand verdunkelt sähen, sondern gerade den Eindruck einer höheren Beleuchtung machen helfen, wie uns wieder die Erfahrung an der Erde lehrt. Wenn die untergehende Sonne dem Erdboden selbst ein stark geschwächtes Licht zusendet, so ist das demselben entzogene Quantum von der Luft mit ihren Dünsten aufgefangen worden und wird von dort theils in unser Auge zurückgestrahlt. Die Helligkeit des Tageshimmels, welche dem Mond- und Planetenlichte fast gleichkommt, ist eben dieses der Erde entzogene und von der Atmosphäre reflektirte und zerstreute Sonnenlicht, dessen Betrag um so höher sein wird, je dichter die auffangenden Dünste (Nebel, Wolken) sind, daher dem Beschauer aus dem Weltenraume her die Wirkung intensiverer Bestrahlung machen muss.

Der stehende breitere Ring höherer Erleuchtung und gleichzeitiger Verwaschenheit rings um die Marsscheibe war ein erster allgemeinsten Anhalt für die Annahme einer Marsatmosphäre mit Wasserdampf oder einem verwandten Körper. Eine zweite Stütze dieser Vermuthung wurde in Folgendem gefunden:

Die Trübung oder Verundeutlichung der Marsoberfläche ist nicht auf den Scheibenrand beschränkt, sondern kann sich auf alle Theile der jeweilig sichtbaren Halbkugel erstrecken. Das wurde immer mehr augenscheinlich durch den Umstand, dass man gewisse erkannte feste, also dem Boden angehörige Figuren der Färbung bald hier, bald dort, und über grosse Bereiche hin nicht stetig wiedererkennen konnte, sondern dieselben vorübergehend entweder gar nicht, oder nur stückweise, oder, wie durch einen Flor hindurch, verwaschen wiedersah. Das Verhüllende erschien über bekannten stehend dunklen Stellen des Grundes weiss und weislich, über bekannten stehend lichten gar nicht oder als eine Erhöhung ihres Glanzes. Es

müssten also, schloss man, wolkenähnliche Decken grössere Partien des Marskörpers zeitweise zu sehen verhindern, und diese Decken müssten Wasser sein, da auch die irdischen sichtbaren Wasserdünste, von oben gesehen, stets je nach ihrer Dichte rein weiss, gelblich weiss, matt weiss erscheinen, wie das der Blick auf Morgennebel und Wolken von hohen Bergen oder aus dem Luftballon herab jederzeit gelehrt hatte.

Als dritte Grundlage der Auffassung, Mars sei mit einer der irdischen Atmosphäre gleichartigen und mit Wasser begabt, dienten die wahrgenommenen lichtschwachen oder dunklen Stellen seiner Oberfläche. Was man von denselben seit je gesehen hatte und immer wiedersah, wenn auch nach kürzerer oder längerer theilweiser oder gänzlicher Verdeckung durch weisse oder graue Schleier, das hatte seine Gestalt behalten und sich demnach als Theil der beständigen Aussenseite des Planeten erwiesen. Diese dunklen Stellen empfingen, urtheilte man, dasselbe Sonnenlicht wie alle hellen Stücke der Marsoberfläche. Wenn nun weniger Licht von ihnen zurückgeworfen werde, so müsse das auf einer Verschluckung desselben beruhen. Eine solche Verschluckung (Absorption) könne wohl kaum von festem Boden auf so grossen Strecken angenommen werden, da auf Erden wenigstens etwas Aehnliches schlechterdings nicht vorkomme. Dagegen würde eine Flüssigkeit, Wasser oder etwas demselben Aehnliches, die Erscheinung sicher erzeugen. Die Lichtstrahlen nämlich, welche auf einen Wasserspiegel fallen, werden bekanntlich nur zu einem sehr geringen Theile von diesem Spiegel zurückgeworfen (reflektirt), und ein bei weitem überwiegender Theil dringt in die Flüssigkeit ein. In derselben wird das Licht sehr abgeschwächt, d. h. am Durchgange gehindert, und zwar der Art stark, dass bei so tiefen Gewässern, wie den Erdmeeren, keine Spur desselben den Boden erreicht. Es kann also von dort auch keines zurückkehren und dem sehr fernen Beschauer die Meeresfläche als hell darstellen. Derselbe könnte höchstens einen äusserst winzigen Punkt der letzteren erleuchtet sehen, denjenigen nämlich, in welchem der Seespiegel das Sonnenbild, d. h. diejenigen Strahlen, welche an der Wasserfläche sofort umkehren, nach Gesetzen der Reflexion zu zeigen schiene. Die ganze übrige gewölbte spiegelnde Fläche, welche kein Licht zum Beschauer hin zurückwerfen kann, sondern dasselbe nach andern Richtungen des Weltenraumes sendet, muss ihm folglich dunkel vorkommen.

Viertens und hauptsächlich fusste von Hause aus die Idee, dass Mars Wasser und Luft besitze, auf der nachstehenden auffälligen Wahrnehmung: Zu Zeiten, wann er an Stellen seiner Bahn in Opposition kam, welche in unserer Fig. 3 den mit 3.0., 6.0. und 7.0. bezeichneten Orten entsprachen

oder nahe lagen, wann also die Oppositionen sich um die Herbst- und Frühlings-Nachtgleiche der Erde ereigneten, sah man den alsdann der Erde am vollkommensten zugekehrten südlichen oder nördlichen Pol mit einer grösseren oder kleineren annähernd runden schneeweissen Fläche umgeben, welche der Art stark über die ganze übrige Scheibe des Planeten hervorleuchtete, dass ihr kein Theil derselben entfernt an Helligkeit gleichkam, dass die besprochene Schleierregion sie nicht dämpfte, und dass sie sogar noch deutlich sichtbar blieb, wann dünne irdische Wolken den Stern als Ganzes verhüllten. Bei Oppositionen um die Stellen  $K$  und  $K'$  in unserer Fig. 3, demnach gegen Ende entweder des Frühlings oder des Herbstes der Nordhemisphäre der Erde, erblickte man an beiden Marspolen zugleich solche blendend weisse Decken, dann aber wegen ihrer Lage zum Beobachter zu schmalen Randstreifen verkürzt. Da nun die Polargegenden der Erde bekanntlich auch Regionen sind, welche einem etwaigen Beschauer irgendwo im Weltenraume ebenso erscheinen müssen, so war der Schluss an die Hand gegeben: Die Marspole sind von ewigem Eise und Schnee umgeben, da auch sie die geringste durchschnittliche Erwärmung von der Sonne empfangen. Wo aber Eis und Schnee sich bilden, da muss Wasser sein, dessen feste Form sie darstellen; und wo Schnee niederfällt, da muss er vorher als Wasserdampf oberhalb geschwebt haben, also von einem Luftmeere getragen worden sein.

So viele wirklich oder anscheinend übereinstimmende Züge bei Mars und Erde, die fast gleich lange Dauer des Tages, die atmosphärische Hülle, die Gegenwart von Wasser oder einem wasserähnlichen Körper in den dreierlei auf Erden bekannten Erscheinungsformen des sichtbaren Dunstes, tropfbarer Flüssigkeit und festen Krystals, die Sammlung der Flüssigkeit in bestimmten Becken, der festen Form in der Nachbarschaft der Pole — alles dieses verlieh dem einzigen mehr zugänglichen nichtirdischen Gliede unserer Planetenfamilie ein besonderes Interesse in den Augen der Himmelskundigen, und viele lagen der Erforschung seiner Natur mit besonderer Liebe ob zu den verhältnissmässig seltenen und kurzdauernden Zeiten, in welchen Mars in grösster Nähe und günstigster Stellung dem Blicke sich darbietet.

Die wiederholte und ausdauernde Beobachtung erschloss denn auch bis heute schon erstaunlich viel in Anbetracht der bedeutenden Entfernung dieser zweiten Erde, welche im günstigsten Falle immerhin noch die mittlere des Mondes um das 155fache übertrifft.

### 3. Kapitel.

#### Die Ergebnisse speziellerer Erforschung des Mars

a) in Bezug auf die vermeintlichen Schneeregionen.

Wie die beiden weissen Polarflecke dieses Planeten für den allgemeinen Anblick den hervorragendsten Zug bildeten, so waren sie auch der sicherste Anhalt für die Hoffnung, dereinst die angegebenen Vermuthungen über die Natur seiner Oberfläche zur Gewissheit zu erheben. Wenn die beiden lichten Kalotten um Nord- und Südpol des Mars nämlich Jahr aus Jahr ein an Grösse und Gestalt etwa unveränderlich blieben, so konnten sie unmöglich auf die Dauer für Eis und Schnee gehalten werden, und es blieb betreffs ihrer nichts übrig als die Annahme, der feste Boden bestehe dort aus einer das Licht stark zurückwerfenden Materie, etwa ähnlich unserem irdischen weissen Marmor oder Quarz, unserer Kreide, unserem Salze etc. Umgekehrt aber würde eine bestimmte Veränderlichkeit dieser Polarflecke zu gewissen Zeiten des Marsjahres zu dem sicheren Schlusse führen, sie seien entweder Wasser in festem Zustande (Schnee und Eis), oder ein anderer dem Wasser nahe verwandter Körper, welcher an beiden gedachten Orten des Planeten eine ähnliche starre und stark lichtbrechende Aggregatform annehme und in jeder Hinsicht die Rolle des Erdenwassers spiele. Wie so das alles?

Antwort: Unsere Erfahrung an der eigenen Heimathwelt, zusammen mit dem, was über die kosmischen Verhältnisse des Mars längst feststeht, liefern vollständig den erforderlichen Boden für genannten Schluss, wie folgt:

Die Erde bietet, wie schon vorher bemerkt, einem etwaigen Beschauer irgendwo im Weltenraume offenbar einen ähnlichen Anblick dar, wie der Mars uns. Sie trägt um jeden ihrer Pole herum gleichfalls eine weisse Zone, die für ein fernher schauendes Auge nicht immer dieselbe Grösse beibehält, sondern bald viel weiter äquatorwärts greift, bald auf einen engern Umkreis zusammenschumpft. Wir wissen, wie das bei der Erde zusammenhängt. Sie neigt ihre Drehungsachse um stark  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  gegen die Ebene ihrer Bahn, und diese Neigung bleibt durchschnittlich unverändert (schwankt um ein Geringes im Verlaufe von Jahrtausenden). Stände die Rotationsachse der Erde dafür senkrecht auf der gedachten Ebene, so würde jeder ihrer Pole immerfort die Sonnenscheibe genau im Horizonte erblicken, von ihr ein blosses Streiflicht empfangen. In Folge der Achsenneigung aber sieht der eine und andere Pol abwechselnd die Sonne ein halbes Jahr

lang über seinem Horizonte und sich bis zu fast  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  oberhalb desselben erheben, darauf dieselbe ein halbes Jahr lang ganz verschwinden, wobei sie  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  unter den Horizont sinkt. Dieser Sachverhalt ist für eine entsprechend kürzere Zeit und in geringerem Maasse derselbe bei einem Bereiche um beide Erdpole herum, welcher 47 Meridiangrade Durchmesser hat. Wenn schon blosses Streiflicht der Sonne (d. h. die mit demselben verbundenen Wärmestrahlen) erfahrungsmässig gar nicht oder kaum die Temperatur einer Fläche erhöht, so wird das die vollständige Abwesenheit desselben um so weniger thun; daher wird jedes terrestrische Polargebiet während seiner langen Nacht schon deshalb ein kaltes sein. Es wird aber noch dazu Wärme verlieren durch Ausstrahlung derselben gegen den Weltenraum, welcher viel kälter ist als alle uns bekannten Körper. Während des langen Tages dagegen wird jeder Pol und ein kreisförmiges Gebiet von  $47^{\circ}$  Durchmesser um ihn herum durchschnittlich ein dem früheren Mindermaasse im ganzen genau entsprechendes Mehrmaass an Sonnenerwärmung geniessen, so dass beiderlei, Minder und Mehr, sich gerade ausgleichen. Der übergrosse Mangel an Wärme in dem dunklen (Winter-) Halbjahre der Polargegenden spricht sich am auffallendsten darin aus, dass er dort den flüssigen irdischen Körper, Wasser genannt, in einen festen (Schnee und Eis) verwandelt. Der entsprechende Ueberschuss an Sonnenerwärmung in dem hellen (Sommer-) Halbjahre der Erdpole findet seinen schlagendsten Ausdruck in einer an Ausdehnung und Schnelle grossartigen Rückverwandlung des festen Wassers in seinen flüssigen Zustand. Wenn wir Erdenbewohner selbst diesen zweifachen Vorgang immer nur innerhalb beschränkter Beobachtungsbezirke verfolgen können, so würde er einem unbewaffneten Menschenauge vom Monde aus, einem bewaffneten auf Mars und Venus stets als Ganzes überschbar sein, und es würde die runden Eis- und Schneegebiete beider Erdpole nach Winter- und Sommerhalbjahr, wie vorhin gesagt, regelmässig in der Grösse schwanken sehen.

Bei dem Planeten Mars haben wir nun nachstehende, den angegebenen terrestrischen entsprechende Daten: Die Neigung seiner Rotationsachse gegen seine Bahnebene ist fast  $61\frac{1}{3}^{\circ}$ , gegen die auf letzterer senkrechte Richtung stark  $28\frac{2}{3}^{\circ}$ . Die Sonne erhebt sich also im Sommerhalbjahre seiner Pole für diese selbst um den letztangeführten Betrag über den Horizont, sinkt um ebenso viel unter denselben in deren Winterhalbjahre. Da beide Halbjahre (wenn wir vorläufig bloss von einem Durchschnitte für beide Marspole reden wollen) fast doppelt so lang sind als die der Erdpole, so muss schon darum die Wirkung an Erwärmung im Sommer entsprechend grösser sein, also ein gewisses vorhandenes Quantum Eis und Schnee in

höherem Maasse aufzehren; ebenso muss der um 5 Meridiangrade höhere Sommer-Sonnenstand, nach unserer alljährlichen Erfahrung auf der Erde, nennenswerth mehr an Schmelzung irgend eines durch Wärmemangel festgewordenen Körpers leisten. Freilich hat die Sonnenscheibe für den Mars einen erheblich geringeren scheinbaren Durchmesser, im Mittel nur stark  $\frac{5}{8}$  dessen, welchen wir erblicken, und sie wird an Erleuchtung und Erwärmung durchschnittlich nur etwa  $\frac{3}{8}$ stel (0,43) des Betrages leisten, welchen die Erde genießt. Freilich wird Mars, wie aus seiner Grösse leicht zu berechnen, auch eine nur halb so dichte Atmosphäre haben als die Erde, welcher Umstand ebenfalls, wie unsere Hochgebirge zeigen, die wärmende Wirkung der Sonnenstrahlen herabmindert. Eins gegen das andere ausgeglichen, wird aber kein Zweifel darüber herrschen können, dass, wenn die Marspole eine Kruste von Eis und Schnee oder von einem ähnlichen durch Wärmemangel erstarrten Körper tragen, diese Kruste für irdische Beobachter in Winter und Sommer dieser Pole verschieden ausgedehnt erscheinen müsse, und mit gleicher Sicherheit wird man umgekehrt folgern können: Wenn die schneeweissen Polarflecke des Mars sich seinen Jahreszeiten gemäss verändern, so bestehen sie aus Eis und Schnee oder aus einem äquivalenten froststarrten Körper.

Was lehrt nun die Beobachtung in dieser Hinsicht?

Bei der Opposition des Mars im Jahre 1877 kehrte derselbe der Erde seinen Südpol zu, und die Sonne stieg für den Horizont desselben am 18. September zu ihrer höchsten Erhebung von  $28\frac{2}{3}^{\circ}$  empor (Mars erreichte seine südliche Sonnenwende). *Schiaparelli* maass zuerst am 23. August, 26 Tage vor derselben, den scheinbaren Durchmesser des südlichen Polarflecks und fand ihn  $28,6^{\circ}$  Marsgrade lang. Er bestimmte dieselbe Ausdehnung von nun an noch 27 mal bis zum 4. November, an welchem Tage der Durchmesser sich auf 7 Marsgrade ganz allmählig verkürzt hatte, der Flächeninhalt der weissen Zone demnach auf fast  $\frac{1}{17}$ tel der zuerst beobachteten Grösse geschwunden war (s. S. 104 des in unserer Einleitung zitierten Werkes).

Im Jahre 1862 fiel die Opposition nahezu an dieselbe Stelle der Erd- und Marsbahn, wie 1877. Das südliche Solstitium fand damals am 1. September statt. Lord *Rosse* stellte 40 Tage vor demselben, am 22. Juli, den Planeten mit seinem Polarfleck in einer Zeichnung dar, nach welcher derselbe nicht weniger als  $36^{\circ}$  eines grössten Marskreises im Durchmesser hatte. Der englische Astronom *Lockyer* fing am 17. September, also 16 Tage nach dem Solstitium, an, den scheinbaren Durchmesser der soge-

nannten Schneekalotte zu messen und fand ihn zuerst nur mehr 18 Marsgrade lang. Er machte weiterhin noch 15 Messungen dieser Strecke bis zum 18. Oktober, an welchem Datum sie, nach langsamer Verkürzung, bloss mehr  $7,5^{\circ}$  betrug, die weisse polare Fläche somit schliesslich nur noch stark  $\frac{1}{25}$ tel der erstbeobachteten Grösse einnahm. Während eben dieser 1862er Opposition vollzog auch ein anderer englischer Astronom, *Lassell*, gleiche Messungen, welche mit dem 13. September, also 12 Tage nach der Sonnenwende, begannen und mit dem 11. Dezember, dem 102. Tage nach derselben, endigten. Diese Feststellungen ergaben für den Durchmesser der Schneezone zuerst  $20^{\circ}$ , am 17. November dagegen bloss mehr  $5^{\circ},5$ , von welcher Zeit an sich eine kleine Zunahme bemerkbar zu machen schien. *Schiaparelli* führt auch (S. 106) Messungen *Mädler's* bei der Marsopposition von 1830 an, welche Grössenbestimmungen, obschon viel spärlicher als die eben erwähnten und mit einem unvollkommenen Instrumente veranstaltet, die Thatsache der Abnahme als solche bestätigen. —

Somit ist das Schwinden der polaren weissen Marszonen als solcher, in Uebereinstimmung mit der steigenden Beleuchtung und Erwärmung der zugehörigen Halbkugel, wohl konstatiert und keinem Zweifel unterworfen, und wir sind sicher, dass im Sommer der Marspole sich dort in weiter Umgebung ein erstarrter Körper, Wasser oder ein ähnlich gearteter Stoff, unter dem Einflusse der Sonnenwärme in eine Flüssigkeit auflöst. (Wenn die Beobachtungstabellen, welche ausführlich mitzuthemen wir hier für unnöthig hielten, einzelne kleine Schwankungen der Abnahme der Polarflecke anzudeuten scheinen, so werden dieselben erstens darauf beruhen, dass ganz genaue Messungen kleinster Aenderungen so winziger Objekte nicht möglich sind, zweitens darauf, dass die lichten Flächen nicht vollkommene Kreise, sondern mehr oder minder unregelmässig rundliche, ja sogar einem Dreiecke sich nähernde Figuren bilden, deren scheinbarer Durchmesser, immer nach einer und derselben Richtung abgeschätzt, mit einer veränderten Rotationslage des Mars an aufeinanderfolgenden Tagen um ein Geringes verlängert oder verkürzt erscheinen wird.)

War der gedachte allgemeine Zusammenhang dargethan, so liess sich auch erwarten, dass astronomisch bestimmte Verschiedenheiten der Sonnenwirkung bei südlicher und nördlicher Marshemisphäre in der Grösse und Veränderung der beiden weissen Polarregionen zum Ausdruck kämen.

Wenn, wie im ersten Kapitel angegeben, Mars den einen Theil seiner Jahresbahn, in unserer Figur 3 von *K* über *H* nach *K'*, in  $296\frac{1}{3}$  seiner Tage zurücklegt, den anderen von *K'* über *H'* nach *K* in 372 Tagen, und

wenn, wie gleichfalls oben gesagt, diese Stücke die Dauer der kälteren und wärmeren Jahreszeiten für Nord- und Südhalbkugel des Mars bezeichnen der Art, dass auf den südlichen Herbst 191, auf den südlichen Winter 181, auf den südlichen Frühling 147, auf den südlichen Sommer  $149\frac{1}{3}$  Marstage entfallen, für die Nordhalbkugel aber die Sache gerade umgekehrt liegt, so dass ihr Herbst nur 147, ihr Winter  $149\frac{1}{3}$ , ihr Frühling 191, ihr Sommer 181 Tage dauert, so muss daraus allein schon gefolgert werden, dass am Südpole, bei einer viel längeren Abwesenheit und schwachen Wirksamkeit der Sonnenbestrahlung, eine durch Kälte erstarrte Flüssigkeit in einem viel weiteren Umkreise fest werde als am Nordpole, dass also der südliche weisse Polarfleck im Winter zu einer weit beträchtlicheren Grösse anwache als der nördliche. Nun aber kommt ein Umstand hinzu, welcher diesen Unterschied erheblich steigern wird. Während des südlichen Winters, in der Sonnenferne des Mars, erblickt letzterer die Sonnenscheibe mit einem so viel verkürzten scheinbaren Durchmesser, dass die Erleuchtung (und Erwärmung) nur knapp  $\frac{6}{7}$ tel der mittleren beträgt, wogegen im nördlichen Winter, in der Sonnennähe, der scheinbare Sonnendurchmesser sich so verlängert hat, dass Erleuchtung und Erwärmung das mittlere Maass um fast  $\frac{1}{5}$ tel übertreffen.

Da für die Sommerzeiten beider Marshalbkugeln das Entgegengesetzte stattfindet, der südliche Sommer die stärkere tägliche Erleuchtung und Erwärmung geniesst, der nördliche die schwächere, so muss die Rückverwandlung der südlichen festen weissen Decke in Flüssigkeit sowohl mit rascheren Schritten erfolgen, als auch diese Decke auf ein geringeres Maass verkleinern, als beiderlei im Norden der Fall.

Auch dieses alles bestätigte die Beobachtung. Es ist schon angeführt, wie *Rosse* im Jahre 1862 die südliche weisse Kalotte mit einem Durchmesser von 36 Meridiangraden erblickte. *Mädler* berichtet, dass bei der Opposition von 1837, als Mars der Erde seinen Nordpol zuehrte, gegen die Mitte der südlichen kalten Marsjahres-Hälfte, am südlichen Rande der Planetenscheibe ein schneeweisser Streif erschien, welcher den äussersten Saum des südlichen Polarfleckes bezeichnen musste. Da man nun damals 55 Meridiangrade der südlichen Marshalbkugel überblickte, so musste dieser Flecksaum mindestens 35 solcher Grade vom Pole derselben entfernt liegen, die ganze weisse südliche Kreisfläche, wofern regelmässig gestaltet, demnach 70 Marsgrade im Durchmesser haben. Von einem solchen lichten Randstreifen war, nach *Mädler*, in den beiden Oppositionen von 1830 und 32, als die Nordhalbkugel des Mars von der Erde abgekehrt war und ihren

Winter hatte, trotz der grösseren Nähe des Planeten an der Erde, schlechterdings nichts zu bemerken, ebenso wenig 1847, 1862 und 1877 und zu anderen Zeiten ähnlicher Marsstellungen, wesshalb man sicher sein kann, dass der Nordpolarfleck niemals die Ausdehnung des südlichen erreiche.

*Mädler* maass in den Jahren 1837 und 39 die nördliche sogenannte Schneezone wiederholt innerhalb Zeiträumen von 4 Wochen. 1837 schrumpfte dieselbe nach seinen Angaben in einem Monate bloss auf  $\frac{3}{4}$ tel ihres Flächeninhaltes zusammen, im Jahre 1839 in gleicher Zeit auf  $\frac{2}{3}$  desselben. Halten wir dagegen die oben angeführten Messungsergebnisse *Schiaparelli's*, *Lockyer's* und *Lassell's* betreffs der Abnahme der südlichen lichten Kalotte, so finden wir viel raschere Schritte der sommerlichen Abnahme. 1877 schwand dieselbe in knapp  $2\frac{1}{2}$  Monaten auf  $\frac{1}{17}$ tel, in einem Monate also schon auf  $\frac{1}{7}$ tel ihrer erstgemessenen Fläche. 1862 verengerte sich, nach *Lockyer*, der weisse Bereich innerhalb der *Mädler'schen* Beobachtungszeit von 4 Wochen auf  $\frac{1}{25}$ stel, und nach *Lassell* in einer gleichen Zeit auf  $\frac{1}{7}$ tel des zuerst gesehenen Areal. Wenn hier auch *Lockyer's* Resultat, zusammen mit dem auf *Rosse's* Zeichnung gegründeten, übertrieben aussieht, so stimmen doch *Schiaparelli's* und *Lassell's* Ergebnisse bei zwei verschiedenen Oppositionen vollkommen. Die Natur der weissen Polarbereiche des Mars ist somit den angegebenen kosmischen Verhältnissen gegenüber zweifellos. Bestätigend treten hinzu die spezielleren Ergebnisse

b) rücksichtlich der dunkleren Oberflächentheile.

Der Entscheid betreffs der Schneezone könnte eigentlich hinreichen, um Zweifel über die Art der Lichtverschluckung an der Marsoberfläche zu heben. Wenn auf diesem Weltkörper ein Stoff vorhanden ist, der wie Wasser durch Sonnenwärme aus einem festen in einen flüssigen Zustand übergeht, so wird er in letzterem auch den Gesetzen der Eigenanziehung der Kugel unterworfen sein und an tiefsten Stellen ihrer Oberfläche sich in grösseren Mengen ansammeln, Seen oder Meere bilden. Wenn nun immer dunklerer Grund des Mars da entsteht, wo die Ränder der weissen Flecke sich auflösen, demnach daselbst offenbar Flüssigkeit ist, so könnte kaum noch der Gedanke an eine verschiedene Natur (an glasflussartige feste Stoffe etwa) bei dunklen Marsflecken aufkommen, wenn solche auch nicht mit den lichtschwachen polaren Partien zusammenhangen sollten. Wichtig blieb aber darum doch noch immer der Nachweis, welchen *Schiaparelli* endlich geliefert hat, dass nämlich alle Dunkeltheile der Marsoberfläche in Zusammenhang stehen und die ganze Kugel theils als grosse

Flächen, theils als ein Netzwerk von Streifen umgeben, demnach von gemeinsamer Natur sein müssen. Dieser Nachweis liegt uns in einer von diesem Gelehrten angefertigten areographischen\*) Karte in Merkators Projektion vor, welche wir in Kopie diesem Schriftchen beifügen. Die andern Marsforscher *Mädler*, *Secchi*, *Lockyer*, *Rosse*, *Lassell*, *Kaiser*, *Phillips*, *Dawes*, *Franzenau*, *Knobel*, *Schmidt* etc. hatten, wie *Schiaparelli* ausdrücklich anerkennt, bei früheren Oppositionen seit 1830 wichtige Vorarbeiten für diese Karte geliefert, der eine in Bezug auf diese, der andere auf jene Partie der Marskugel, je nachdem jedem vergönnt gewesen war, solche Theile unverhüllt zu sehen. Es blieb aber noch viel zu thun übrig, namentlich darum, weil englische Publikationen (so die von *Proctor* nach *Dawes*) mehrfach Wolkenbildungen für festliegende Bodengestaltungen angesprochen, als solche gezeichnet und bestimmt benannt hatten. Die nördliche Halbkugel des Mars vom 40. Grade der Breite an konnte freilich auch 1877 noch nicht besser dargestellt werden, als es durch *Mädler* 1837 und 39 geschehen, weil sie bei der letzten Opposition unsichtbar blieb. Betreffs ihrer völligen Klarstellung müssen etwaige günstige Verhältnisse der Jahre 1884 und 86 abgewartet werden, zu welchen Zeiten die nördliche Mars-hemisphäre der Erde zugekehrt sein wird. Die jetzt vorhandene Kenntniss aber reicht schon aus zur Begründung des Satzes: Die bisher mit dem Namen „Meer“ bezeichnete Dunkelfläche des Mars umspannt ihn ohne Unterbrechung und ergibt sich aus diesem Grunde allein schon als richtig benannt, mit vollster Sicherheit aber wegen ihrer Beziehung zu den beiden weissen Polargebieten. Wenn *Schiaparelli* noch eine verschiedene Nuancirung des Dunkeln bei den Meeresflächen konstatiert, so berührt das ihren Gesamtcharakter nicht, sondern betrifft Verhältnisse ihrer Tiefe etc., auf welche wir erst weiter unten zu reden kommen werden.

Ein Einwand gegen die Existenz von Marsmeeren scheint allerdings auf den ersten Blick aus dem Umstande hergeleitet werden zu können, dass man noch nie irgendwo in den dunklen Flecken das Sonnenbild hat erscheinen sehen, wie das doch bei einer Oberfläche von Wasser oder einem verwandten flüssigen Stoffe erwartet werden müsste. *Schiaparelli* kommt darauf zu reden, und der kurze Inhalt seiner Auseinandersetzung, welche den wirklich erhobenen Einwand nach unserer Meinung entkräftet, ist folgender: Eine vollkommene oder wie Metall spiegelnde Fläche des Mars würde am 5. September 1877 das Sonnenbild in der Grösse von

\*) Ares hiess bei den Griechen der römische Kriegsgott Mars.

$\frac{1}{24}$  stel Sekunde Durchmesser ( $\frac{1}{46000}$  stel der Mondbreite) und mit einem Lichte gezeigt haben, 2100 Millionen mal so schwach als das der Sonne selbst. Dieses Licht, auf Mars in der Gestalt eines sehr hellen Sternchens erscheinend, würde, nach *Zöllner's* Messungen des ganzen und stärksten Marslichtes selbst, letzteres an Stärke übertroffen haben. Nun aber wirft eine vollkommen ebene Wasserfläche von dem senkrecht auffallenden Lichte nur  $\frac{1}{49}$  stel spiegelnd zurück, und wenn wir dessen Verlust bei dem doppelten Durchgange durch die Marsatmosphäre gleich dem bei der Erdenluft setzen, so sinkt das  $\frac{1}{49}$  stel auf (rund)  $\frac{1}{100}$  stel, und wir hätten demnach 1877 das Sonnenbild in den Marsmeeren nur als einen Stern 3ter Grösse wahrnehmen können. Das gälte nur, wie bemerkt, für den Fall einer vollkommen ruhigen Wasserfläche. Eine solche ist aber bei Mars nicht anzunehmen, denn wir bemerken in seinen Wolken- und Nebelzügen die deutlichsten Wirkungen von Winden. Der durch Luftbewegungen gekräuselte, wahrscheinlich heftig gestörte Wasserspiegel zerreisst das eine Sonnenbildchen in Millionen Stückchen, wie wir es bei unruhigen irdischen Gewässern beobachten, reflektirt also das Licht nach ebenso vielen verschiedenen Richtungen. Statt des schwachen Sternchens werden wir Erdenbewohner, bei starker Bewaffnung des Auges, auf dem Mars also nur ein verwaschenes Lichtscheibchen als Sonnenbild erblicken können, und dieses Scheibchen muss vollständig verschwinden unter und neben der Erleuchtung der umgebenden Marsscheibe. — Nach Vorstehendem erübrigt zunächst noch die Besprechung der 1877er Resultate

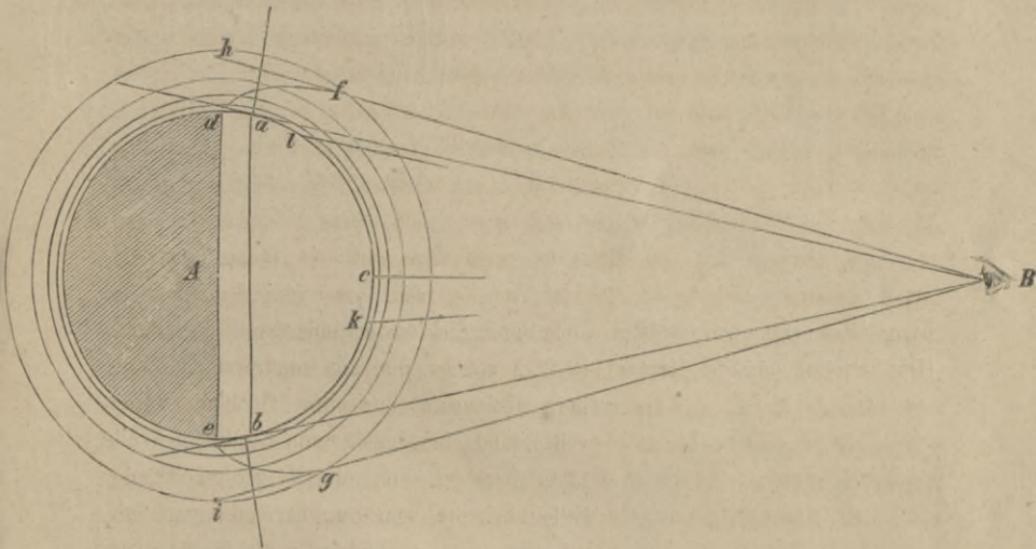
c) betreffs des oben erwähnten schmalen Lichtringes um den Marsrand.

Die Optik oder Lichtlehre enthält unter andern das Gesetz: Wenn ein Lichtstrahl aus einem dünneren in ein dichteres Mittel, aus Luft in Wasser, aus Luft oder Wasser in Glas etc. in einer schrägen Richtung übergeht, so wird er gebrochen, d. h. er schlägt von der Oberfläche des dichteren Mittels an in dasselbe hinein eine Richtung ein, welche sich der auf dieser Oberfläche stehenden Senkrechten mehr nähert; umgekehrt entfernt sich ein Lichtstrahl weiter von dieser Senkrechten beim Uebergange aus einem dichteren in ein dünneres Mittel, wesshalb wir einen schräg in's Wasser gesteckten Stab an dessen Oberfläche nach oben geknickt, den Boden einer mit Wasser gefüllten tiefen Schüssel stark in die Höhe gehoben, die Schüssel tellerartig verflacht sehen. Wenn der Uebergang in ein dichteres Mittel allmählig erfolgt, so erleiden die Lichtstrahlen nicht eine plötzliche Brechung, sondern eine bogenförmige Ablenkung und beschreiben einen gekrümmten Weg. So ist es z. B. mit den Strahlen der unter- oder aufgehenden Sonne. Die tieferen Luftschich-

ten bis an die Erdoberfläche herab sind viel dichter als die höheren. Das Sonnenlicht, indem es durch die letzteren zuerst, durch die ersteren zuletzt sehr schräge hindurchpassirt, legt eine nach oben gewölbte Bahn zurück, deren Ende nach dem Auge hin immer mehr übereinstimmend mit einer auf dem Boden stehenden Senkrechten verläuft. Das Auge verlegt aber das durch die Lichtstrahlen Vermittelte, das Gesehene, in die gerade Verlängerung derjenigen Richtung, in welcher es die Eindrücke empfängt, und so sehen wir die auf- und untergehende Sonne höher stehen, als sie in der That ist. Der Unterschied zwischen Schein und Wirklichkeit ist hier so gross, dass wir noch die ganze Sonnenscheibe erblicken zu einer Zeit, wann sie, ohne die Lichtkrümmung, gerade durch den Horizont verdeckt würde. In entsprechender Weise werden wir obere Ränder von Wolken wahrnehmen können, die sich wirklich ganz durch Berghöhen verdeckt befinden, und werden wir über ferne Gebirgskämme etwas weiter hinaussehen, als die gerade Schrichtung gestatten könnte.

Ganz ähnlich muss es sich für den Blick auf einen fernen Weltkörper verhalten, welcher eine Atmosphäre besitzt. Dieselbe wird nach Gesetzen der Anziehung an seiner Oberfläche immer dichter sein als in weiterem Abstände. Lichtstrahlen, welche vom Rande seiner uns sichtbaren Scheibe ausgehen, werden erst ein dichteres, nach und nach ein immer dünneres Mittel passiren, sich demnach von der auf dem Scheibenrande stehenden Senkrechten entfernen, wofern sie ursprünglich nicht ganz genau senkrecht gerichtet sind, wie es immer nur sehr wenige Strahlen zerstreuten Lichtes sein können. Auf diese Weise müssen wir von einem solchen Weltkörper mehr sehen, als die bloss in gerader Richtung fortgepflanzten Lichtstrahlen ermöglichen können. Wenn in beistehender Fig. 4 der Kreis  $A$  einen fernen, mit einer Atmosphäre umgebenen Weltkörper bedeutet, der seine von der Sonne erleuchtete, in der Figur nur halb sichtbare Hälfte  $d c e$  dem Auge  $B$  eines irdischen Beschauers gerade zukehrt, so sieht dieses Auge offenbar nur denjenigen Theil der hellen Seite, welcher zwischen den beiden geraden Berührungslinien  $B a$ ,  $B b$  liegt, und einen äussersten Ringstreifen der sonnebeschienenen Halbkugel, in der Zeichnung zu dem geraden Bande  $d a b e$  verkürzt, bemerkt es nicht. Die Punkte  $d$  und  $e$ , so wie alle zwischen  $d$  und  $a$ ,  $e$  und  $b$  liegenden des ganzen Ringes werfen aber auch Sonnenlicht nach allen Seiten zurück, wofern sie nicht vollkommene Spiegelflächen, sondern irgendwie rauh sind. Solche Strahlen dieses sogenannten zerstreuten Lichtes, welche nach der Seite von  $a$  und  $b$  hin so schräge gehen, dass sie von der Atmosphäre des

Weltkörpers bis  $f$  und  $g$  gekrümmt werden, setzen weiterhin diese letzte Richtung fort und gelangen auch in das beschauende Auge. Dieses sieht also auch die Punkte  $d$  und  $e$ , bemerkt aber nicht den krummen Weges- anfang der betreffenden Strahlen und verlegt  $d$  und  $e$  daher nach resp.  $h$  und  $i$ , d. h. sieht den Weltkörper um ein Gewisses grösser, als er ohne Atmosphäre erscheinen könnte. Natürlich sind die in der Zeichnung der Deutlichkeit willen stark übertriebenen Vergrößerungsstrecken  $d h$ ,  $e i$  im Verhältnisse zum Durchmesser  $d e$  der Kugel sehr kurz, und die Strahlen von der ganzen mehr gesehenen Ringzone fallen anscheinend ganz zusammen mit den, oder vielmehr dicht an die ebenfalls dichtesten Lichtstrahlen, welche der äusserste Ring der hellen Scheibe ohne Lichtbrechung in das Auge entsendet. (Dass die letzteren viel näher zusammenliegen als



Figur 4.

irgend welche von etwa der Mitte der leuchtenden Scheibe her, lässt sich leicht darthun. In der Zeichnung liegen die lichtsendenden Punkte  $k e$  ebenso weit auf der Oberfläche der Kugel auseinander wie die  $l a$ , aber die von ihnen nach  $B$  ausgehenden Strahlen liegen bei letzteren 5 mal so nahe zusammen als bei ersteren.) So denn muss der alleräusserste Rand eines mit dichterem Atmosphäre bedachten Weltkörpers nothwendig besonders intensiv hell, und die Kugel muss um ein Geringes vergrößert erscheinen.

Die Vergrößerung würde uns, allerdings nur durch starke Fernrohre, dann bemerklich werden, wann irgendwie die Randzone, welche wir mehr

triftige Gründe gegen sich. Einmal ist die Helligkeit um die Peripherie der Mondscheibe lange nicht so scharf auf die alleräusserste Grenze derselben beschränkt. Zweitens müssten die Seiten von etwaigen Marsbergen, welche den gesehenen Effekt hervorbringen sollten, nach *Schiaparelli* nicht weniger als  $76^{\circ}$  gegen die Horizontale oder als  $14^{\circ}$  gegen die Lothlinie geneigt sein, also riesigen Mauern und Thürmen gleichen. Drittens geht der Lichtrand bei Mars gleichmässig über helle und dunkelste Flecken hinweg, und in letzteren können, nach den Feststellungen über ihre Natur, nicht mauergleiche Berge dichtgedrängt stehen. Viertens fehlt, wie eben erwähnt, die Lichtzone vollständig an der ganzen Phasengrenze entlang, also allenthalben da, wo die Sonnenstrahlen nicht unter kleinsten Winkeln zur Oberfläche der Kugel reflektirt werden.

#### 4. Kapitel.

##### Die Resultate der Marsforschung bezüglich der festen Oberfläche des Planeten.

Wenn nach den oben angestellten Betrachtungen über die weissen Polarflecke des Mars die dunklen Partien seiner Oberfläche sich als Ansammlungen von Wasser oder einer dem Wasser gleichartigen Flüssigkeit ergeben haben, so folgt daraus schon, dass andere Theile, welche viel Licht zurückstrahlen, feste Fläche oder trockenes Land sein müssen. Dieser Schluss stützt sich zudem auf die Gestalt, Anordnung und Farbe der hellen Oberflächenstücke, indem wir Erfahrungen an unserer Heimathwelt auf die fremde übertragen, an ihr wiederholt zu sehen vermeinen.

Wie der durch *Schiaparelli* endgültig festgestellte Zusammenhang aller dunklen Marsflecke ganz unsern irdischen Beobachtungen an einer Flüssigkeit entspricht, die allenthalben ein gleichhohes Niveau haben muss und darum mit grosser Wahrscheinlichkeit über eine ganze Kugelfläche hin, wenigstens aber über grosse Stücke derselben, in Zusammenhang stehen wird, so wird dagegen das Trockene gerade aus dem letzteren Grunde diesen Zusammenhang durchweg nicht haben können, wenigstens nicht zu haben brauchen, sondern sich in völlig von einander getrennten grösseren oder kleineren Arealen darstellen.

Die auf der Marsoberfläche als festliegend konstatarnten hellen Theile strahlen nach *Schiaparelli* durchgängig ein Licht aus, welches die Farbe stärker oder schwächer gebrannter Ziegel trägt. Auch dieser Umstand lässt

uns auf irdischen Trockenflächen ähnliche schliessen. Der Pflanzenwuchs letzterer hinweggedacht, würden dieselben auf grosse Fernen hin gleichfalls gelb und gelbröthlich aussehen, wie wir das schon in etwa an entlegenen sonnenbeschienenen kahlen Bergen, Felsen, aufgeackerten Feldern, im grössten Maassstabe an Wüstenstrecken wahrnehmen. Irdischer Pflanzenwuchs, in heller Beleuchtung aus grossem Abstände gesehen, wird nur dazu dienen, dem allgemeinen Gelb oder Lichtbraun eine hellere Nuance zu verleihen, nicht aber mehr als lebhaftes Grün erscheinen können. Es mag daher auch grüner Pflanzenwuchs sein, welcher die helleren Schattirungen erzeugt, die manchen Marsländern oder Theilen von ihnen eigen sind, so wie offenbar Trübungen der Marsatmosphäre oder wirkliche Wolken den vorübergehenden weisslichen Glanz derselben verursachen, ähnlich wie die Dünste der Erdenluft schon auf verhältnissmässig kurze Strecken hin alle Farben ohne Unterschied in ein Grauweiss verwandeln.

Diese auf dem blossen Anblicke und der Analogie mit terrestrischen Verhältnissen fussenden Gründe haben hingereicht, um die Erforscher des Mars bei seinen lichterem Partien einstimmig von Land reden zu machen. Es gibt aber auch noch andere Gründe für diese Annahme, welche schliesslich massgebender sein dürften, weil sie aus tieferen Quellen herfliessen.

Ein Hauptverdienst *Schiaparelli's* bei seinen 1877er Forschungen besteht ohne Zweifel darin, dass er eine bis zu fast allen möglichen Einzelheiten genaue Karte der damals sichtbaren Oberfläche des Planeten anfertigte. Er wählte 62 über dieselbe vertheilte, leicht festzuhaltende Punkte, bestimmte ihre gegenseitigen Abstände nach areographischer Länge und Breite und zeichnete nach dieser Bestimmung die Grenzen aller besprochenen verschiedenfarbigen Flecke in ein Netz von Meridianen und Parallelen. Auf diese Weise wurde es möglich, die verhältnissmässige Grösse der Summe aller vermuthlichen Trocken- und augenscheinlichen Flüssigkeitsflächen abzuschätzen und so zu der angedeuteten tieferen Begründung dieser Unterscheidung zu gelangen. Wenn wir nun darangehen, in jedem der durch Meridiane und Parallele gebildeten Quadrate oder Rechtecke das hineinfallende helle oder dunkle Areal der Grösse nach zu vergleichen, das Gefundene nach den Längen- und Breitenreihen der geradlinigen Abtheilungen zu addiren und die Grössen letzterer nach Merkator's Projektion auf die wirkliche Kugelfläche zu reduziren, so werden wir mit ziemlicher Genauigkeit erfahren, der wievielte Theil letzterer trocken oder nass sei.

Das Ergebniss einer solchen Maassnahme ist nachstehendes: Die Gesamt-Quadratfläche aller hellen Theile des Planeten bis zum 40. Grade

nördlicher Breite verhält sich zu derjenigen aller dunklen Partien wie 209 zu 180, oder fast genau wie 7 zu 6. Die 1877 unsichtbare nördliche Zone ist nach *Mädler* vorherrschend hell, daher muthmaasslich trocken, und so würde durch Hinzurechnung derselben das Verhältniss nur in dem Sinne geändert werden, dass es für die absolute Gesammtheit des Festen noch grösser würde gegen die des Flüssigen. Nehmen wir an, es stellte sich wie 8 zu 6 oder 4 zu 3 heraus, was jedenfalls nicht weit neben die Wahrheit träfe. Damit hätten wir einen Sachverhalt, welcher von dem auf Erden sehr stark abweiche, da hier bekanntlich nicht viel mehr als ein Viertel der Oberfläche keine Wasserdecke trägt. Mit einem derartig bedeutenden Minder des flüssigen Marswassers würde natürlich ein gleiches Minder des in der Marsluft suspendirten übereinstimmen müssen, und das ist augenscheinlich der Fall nach der von *Schiaparelli* hervorgehobenen Beobachtung, dass gegen Ende des Jahres 1877 die ganze südliche Hemisphäre vollkommen und dauernd nebel- und wolkenfrei war, eine Thatsache, an deren Möglichkeit bei der Erde nicht gedacht werden könnte.

Weit entfernt aber, den Mars als einen von der Erde von Hause aus abweichend angelegten Weltkörper zu kennzeichnen, dienen beide Umstände gerade dazu, beide Planeten als im wesentlichen äusserst ähnlich zu charakterisiren. Wie so?

Nach der bekannten, von den Naturkundigen wohl allgemein angenommenen *Kant-Laplace'schen* Auffassung, welche das ganze Sonnensystem als aus einem Dunstballe langsam verdichtet ansieht, muss Mars sich lange vor der Erde von der schrumpfenden Masse dieses Urnebels abgelöst und schon einen selbstständigen kleinen dichteren Körper gebildet haben, als letztere noch einen äussersten Gasring des Zentral-Sphäroids bildete. Mars ist demgemäss viel älter als die Erde, und dieses höhere Alter muss sich nach Naturgesetzen in einer der beobachteten ähnlichen Ungleichgrösse der beiderseitigen Flüssigkeits-Hüllen aussprechen. Die ursprünglichen Dunst-kugeln der Planeten gingen nämlich, der erwähnten Hypothese nach, durch die gegenseitige Anziehung ihrer Bestandtheile allmählig in kleinere Bälle von Flüssigkeit, diese wieder in stetig langsamerem Tempo in noch kleinere feste Körper über, letzteres nachdem eine durch die Zusammenziehung entstandene Glühhitze gradatim durch Ausstrahlung in den kalten Weltenraum abgenommen hatte. Beim Festwerden irdischer geschmolzener Gesteinsstoffe wird, wie wir wissen, viel Wasser verbraucht, d. h. es hat mit denselben eine Verbindung einzugehen, ihre Masse bilden zu helfen, ohne weiterhin als Wasser vorhanden zu bleiben. Es sickert von der Oberfläche aus fortwährend

nach unten, kehrt natürlich beim Zusammentreffen mit Glühhitze als Dampf zurück, aber nie mit ganzer Masse, indem ein Theil unten Abkühlung und Erstarrung bewirkt und dabei zur Nimmerwiederkehr nach oben gebunden wird. Eine stetige Abnahme des Oberflächenwassers, der Meere, ist mithin eine mit der Erkaltung eines Weltkörpers nothwendig verbundene Erscheinung. Wenn also Mars Gesteinsstoffe und Wasser wie die Erde besitzt, was angenommen werden kann, oder wenn eine der irdischen ähnliche Beziehung zwischen seinem festwerdenden Material und einer dem Erdenwasser entsprechenden Flüssigkeit besteht, wie das vorausgesetzt werden darf, so wird er viel mehr von letzterer aufgezehrt haben in der ungeheuer viel längeren Abkühlungsdauer, die ihm auf Grund der genannten Entstehungs-Hypothese zuerkannt werden muss.

Die längere Zeit dieses Erkaltungs-Vorganges wäre es aber nicht allein, nach welcher sich die Flüssigkeitsdecken rücksichtlich ihrer relativen Grösse bei Erde und Mars zu unterscheiden hätten. Es käme auch der verschiedene körperliche Inhalt beider Kugeln dabei in Betracht. Mars hat nur 890 geographische Meilen im Durchmesser gegen 1720 der Erde, daher bildet letztere einen Ball von etwas über 7 (7,23) mal so grossem Volumen. Mit der Zunahme des Kubikinhaltes hält aber nicht die Vergrößerung der Oberfläche Schritt, sondern letztere wächst nur halb so rasch. Ein Beispiel im kleinen wird das veranschaulichen. Nehmen wir zwei Kugeln von 1 und 2 Fuss Durchmesser. Ihre beiderseitigen körperlichen Inhalte verhalten sich wie 1 zu 8, ihre Oberflächen aber nur wie 1 zu 4. Die kleinere Kugel hat also im Verhältnisse zu ihrem Volumen eine doppelt so grosse Aussenfläche als die grössere. Demnach besitzt Mars eine solche, welche im Vergleiche mit seinem Kubikinhalte fast zweimal so bedeutend ist als die der Erde. Nun zeigt die Physik, dass die Wärmeausstrahlung wächst wie die ausstrahlende Oberfläche bei gleichem Volumen, und es folgt daraus, dass Mars seine Eigenwärme seit je fast doppelt so rasch verloren habe als die Erde. In gleichem Maasse werden daher seine heissflüssigen Innenstoffe erstarrt sein, Wasser oder den ihm entsprechenden Stoff gebunden und dessen oberflächliche Menge, die Füllung der Meere, vermindert haben.

Das Untermaass an Wasser oder dessen Aequivalente bei Mars gegen die Erde ist demnach auf vorstehende Art erklärt, wenn wir voraussetzen, dass er ursprünglich von dieser Flüssigkeit im Verhältnisse zu seiner Grösse gleichviel besessen habe. Es wäre aber auch möglich, könnte man einwenden, dass diese Nachbarwelt von Anfang an mit Wasser (wie wir kurz

sagen wollen) spärlicher bedacht gewesen sei, und dass die für ihre heutige vorherrschende Trockenheit angeführten Gründe unnöthig wären. Gegen eine solche Annahme streitet auf das Entschiedenste der Befund des Trockenen, wie ihn *Schiaparelli* klargelegt und in seiner Karte dargestellt hat. Diese dicht aneinander gereihten, inselartigen, meist rundlichen und wie eine Art unregelmässigen Steinpflasters sich ausnehmenden hellfarbigen Flächen einerseits, die gestreckte Gestalt und Lage einiger Land- und Meerestheile andererseits beweisen schon bei oberflächlicher Betrachtung und immer entschiedener bei näherer, dass die Marsoberfläche in Urzeiten von einer bedeutend grösseren Menge des Flüssigen bedeckt gewesen sein müsse.

Wenn wir uns den Anblick eines entleerten schlammigen Wasserbeckens mit schwach bewegtem Wasser, eines Teiches nahe an seinem Ausflusse etwa, vergegenwärtigen, so stimmt derselbe in seinen Hauptzügen mit der äquatorialen Marsoberfläche überein. Wir sehen auf dem Teichboden das gleiche Nebeneinander von flachgewölbten Flächen, die durch ein Netzwerk schmalen, fast gerader Gräbchen von einander getrennt werden, welche Gräbchen oder Rinnen meist der Ausflussöffnung zu verlaufen und so bekunden, dass der vorherrschende Zug des überstehenden Wassers sie gerissen habe. Das Netzwerk von Kanälen, welches die Trockenflächen des Mars scheidet, zeigt auffällig übereinstimmend einen Verlauf der Wasseradern parallel den Meridianen und führt uns zu dem ersten Schlusse, dass einst Flüssigkeit diesen Boden viel höher bedeckt, und zu dem zweiten, dass sie eine Bewegung in nordsüdlicher Richtung gehabt habe. Wenn wir ferner die südliche Marsbreite zwischen 5 bis etwa  $40^{\circ}$  näher in's Auge fassen, so finden wir innerhalb derselben Bildungen, welche ganz offenbar ihre Entstehung einem allmäligen Flötzvorgange verdanken. Ueber einen Bereich von 300 Längengraden, also fast um die Marskugel herum, verlaufen schmale Landzungen mehr oder minder gleichmässig in einer nordwestlichen Richtung und lehnen sich mit ihren beiden Enden an grössere, meist rundliche Landkomplexe an. Diese Landzungen sind fast alle in ihrer Mitte am schmalsten. Das Wasser spült dort noch immer am weitesten von beiden Seiten her über dieselben hin und beweist so die dort befindliche geringste Erhebung, wie sie der Effekt einer etwa alternirend von beiden Enden her stattfindenden oder vielmehr ehemals stattgefundenen Ab- und Anschwemmung sein müsste. In ein paar Fällen ist diese Zungenmitte dunkler gefärbt als das übrige Land, oder sie ist sogar noch nicht sichtbar unter der überstehenden Wasserdecke. *Schiaparelli* nennt diese dunklen Striche *bassi fondi* (Untiefen), wo der Boden durch

eine dünne Wasserschicht hervorschimmere. Beides Landzungen und Untiefen, in ihrer Erscheinung fremdartig, irdischen Bodengestaltungen gegenüber, finden, wie angedeutet, ihre volle und einzige Erklärung in der Annahme, dass einst eine viel höhere und allgemeine Seeflut in der nämlichen Richtung sich nach langen Zeiträumen strömend bewegt und von kleineren Inseln, deren Basen jetzt viel breiter trocken liegen, Boden abgspült und ihn weiterhin wieder abgesetzt habe. Ein breiter Streif solches Schwemmbodens, über 130 Längengrade hin sich erstreckend, an beiden Enden schon völlig trocken, dagegen grösstentheils noch schwach wasserbedeckt und in der Mitte auf kurzer Strecke noch ganz unsichtbar, fügt sich in seinem Zuge den seitlich gelegenen grösseren Festländern ganz so, wie es eine Aequatorialströmung thun würde. Das fast runde Festland südlich dieser ungeheuer langen, gewundenen Schwemmbank hat sichtlich eine Strömung gestört, welche sich in Folge dessen spaltete und so auch einen kurzen und schmaleren Zweig der Flötzwirkung südwestlich des Hindernisses richtete. In einem grösseren ursprünglichen Seebassin, zwischen 320 und 60° der Länge gelegen, hat sich augenscheinlich unter dem Widerstande von Festem eine Rückströmung nach Osten ausgebildet gehabt, welche von einer kleinen Insel, deren jetzt hervorgetretene breitere Basis besonders hellglänzend erscheint, eine fast 60 Parallelgrade lange Untiefe abschwemmte. Starke Rückströmungen von Norden her haben in demselben Meeresbecken Ablagerungen von Schwemmmaterial erzeugt, die sich unter fast rechten Winkeln an die gedachten von Südosten her anlehnen. Dass diese Schwemmbänke an den Stellen ihres rechtwinkligen Zusammentreffens am hellsten erscheinen und somit am höchsten sind, beweist gedachte Wasserbewegung ebenso klar, wie es ihre Lage thut. Wir kommen später abermals hierauf zu reden.

Die Spuren alter Strömungen gehören sämmtlich nur der südlichen tropischen, subtropischen und gemässigten Region an; dagegen fällt das Netz enger Wasserkanäle zwischen dichtliegenden inselartigen Flächen vorherrschend in die nördliche tropische und subtropische Zone, welche somit von Anfang an überwiegend Trockenfläche gewesen sein muss. Jetzt verhält sich zwischen Aequator und 40° südlicher Breite das Trockene zur Wasserfläche wie 17 zu 19, dagegen in dem gleichgelegenen nördlichen Bereiche wie 19 zu 5, oder wie 17 zu 4 $\frac{1}{2}$ . Südlich des Aequators überwiegt also, innerhalb der genannten Grenzen, das Wasser, nördlich das Land ganz bedeutend. Dort kann ferner niemals der Wasserstand so hoch gewesen sein wie südlich, aus dem Grunde, dass wir keine Spuren von

Ab- und Anschwemmungen in südwestlicher Richtung daselbst entdecken, welche, wenn vorhanden, noch heute den Lauf der Kanäle bestimmen müssten, was schlechterdings nicht der Fall. Desto klarer aber spricht der fast durchgehends nordsüdliche Verlauf der Kanäle für einen forcirten Wasseraustausch hin und her über die nördliche Aequatorialzone, welcher Wasseraustausch demnach bestanden haben muss zwischen den beiden polaren Meeresbecken — denn auch der Nordpol besitzt ein solches, wenn schon beträchtlich kleineres, nach den Darstellungen *Mädler's*, die hoffentlich bei künftigen günstigen Oppositionen zu grösserer Genauigkeit gelangen werden. Dass die nordsüdliche Bewegung (Verschiebung) des Wassers erzwungen gewesen sei, geht daraus hervor, dass es sich die kürzesten Wege hat bahnen müssen. Dass sie hin und her gegangen sei, erhellt aus dem Umstande, dass sämmtliche Kanäle an beiden Enden buchtartig erweiterte Mündungen zeigen, also bedeutende Abnutzung der Ufer durch heranrückende Flüssigkeit stattgefunden hat.

Es erübrigt noch, auf zwei Umstände bezüglich der Trockenfläche des Mars hinzuweisen, welche dem Forscher interessant sein müssen. Es sind die, dass seine Landmassen erstens, wie bei der Erde, sehr überwiegend einer der nach Nord und Süd geschiedenen Halbkugeln zugetheilt sind, und dass sie zweitens auf beiden Planeten der Nordhalbkugel angehören.

## 5. Kapitel.

Welchen Einblick in die Entwicklung des Erdkörpers gestattet uns die erlangte Kenntniss der Marsoberfläche? A.

*Schiaparelli* spricht die Erwartung aus, die genauere Bekanntschaft mit Mars werde dazu dienen können, über den Grund oder Ungrund der Theorien *James Croll's* und anderer bezüglich der sogenannten säkularen „Eiszeiten“ der Erde zu entscheiden. Er selbst macht freilich keinen Versuch dieser Art, wahrscheinlich darum nicht, weil er ausserhalb des Rahmens seiner Arbeit gelegen und deren Einheit gestört haben würde. Ein solcher Zweck erscheint uns aber besonders wichtig, und wir wollen ihn daher in den folgenden Kapiteln dieser Schrift namentlich verfolgen.

Da nicht vorausgesetzt werden kann, dass die Mehrzahl der Leser derselben Gelegenheit gehabt haben werde, von den gedachten Theorien Kenntniss zu nehmen, so wird eine kurze Auseinandersetzung bezüglich derselben zunächst hier am Platze sein. (Eine solche, für den gleichen

Leserkreis berechnete, ist etwas ausführlicher enthalten in einer Abhandlung zum 1879er Programm der städt. Realschule I. Ordnung zu Köln, „Sonne und Mond als Motoren und Anordner der verschiebbaren Erdstoffe“ betitelt und als Separat-Abdruck durch die *Lengfeld'sche* Buchhandlung in Köln zu beziehen.)

Es ist oben schon der *Kant-Laplace'schen* Hypothese gedacht worden, nach welcher unser ganzes Sonnensystem aus einem jener ungeheuren Dunstbälle sich nach und nach verdichtet habe, wie sie das Fernrohr noch heute in den Tiefen des Weltenraumes in grosser Zahl entdeckt. Als Hauptanhaltspunkte dieser Hypothese dienten die Sachverhalte, dass sich die Sonne, sämtliche Planeten und deren Monde (mit einer gewissen Ausnahme der Uranus-Begleiter) in fast gleicher Richtung um ein gemeinsames Zentrum und um sich selbst drehen, und dass sich die Dichtigkeiten aller dieser Körper, so weit bekannt, fast umgekehrt verhalten wie ihre Volumina, d. h. die Materie der kleinsten am meisten, die der grössten am wenigsten zusammengedrängt ist. Ein sehr langsam sich um sich selbst drehender Gasball, sagte man, welcher unter der Wirkung der allgemeinen Anziehung allmählig geschrumpft sei, habe in Folge seiner Verkleinerung immer rascher rotirt und so hintereinander äusserste Dunstringe abgestossen, welche sich nun ihrerseits zu Kugeln ballten und zusammenzogen. Diese vom grossen früheren Ganzen abgetrennten Dunstkugeln, am meisten die grössten äussersten, haben dann, schloss man weiter, jede für sich denselben Prozess durchgemacht und so ihre Monde gebildet. Bei Saturn sei dieser Vorgang für letztabgestossene Dunstringe noch nicht vollendet. So sei die gemeinsame Rotationsrichtung und das genannte Verhältniss zwischen Grösse und Dichtigkeit der sämtlichen Körper des Sonnensystems herausgekommen.

Diese Hypothese als der Wahrheit entsprechend angenommen, war, nach unserer Erfahrung an Erdstoffen, eine Folge der Verdichtung die Erhitzung aller Kugeln in sich, so lange ihr Volumen noch stark abnahm. Erhitzung ist heute noch in einem hohen Grade bei dem grössten aller Körper des Systems, der Sonne, vorhanden und dient als Wärme- und Lichtquelle für die übrigen. Letztere dagegen haben von ihrer ursprünglichen Eigenwärme durch Ausstrahlung in den sehr kalten Weltenraum immer mehr verloren von der Zeit an, in welcher sie fast bei ihrem kleinsten Volumen angekommen waren und die unbedeutender gewordene Pressung ihrer Stoffe nicht länger den Verlust ersetzen konnte.

Die Naturforschung hat nun bei dem Körper unserer Erde, einer der gedachten Weltkugeln, eine Anzahl triftiger Gründe zu Tage gefördert, welche

für die hohe Eigenwärme derselben in Urzeiten ihrer Existenz sprechen. Wie gering auch bis jetzt die Tiefen blieben, in welche der Bergbau eindrang, so begegnete er je weiter unterhalb der Oberfläche je höherer Bodentemperatur, durchschnittlich einer Zunahme von  $1^{\circ}$  Celsius bei je 100 Fuss weiter abwärts. An unzähligen Stellen sämtlicher Länder brechen Quellen hervor, die mitunter bis zur Siedehitze erwärmtes Wasser führen. Geschmolzenes Gestein, feurige Asche, glühende Gase und Dämpfe werden allenthalben auf dem Erdenrunde von Zeit zu Zeit über die Oberfläche emporgeschleudert. Die Struktur und Zusammensetzung einer überwiegenden Masse des Erdgesteins verräth einen vormaligen Glutzustand, welcher freilich theils nur mehr schwer zu erkennen ist, weil Jahrmillionen der Pressung zwischen festen Massen, chemischer Einwirkung und des durch das Wasser ausgeübten Einflusses grosse Veränderungen des Aussehens bewirkt haben. Es ist mit grösster Sicherheit erkannt worden, dass die Polargegenden der Erde einst einen üppigen Pflanzenwuchs getragen haben der Art, wie er jetzt nur der heissen Erdzone und subtropischen Strichen eigen ist. Diese Gebiete um die Erdpole haben seit allem Erdenbestehen jährlich ihre lange Winternacht gehabt und stetig nur schräge und darum wenig wirksame Sonnenbestrahlung genossen, würden daher nie mehr als jetzt im Stande gewesen sein, reiches Pflanzenleben zu erzeugen, ohne einen Wärmeheerd unterhalb, welcher dem ertödtenden Einflusse der langen Finsterniss und der Abwesenheit zugestrahelter Wärme entgegenwirkte. Die Verbreitung der Vegetation über die heutigen Festländer lässt das forschende Auge noch erkennen, dass sie von den Polargegenden ausgegangen sei und gleich Sternstrahlen von dort nach dem Aequator zu sich verbreitet, dass demnach an den jetzt kältesten Stellen zuerst auf Erden ein für organisches Leben geeigneter Grad der Abkühlung Platz gegriffen habe. Alle diese Thatsächlichkeiten gipfeln in dem Satze: Der Erdkörper hat ehemals eine viel höhere Eigenwärme als jetzt besessen, und aus diesem folgt der andere: Er wird die noch vorhandene allgemach und unaufhaltsam, wenn auch je später je langsamer verlieren.

Der so erwachsenen Ueberzeugtheit von einer nur abwärts schreitenden Wärmehöhe an der Erdoberfläche stellte sich seit 30 Jahren ein anderes Ergebniss der Erderforschung zur grössten Ueberraschung der Fachgelehrten nicht nur, sondern aller denkenden Menschen entgegen. Es war folgendes: Eismassen von ungeheurer Grösse haben in einer gewissen Vorzeit die Gebirge aller jetzt gemässigten Länder der nördlichen Erdhalbkugel bedeckt, und zwar nicht allein alpenhohe Bergketten, sondern ebenso

niedrige, wie die Vogesen, die Berge Schottlands, Norwegens etc., welche alle heutzutage und so weit zurück, wie die Geschichte reicht, nie mehr dauerndes Eis getragen haben. Das urzeitliche, an hinterlassenen Fussstapfen auffallendster Schärfe nachgewiesene Eis war das der Gletscher gewesen, welche sich von hochgelegenen Gebirgsmulden aus langsam thalabwärts bewegen und die unverkennbarsten Spuren dieser Ortsveränderung zurücklassen.

Dieser Entdeckung gegenüber kam man selbstverständlich nicht mehr mit der langsamen Abkühlung der Erde als Erklärung aus. Es blieb nichts anderes übrig, als Wechselzustände der Wärme an der Erdoberfläche anzunehmen und zwar, so schien es, solche von sehr beträchtlicher Verschiedenheit.

Zunächst ganz rathlos, griff man nach und nach zu allerlei vermeintlich möglichen Ursachen. Einer behauptete, die Rotationsachse der Erde könne in Vorzeiten anders gelegen haben und zwar so, dass der Nordpol damals irgendwo hin innerhalb Europas gefallen sei. Ein zweiter Gelehrter meinte, die Sonne sei am Ende einmal auf lange Zeit verdunkelt worden und habe darum der Erde wenig oder keine Wärme gespendet. Ein Dritter nahm die Bewegung des ganzen Weltalls zu Hülfe und dachte sich unser ganzes Sonnensystem als zeitweilig in einem besonders kalten Theile des Weltenraumes befindlich gewesen. Ein Vierter wollte die riesigen schweizer Gletscher der Vorzeit auf eine Seebedeckung der Sahara zurückführen, aus welcher jetzt ab und zu der eisverzehrende „Föhn“ wehe. — Alle diese Griffe der Noth erwiesen sich aber als haltlos oder unzureichend. Die Physik bewies endgültig, dass die Erdachse nie anders als heute im Erdkörper gelegen haben könne, sondern immer den kürzesten Durchmesser des Sphäroids (an den Polen platter Kugel) gebildet haben müsse; dazu würde ja auch ihre Anderslage die nordamerikanischen Gletscher nicht erklären. Die Unterbrechung der Sonnenwirksamkeit, schon an sich undenkbar nach neuerer genauerer Kenntniss dieses Körpers, hätte wohl Eis über den ganzen Erdboden hin erzeugen können, aber keine Gletscher, welche erfahrungsmässig bei geringster Wärme gerade am schlechtesten gedeihen und selbst gar nicht entstehen. Eine angenommene kälteste Gegend des Weltenraumes hätte aus gleichem Grunde keine Gletscher erzeugt. Das Saharameer, als Ursache gedacht, würde immer nur die schweizer Gletscher vielleicht in etwa haben wachsen machen, nicht aber mit allen übrigen haben in Zusammenhang stehen können. Von dem warmen Winde (Föhn) wurde aber dazu dargethan, dass er gar nichts mit der Sahara zu thun

habe. Der Enträthselung der uralten Eisperiode war man somit noch um keinen Schritt näher gekommen.

Da auf einmal schien einem französischen Gelehrten, *Adhémar*, ein lichter Gedanke aufgegangen zu sein mit der Annahme, Wechselzustände der Erdtemperatur ständen in genauem und alleinigem Zusammenhange mit den Gesetzen, welchen die Erde als Weltkörper in Beziehung zur Sonne unterliegt. Um diese Hypothese verstehen zu lernen, müssen wir auf unser 1. Kapitel zurückgreifen. Wir haben dort einige der hier in Betracht kommenden Gesetze besprochen, in wiefern sie den Mars betreffen. Bezüglich der Erde lauten dieselben so: Sie beschreibt, wie Mars, eine elliptische Bahn um die Sonne. Die Ebene ihres Aequators schneidet ebenfalls diejenige ihrer Bahn in zwei gegenüber liegenden Punkten, welche man die der Tag- und Nachtgleichen nennt. Diese beiden Punkte zerlegen auch die Erdbahn in zwei Stücke von ungleicher Erstreckung, deren längeres die Erde heutzutage in einer um 7 Tage beträchtlicheren Zeit zurücklegt als das kürzere. Gegenwärtig trifft es sich, dass die nördliche Halbkugel der Erde ihren Frühling und Sommer hat, während das längere Bahnstück durchlaufen, Herbst und Winter aber, während das kürzere abgethan wird. Für die Südhalbkugel der Erde ist die Sache selbstverständlich gerade umgekehrt: sie hat 7 Tage mehr Herbst und Winter, als Frühling und Sommer. Nun bleibt aber diese Vertheilung wärmerer und kälterer Jahreszeiten auf die beiden Halbkugeln nicht dieselbe, sondern ist einem langsamen Wechsel unterworfen. Die Punkte der Tag- und Nachtgleichen nämlich rücken stetig langsam in der Ekliptik weiter von Osten nach Westen oder wie die Uhrzeiger, und die grosse Achse der Erdbahnelipse dreht sich ebenso stetig dem Laufe der Uhrzeiger entgegen. Beiderlei einander entgegengesetzte Bewegungen zusammen beschreiben in etwa 21,000 Jahren einen vollen Rundgang um die Ekliptik und bewirken, dass mittlerweile beide Erdhalbkugeln einmal ihre Jahreszeitenlängen vertauschen, 10,500 Jahre lang die längeren, 10,500 Jahre lang die kürzeren Sommer- und Winterdauern erfahren. Der grösste jährliche Unterschied beträgt für jede Hemisphäre 8 Tage, und der Gesamtunterschied summirt sich in 10,500 Jahren zu  $153\frac{1}{2}$  Jahren auf.

*Adhémar* sagte nun: Während  $10\frac{1}{2}$  tausend Jahren hat immer die eine der Erdhalbkugeln gegen die andere einen doppelten Nachtheil in Rücksicht der Sonnenerwärmung. Nicht allein empfängt sie eine um die angegebene Zeit kürzere Sonnenbestrahlung, sondern verliert auch in den Winternächten, welche ihr in derselben Gesamtsumme zahlreicher zufallen,

Wärme durch Ausstrahlung in den Weltenraum. Die eine und andere Wirkung ist am grössten an dem betreffenden Erdpole und innerhalb einer breiteren Kreiszone um denselben. Dort bildet sich also nicht nur mehr Eis, sondern wird auch desselben weniger geschmolzen. Den Pol umgibt ein immer höher wachsender Eispanzer, welcher sich bis weit über die gemässigte Zone hin erstreckt und zuletzt in seiner Mitte mehre Meilen (*lieues*) Höhe erreicht. Dieser Eispanzer beschwert die betreffende Halbkugel mit seinem Gewichte, verlegt den Schwerpunkt der Erde und nöthigt das Wasser der Ozeane, dieser Hemisphäre zuzuströmen und sie bedeutend höher zu bedecken. Nach 10,500 Jahren, wann sich die Wärmevertheilung langsam umgekehrt hat, fängt die hohe Eisschale an langsam abzuschmelzen, erst an den dünneren Rändern rings herum, nach und nach immer mehr der Mitte zu. Die ganze Eismasse wird allgemach durchhin morsch und bricht zuletzt plötzlich in voller Auflösung zusammen. Die so entstehende örtlich überschüssige Wassermasse muss sich ausgleichen, strömt zur anderen Halbkugel hin, und da der Erdschwerpunkt bei dem plötzlichen Zusammenbruche des Eises und der gleichzeitigen Wasserverbreitung rasch von seiner früheren Verschiebung zurückverlegt wird, so erfolgt der Ausgleich mit grosser Gewalt und zerstört das Feste allenthalben, wo er demselben begegnet. So erklären sich die Zertrümmerungen an Ufern und Gebirgen, deren Spuren wir in den Schwemmgesteinen der Festländer sehen. Heute, schloss *Adhémar*, hat die südliche Halbkugel der Erde etwas über die Hälfte einer ihr zufallenden Kälteperiode hinter sich, daher ist sie die bei weitem kältere und seebedeckte. Nach etwas weniger als einer weiteren Hälfte dieser Kältezeit wird für sie die wärmere beginnen, und werden Eis und Meer nach Norden zurückkehren. So schien das Räthsel der alten kolossalen Gletscherbildung gelöst. Sie hatte nach *Adhémar* einer  $10\frac{1}{2}$  tausendjährigen Kältezeit angehört.

Aber nicht allzulange erfreute man sich dieser anscheinenden Enträthselung. *Herschel*, der grosse englische Astronom, wies zuerst und sehr bald auf das Irrthümliche in *Adhémar's* Hypothese hin. Er machte darauf aufmerksam, dass immer und jederzeit vollständiger Ersatz stattfindet für die kürzere Sonnenbestrahlung sowohl als für die längere Ausstrahlung. Für erstere nämlich wird er geschafft durch den Umstand, dass genau in dem Verhältnisse der kürzeren Zeit die Erde der Sonne näher ist und stärker von ihr beschienen wird; für letztere besteht er darin, dass, nach einem Gesetze der Physik, die Ausstrahlung genau in dem Maasse geringer ist, als weniger Wärme zugeführt wird. Der schlagendste Grund gegen *Adhémar*

bestand aber darin, dass von dem ungeheuren, auf dem festen Boden ruhenden Eispanzer des Südpols, welcher heute bis über die Hälfte seiner Mächtigkeit und Breite ausgebildet sein müsste, sich keine Spur vorfindet. Wenn das aber jetzt nicht der Fall, so kann es in längst vergangenen Erdzeiten um so weniger der Fall gewesen sein, weil damals die Eigenwärme der Erde noch viel grösser sein musste und die Eisbildung entsprechend stärker hinderte.

Trotzdem wurde *Adhémar's* Gedanke nicht fallen gelassen von einigen französischen Geologen und ebenso festgehalten von Fachgelehrten anderer Nationen, die mit einer oder der anderen kleinen Abänderung den nachgewiesenen Mängeln abzuhelfen vermeinten. Unter solchen dann immer angeblich neuen Hypothesen hat die Eingangs dieses Kapitels erwähnte von *James Croll*, einem schottischen Geologen, in der Gegenwart namhafte Anhänger und Vertheidiger. Sie ist im wesentlichen die nachstehende:

Die Erdbahn hat nicht zu allen Zeiten genau die gleiche Gestalt. Sie schwankt zwischen einer solchen, die sich, wie die heutige, dem vollkommenen Kreise sehr nähert (ohne ihn jemals zu erreichen), und einer solchen, die stärker von ihm abweicht. Die Exzentrizität oder der mit der Bahngestalt veränderliche Abstand der Sonne vom Mittelpunkte der Bahnellipse kann, nach den von dem berühmten französischen Astronomen *Leverrier* gefundenen Formeln,  $4\frac{1}{2}$  mal so gross werden, als er jetzt ist, und er ist in Vorzeiten der Erde wiederholt bis nahe oder ganz zu dieser höchsten Grösse angewachsen. Der Längenunterschied der warmen und kalten Jahreszeiten hat alsdann sich bis zu Beträgen von 36 Tagen erhöht gegen die jetzt nur mögliche höchste Differenz von 8 Tagen, wie sie zuletzt in das Jahr 1248 nach Christo fiel. Wenn bei kleinen Exzentrizitäten, wie der gegenwärtigen, der von *Herschel* gegen *Adhémar* hervorgehobene Ausgleich zwischen Bestrahlungsdauer und Intensität derselben, zwischen Wärmeverlust und Wärmeanhäufung stattfindet, so gilt das nicht unbedingt von den Perioden einer grossen Exzentrizität. Rücksichtlich eines direkten Einflusses zwar muss auch dann derselbe Ausgleich im Gange bleiben, kann aber nicht eintreten rücksichtlich eines indirekten. Es gelangen nämlich bei hoher Exzentrizität mehre von ihr abhängige Erscheinungen zu solcher Stärke, dass sie eine grosse Ungleichheit der Wärmevertheilung auf Nord- und Südhalbkugel der Erde erzeugen müssen. Wenn bei einer sehr bedeutenden Ungleichtheilung der Erdbahn nach den Jahreszeiten-Längen der Winter einer Hemisphäre die längste Jahreszeit wird, so ist in dessen mittleren, kältesten Tagen die Sonnenwärme sehr gering. Gefrorener Niederschlag und Eisbildung erreichen ein solches Uebermaass, dass der nachfolgende kurze Sommer, trotz seines

energischeren Sonnenscheines, weder Schnee noch Eis vollständig wieder zu Wasser auflösen kann, besonders deshalb nicht, weil die Sonnenwärme von der guten Reflexionsfläche zum grossen Theile ungenützt wieder gegen den Weltraum zurückgeworfen wird. Ein Rest von Schnee und Eis bleibt zurück und hilft im nachfolgenden Winter die Menge erhöhen. Das geht so weiter und weiter. Die sich fort und fort anhäufenden Massen gefrorenen Wassers aber verschlucken, ohne zu schmelzen, eine solche Menge Wärme, dass keine oder nur sehr wenige übrig bleibt, um in Boden und Luft überzugehen. So wird der eine Pol bedeutend kälter als der andere, und sein Gegensatz zur heissen Zone wird in demselben Grade grösser. Gegensätze erregen Ausgleich in entsprechendem Maasse. Der Wärmeunterschied zwischen Pol und Aequator sucht sich überhaupt, namentlich aber in Luftströmungen, den Passaten, auszugleichen, der grössere mithin in einem stärkeren stehenden Luftstrome oder Passate, welcher den schwächeren der anderen Halbkugel nach deren Pole hin zurückpresst. Die Passate in erster Reihe und das mit ihnen zusammenhängende Windsystem der Erde erregen alle Meeresströmungen, zunächst die warmen der Meeresoberfläche. Letztere werden also auch nach dem minder kalten Pole zu verschoben und helfen sein Mehr an Wärme erhöhen, sind in der That schliesslich die Hauptfaktoren der hemisphärischen Temperatur-Verungleichung. Auf diese Weise wird im Laufe der Jahrtausende eine viele (engl.) Meilen hohe Gletscherkruste über den polaren und gemässigten Strichen der benachteiligten Hemisphäre möglich, welche Kruste den Schwerpunkt der Erde verlegt und die vereiste Hemisphäre zugleich zur vorherrschend ozeanischen macht. Nach je  $10\frac{1}{2}$  tausend Jahren wechseln diese Zustände während der Dauer hoher Exzentrizität, mit deren Aufhören sie zu vollständigem Stillstande kommen. —

Wie kann nun der Planet Mars nach *Schiaparelli's* Meinung zu einem Prüfsteine dieser *Adhémar-Croll'schen* Theorie eines kosmisch begründeten Temperaturwechsels an der Erdoberfläche dienen? und welches würde der Ausfall einer solchen Prüfung sein? Wir wollen das klarzulegen versuchen.

Zunächst müssen wir zusehen, ob die Bedingungen, unter denen bei Mars und Erde die einschlägigen identischen Weltgesetze in Wirksamkeit treten, dieselben oder für eine Nebeneinanderstellung hinreichend ähnliche sind. Wir haben daher in erster Linie das oben Behandelte kurz zu rekapituliren und hier und da zu ergänzen. Die voraufgegangenen Betrachtungen haben gezeigt, dass erstens Mars und Erde eine Atmosphäre besitzen; dass zweitens in beiden Lufthüllen sich Trübungen zeigen, welche

das Spektroskop für Dampf in Bläschenform erklärt; dass drittens ein Körper, welcher blendend weisses Licht zurückstrahlt, auf beiden Weltkörpern an einander entsprechenden Stellen vorhanden ist; dass viertens dieser lichte Körper bei Mars und Erde unter dem Einflusse der Sonnenwärme sich verliert und einem schwach lichtreflektirenden Platz macht, welcher letztere dort und hier zusammenhangende Flächenstrecken so überdeckt, wie es nur ein der Anziehung vollkommen gehorchender Stoff, eine Flüssigkeit, thun kann, wenn er, wie bei Mars besonders klar ersichtlich, Hin- und Herbewegungen unterworfen gewesen ist. Ein vollkommener Parallelismus der Oberflächen-Zustände ist also vorhanden.

Bezüglich der hier bedeutsamen gleichen oder ähnlichen Beziehungen von Mars und Erde zur Sonne sagt uns die Astronomie mit vollster Sicherheit: Beide Weltkörper umkreisen diesen Zentralkörper auf elliptischen Bahnen. Beide neigen ihre Drehungsachsen gegen ihre Bahnebenen, haben demnach recht merklichen und starken Jahreszeiten-Wechsel in allen aussertropischen Zonen. Rücksichtlich gewisser hier wichtiger Verschiedenheiten der gedachten Beziehungen steht es ebenso fest, dass ein Umlauf des Mars um die Sonne, also sein Jahr, fast doppelt so lang ist als das der Erde; dass die Neigung seiner Rotationsachse um  $5^{\circ}$  grösser ist als bei der Erde, somit bei ihm die Wendekreise um  $10^{\circ}$  weiter auseinander liegen oder die heisse Zone um so viel breiter ist, wogegen die beiden kalten um ein Gleiches weniger Durchmesser haben als die irdischen, weil die Sonne um  $5^{\circ}$  höher über den Horizont beider Marspole steigt; dass bei einer fast  $5\frac{1}{2}$  mal so hohen Exzentrizität der Marsbahn die kalten und warmen Jahreszeiten für die nach Nord und Süd getrennten Halbkugeln jetzt um 76 Tage verschieden lang sind gegen 7 bei der Erde, und circa 83 Tage verschieden lang werden können gegen 8 bei letzterer, welche Differenzen sich freilich in Anbetracht der verschiedenen Jahreslängen auf die kleineren Verhältnisse von etwa 7:40 und 8:43 reduciren. Schliesslich ergibt sich aus den beiderseitigen Abständen von der Sonne, dass die mittlere Erleuchtung und (gleiche Luftbeschaffenheit vorausgesetzt) Erwärmung bei Mars etwa  $\frac{3}{8}$ tel (0,43) derjenigen der Erde, die höchste etwas über die Hälfte (0,52), die niedrigste stark  $\frac{1}{3}$ tel (0,36) derselben beträgt, wonach beide Intensitätsgrenzen in Perihel und Aphel sich wie 29:20 verhalten. Wenn nach diesen letzteren Daten die richtigen Durchschnitte der Erwärmung mit resp.  $26\frac{1}{2}$  und 24 für die entsprechenden Jahreszeitenpaare einer Halbkugel genommen werden, so verhalten sich diese Mittelzahlen genau umgekehrt wie die ungleich langen Zeiträume des Marsjahres für die eine und andere Hemisphäre.

Wir sehen, eine erste Hauptbedingung der *Croll'schen* Hypothese ist bei Mars erfüllt. Seine Bahn hat jetzt eine Exzentrizität, welche die von *Croll* für terrestrische Kältezeiten verlangte sogar stark übertrifft. Die höchste, nach den *Leverrier'schen* Formeln von *Stone* und *Croll* für die Erdbahn berechnete soll die heutige um das  $4\frac{1}{2}$  fache übertroffen haben; andere so gefundene, Eiszeiten verursachende Exzentrizitäten waren, gedachtem Calcul zufolge,  $2\frac{1}{2}$  oder 3 mal so hoch als die gegenwärtig vorhandene. Die Exzentrizität der Marsbahn erreicht, wie angeführt, fast  $5\frac{1}{2}$  gegen 1 bei der Erde.

Eine zweite Hauptbedingung *Croll's* findet gleichfalls heutzutage für Mars statt. Wenn wir unsere Fig. 2 ansehen, so bemerken wir, dass das Aphel (Sonnenferne) seiner Bahn ganz nahe an dem Wintersolstitium der südlichen Halbkugel angekommen ist, nur noch etwa  $\frac{2}{15}$ tel der Bahnstrecke vom absteigenden Knoten bis hierhin zurückzulegen hat. \*) Die mittleren Wintertage der südlichen Marshemisphäre müssen daher, nach *Croll*, heute solche sein, an denen, wegen minimaler Sonnenbestrahlung, Schnee und Eis der Polarregion sich so profus bilden, dass der nachfolgende kurze Sommer sie nicht wegzuschaffen vermag, sie somit im Laufe der Zeit zu kolossalen Massen anwachsen, welche den Schwerpunkt der Kugel verlegen, das Meerwasser nach der überladenen Halbkugel abzufließen nöthigen und letztere auf diese Weise in eine vorwiegend ozeanische verwandeln.

Beobachten wir nun bei Mars etwas Derartiges? Antwort: Keine Spur davon. Trotzdem, dass die Winterkälte an seinem Südpole die grösstmögliche der Erde noch bedeutend überbieten muss wegen der fast doppelt so langen Winternacht (338 Tage gegen  $182\frac{1}{2}$ ), der halb so dichten Luft, der auf fast  $\frac{1}{3}$ tel reduzierten zugestrahnten Wärme, sehen wir im südlichen Sommer den Polarschnee in einer Zeit von etwa  $2\frac{1}{2}$  Erdenmonaten reinauf wegschmelzen. Ein winziges Restchen der weissen Kalotte, welches zu bleiben scheint, kann wegen seiner stark seitlichen Lage zum Pole unmöglich eine Stelle geringster Wärmewirkung bezeichnen, daher kein Schnee sein, muss vielmehr als ein Gletscherkomplex aufgefasst werden, welcher auf Festland ruht und nach irdischer Erfahrung der Sonne nicht weichen kann. Von einer stetigen Vergrößerung dieses Restchens kann schlechterdings keine Rede sein, denn schon seit mehr als einem Jahrtausend sind die Verhält-

\*) Der halbe Umlauf des Marsperihels dauert 9866 seiner Jahre. Von dieser Zeitstrecke hat es jetzt, seit der letzten Gleichstellung der Jahreszeiten, 4228 Jahre zurückgelegt und bis zur nächsten noch 5638 Jahre zu laufen.

das Spektroskop für Dampf in Bläschenform erklärt; dass drittens ein Körper, welcher blendend weisses Licht zurückstrahlt, auf beiden Weltkörpern an einander entsprechenden Stellen vorhanden ist; dass viertens dieser lichte Körper bei Mars und Erde unter dem Einflusse der Sonnenwärme sich verliert und einem schwach lichtreflektirenden Platz macht, welcher letztere dort und hier zusammenhängende Flächenstrecken so überdeckt, wie es nur ein der Anziehung vollkommen gehorchender Stoff, eine Flüssigkeit, thun kann, wenn er, wie bei Mars besonders klar ersichtlich, Hin- und Herbewegungen unterworfen gewesen ist. Ein vollkommener Parallelismus der Oberflächen-Zustände ist also vorhanden.

Bezüglich der hier bedeutsamen gleichen oder ähnlichen Beziehungen von Mars und Erde zur Sonne sagt uns die Astronomie mit vollster Sicherheit: Beide Weltkörper umkreisen diesen Zentralkörper auf elliptischen Bahnen. Beide neigen ihre Drehungsachsen gegen ihre Bahnebenen, haben demnach recht merklichen und starken Jahreszeiten-Wechsel in allen aussertropischen Zonen. Rücksichtlich gewisser hier wichtiger Verschiedenheiten der gedachten Beziehungen steht es ebenso fest, dass ein Umlauf des Mars um die Sonne, also sein Jahr, fast doppelt so lang ist als das der Erde; dass die Neigung seiner Rotationsachse um  $5^{\circ}$  grösser ist als bei der Erde, somit bei ihm die Wendekreise um  $10^{\circ}$  weiter auseinander liegen oder die heisse Zone um so viel breiter ist, wogegen die beiden kalten um ein Gleiches weniger Durchmesser haben als die irdischen, weil die Sonne um  $5^{\circ}$  höher über den Horizont beider Marspole steigt; dass bei einer fast  $5\frac{1}{2}$  mal so hohen Exzentrizität der Marsbahn die kalten und warmen Jahreszeiten für die nach Nord und Süd getrennten Halbkugeln jetzt um 76 Tage verschieden lang sind gegen 7 bei der Erde, und circa 83 Tage verschieden lang werden können gegen 8 bei letzterer, welche Differenzen sich freilich in Anbetracht der verschiedenen Jahreslängen auf die kleineren Verhältnisse von etwa 7:40 und 8:43 reduciren. Schliesslich ergibt sich aus den beiderseitigen Abständen von der Sonne, dass die mittlere Erleuchtung und (gleiche Luftbeschaffenheit vorausgesetzt) Erwärmung bei Mars etwa  $\frac{3}{8}$ tel (0,43) derjenigen der Erde, die höchste etwas über die Hälfte (0,52), die niedrigste stark  $\frac{1}{3}$ tel (0,36) derselben beträgt, wonach beide Intensitätsgrenzen in Perihel und Aphel sich wie 29:20 verhalten. Wenn nach diesen letzteren Daten die richtigen Durchschnitte der Erwärmung mit resp.  $26\frac{1}{2}$  und 24 für die entsprechenden Jahreszeitenpaare einer Halbkugel genommen werden, so verhalten sich diese Mittelzahlen genau umgekehrt wie die ungleich langen Zeiträume des Marsjahres für die eine und andere Hemisphäre.

Wir sehen, eine erste Hauptbedingung der *Croll'schen* Hypothese ist bei Mars erfüllt. Seine Bahn hat jetzt eine Exzentrizität, welche die von *Croll* für terrestrische Kältezeiten verlangte sogar stark übertrifft. Die höchste, nach den *Leverrier'schen* Formeln von *Stone* und *Croll* für die Erdbahn berechnete soll die heutige um das  $4\frac{1}{2}$  fache übertroffen haben; andere so gefundene, Eiszeiten verursachende Exzentrizitäten waren, gedachtem Calcul zufolge,  $2\frac{1}{2}$  oder 3 mal so hoch als die gegenwärtig vorhandene. Die Exzentrizität der Marsbahn erreicht, wie angeführt, fast  $5\frac{1}{2}$  gegen 1 bei der Erde.

Eine zweite Hauptbedingung *Croll's* findet gleichfalls heutzutage für Mars statt. Wenn wir unsere Fig. 2 ansehen, so bemerken wir, dass das Aphel (Sonnenferne) seiner Bahn ganz nahe an dem Wintersolstitium der südlichen Halbkugel angekommen ist, nur noch etwa  $\frac{2}{15}$  tel der Bahnstrecke vom absteigenden Knoten bis hierhin zurückzulegen hat.\*) Die mittleren Wintertage der südlichen Marshemisphäre müssen daher, nach *Croll*, heute solche sein, an denen, wegen minimaler Sonnenbestrahlung, Schnee und Eis der Polarregion sich so profus bilden, dass der nachfolgende kurze Sommer sie nicht wegzuschaffen vermag, sie somit im Laufe der Zeit zu kolossalen Massen anwachsen, welche den Schwerpunkt der Kugel verlegen, das Meerwasser nach der überladenen Halbkugel abzufließen nöthigen und letztere auf diese Weise in eine vorwiegend ozeanische verwandeln.

Beobachten wir nun bei Mars etwas Derartiges? Antwort: Keine Spur davon. Trotzdem, dass die Winterkälte an seinem Südpole die grösstmögliche der Erde noch bedeutend überbieten muss wegen der fast doppelt so langen Winternacht (338 Tage gegen  $182\frac{1}{2}$ ), der halb so dichten Luft, der auf fast  $\frac{1}{3}$  tel reduzierten zugestrahnten Wärme, sehen wir im südlichen Sommer den Polarschnee in einer Zeit von etwa  $2\frac{1}{2}$  Erdenmonaten reinauf wegschmelzen. Ein winziges Restchen der weissen Kalotte, welches zu bleiben scheint, kann wegen seiner stark seitlichen Lage zum Pole unmöglich eine Stelle geringster Wärmewirkung bezeichnen, daher kein Schnee sein, muss vielmehr als ein Gletscherkomplex aufgefasst werden, welcher auf Festland ruht und nach irdischer Erfahrung der Sonne nicht weichen kann. Von einer stetigen Vergrößerung dieses Restchens kann schlechterdings keine Rede sein, denn schon seit mehr als einem Jahrtausend sind die Verhält-

\*) Der halbe Umlauf des Marsperihels dauert 9866 seiner Jahre. Von dieser Zeitstrecke hat es jetzt, seit der letzten Gleichstellung der Jahreszeiten, 4228 Jahre zurückgelegt und bis zur nächsten noch 5638 Jahre zu laufen.

nisse bei Mars nahezu dieselben wie heute gewesen, und aus dem Restchen ist nicht mittlerweile ein dauernder zirkumpolarer Eispanzer geworden.

*Schiaparelli* bemerkt unter andern, dass das Marsmeer gegen den Südpol hin seine äquatoriale tiefere Farbe allmähig verliere und einen lichterem Ton annehme. Er schreibt das auf etwaigen geringeren Salzgehalt polwärts, welcher Umstand ja auch bei der Erde die Farbe des Meerwassers lichte.\*) Man könnte aber allenfalls denken, dass am Boden haftendes permanentes Eis, welches, wenn klar, ja auch einiges Licht verschluckt,\* die Ursache der helleren Nuance sei, und somit *Croll's* dauernd wachsende Eisdecke sich dennoch bilde und gebildet habe. Das kann aber nicht der Fall sein aus folgenden Gründen: Die lichtere Farbe des polaren Meeres wird am Nord- und Südpole des Mars in gleicher Weise beobachtet. Seewassereis kann den Meeresboden nie erreichen, so lange noch flüssiges Seewasser in grösserer Menge überhaupt vorhanden ist, wie das bei Mars die lokal dunkle Farbe dicht an den Schneekalotten beweist. Die Abschmelzung des Polarschnees erfolgt mit zu grosser Energie, um den Gedanken an eine permanente Eisdecke unterhalb zu gestatten. Man hat, worauf so eben hingewiesen worden ist, wiederholt in einem Marssommer (1837 und 39) die tiefere Wasserfarbe nahe an der Schneezone und auf langen Strecken erscheinen, also etwaiges Eis sich völlig auflösen sehen, wesshalb dasselbe nur oberflächliches, den Schnee tragendes, nicht aber bis zur festen Marsfläche hinabreichendes und auf derselben ruhendes Eis gewesen sein könnte, wie solches *Croll* zu seiner Gleichgewichts-Störung nothwendig braucht und annimmt. Die abnehmende Schwärze des Marsmeeres nach den Polen zu wird, theilweise wenigstens, auf der atmosphärischen Trübung beruhen, da man die betreffenden Oberflächenstrecken der Kugel stetig sehr verkürzt und nur durch viel Dunst hindurch sehen kann. Die beiden Polarmeere können ferner eine Menge kleiner Inseln enthalten, welche als Gesamtheit einen helleren Schimmer hervorbringen, da nach *Schiaparelli* nur noch Inseln von der Grösse Siziliens als Punkte zu erkennen sein würden. Die mehr polwärts gelegenen Meerestheile können endlich seicht sein und demzufolge mehr Licht reflektiren, d. h. das vom Boden zurückgestrahlte vollkommener durchlassen.

Wie steht es weiter mit der nördlichen oder mehrerwärmten Mars-hemisphäre und ihrem Pole rücksichtlich der *Croll'schen* Hypothese? Die-

---

\*) Mit dieser letzteren Annahme steht *Schiaparelli* in schreiendem Gegensatze zu denen, welche den höchsten Salzgehalt an die Pole verlegen und sogar die Meeresströmungen aus diesem Sachverhalte herleiten wollen.

selbe sagt, zur Zeit einer hohen Exzentrizität werde derjenigen Halbkugel der Erde, deren Sommer in's Aphel fällt, eine grössere Wärmemenge nicht durch die längere und in gleichem Maasse schwächere Sonnenbestrahlung, sondern lediglich durch warme Meeresströmungen zugeführt, welche der stärkere Passat der kälteren Kugelhälfte dorthin treibe.

Die Nordhälfte des Mars erfreut sich augenscheinlich eines milderen Winters, denn ihr polares Schneefeld erreicht stets nur eine geringe Grösse im Vergleiche zum südlichen. Aber wo sind die *Croll's*chen Meeresströmungen, welche diese milde Wintertemperatur allein erzeugen sollen? Es sind bei Mars einfach keine solchen möglich. Nur ganz enge Kanäle sind vorhanden, welche einmal kein nennenswerthes Volumen warmen Wassers fördern könnten, wie es zu merklicher Erwärmung des nördlichen Polarbeckens erforderlich wäre, zweitens wegen der zu passirenden breiten Kontinentalfläche ihr wenig warmes Wasser während des Winters völlig abkühlen müssten, ehe es in polare Breiten gelangte. Demnach lässt uns auch hier *Croll's* Theorie vollständig im Stiche.

Nicht anders endlich wird es wohl mit der Wasservertheilung stehen, wie sie nach *Croll* mit der säkular wechselnden Länge der Jahreszeiten während hoher Exzentrizitäten alterniren soll. Es liegt auf der Hand, dass keine der theoretisch vorausgesetzten Erscheinungen, einseitige polare Ansammlung von Schnee und Eis, grosse Ungleichstärke der Passate, einseitiges Ueberwiegen der warmen Meeresströmungen, eher eintreten könnte, als bis die Winter- und Sommerlängen sehr bedeutend verschieden geworden wären. Folglich würden Maxima der Wirkungen, d. h. höchste Summen derselben, erst gegen das Ende einer betreffenden Halbperiode solcher Wandelzeiten liegen können. Eine Schlusszeit der einen und eine Anfangszeit der nächstfolgenden Halbperiode könnten sich betreffs Ausgleiches und Umkehr der Verhältnisse in Temperatur und Wasservertheilung nur ziemlich oder ganz unwirksam verhalten, und so würde denn nothwendig die einseitige Schnee- und Eisanhäufung erst dann reduziert zu werden, die Wasservertheilung umgekehrt zu werden anfangen, wann die Jahreszeitenlängen schon fast zum vollkommenen Gegentheile des letztvergangenen Ungleichheits-Maximums gelangt wären. Wie müsste demnach heute die Oberfläche des Mars aussehen? Antwort: Der Nordpol müsste noch eine Jahr aus Jahr ein beständige, grosse Kalotte von Schnee und Eis tragen; die Nordhalbkugel müsste vorherrschend ozeanisch sein, und die südliche verhältnissmässig trocken liegen. Was sehen wir nun statt dessen? Der weisse Nordpolarfleck ist sehr klein und schwankt mit der Jahreszeit in

der Grösse. Die Nordhemisphäre ist fast lauter Land, und um ihren Pol befindet sich nur ein unbedeutendes Wasserbassin. Die vielgerühmte *Croll'sche* Hypothese ist mithin an Thatsächlichkeiten des Planeten Mars als eitel Phantasie erwiesen.

## 6. Kapitel.

Welchen Einblick in die Entwicklung des Erdkörpers gestattet uns die erlangte Kenntniss der Marsoberfläche? B.

Es gibt unzweifelhaft einen den Weltgesetzen angehörigen Grund für die auffällige Erscheinung, dass alle die Weltkörper, deren Oberfläche das nackte oder bewaffnete Auge in etwa zu übersehen und zu beurtheilen vermag, an ihren beiden Polen starke Ungleichmässigkeiten zeigen. Diese Weltkörper sind die Erde, der Mond, Mars, Jupiter und (nicht mit grosser Bestimmtheit) Saturn. Damit soll freilich nicht gesagt sein, dass die vollständigste Uebereinstimmung an diesen Stellen der Planetenkugeln stattfinden müsse, und dass dieselben nicht ebensowohl abweichend von einander aussehen dürften, wie beliebige andere Oberflächentheile, sondern es ist dabei die Rede von zonenartigen Gestaltungen, welche augenscheinlich gerade mit der polaren Lage zusammenhangen, dabei aber stehend und auf ähnliche Weise bei den genannten Weltkörpern verschieden sind.

Bei Jupiter und Saturn sind es polare Zonen dunklerer Färbung, die anscheinend unverändert ungleiche Grösse zeigen, deren Natur aber bisher unergründet geblieben ist. So viel weiss man, dass wir in beiden Fällen nur eine wolkenartige Hülle, nicht den festen Körper, so verschieden sehen.

Beim Monde, welcher in einer so innigen Verbindung mit dem Erdkörper steht, dass er mit diesem gleichsam ein Ganzes bildet, ist uns durch eine vorzeitliche allmälige, nach Südosten hin erfolgte Kugelwendung der Anblick des eigentlichen Südpoles entzogen, so dass wir keinen durchgreifenden Vergleich machen können zwischen den genau einander entsprechenden Polarzonen und deren etwaigen Abweichungen, welche der Entstehung nach einer Urzeit angehört haben müssen. So weit aber sich die südliche Halbkugel des Mondes noch übersehen lässt, besteht schon ein ganz bedeutender Gegensatz zwischen ihr und gleichliegenden Nordregionen.

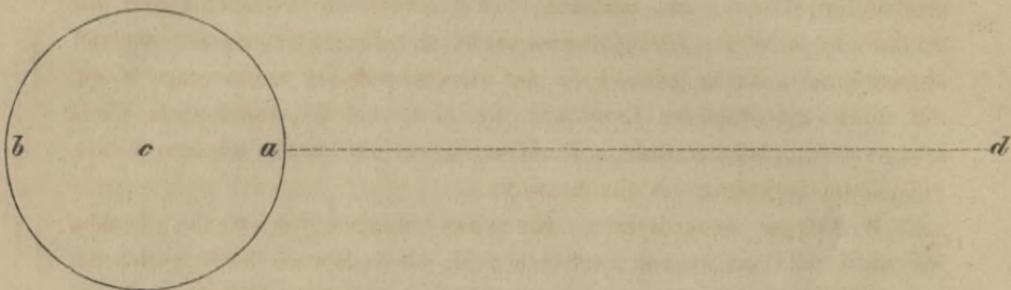
Bei Mars und Erde findet sich, wie die vorausgegangenen Darlegungen

und die beigegebene Karte zeigen, in den beiderseitigen polaren Gegensätzen eine so merkwürdige Uebereinstimmung, dass sie mit besonderer Gewalt zum Nachdenken über ihren Ursprung auffordert.

Niemand wird sich lange weder dem einen Gedanken hingeben können, dass diese Uebereinstimmung lediglich Zufall sei, noch dem anderen, dass beide Weltkörper sich rein von innen heraus so gleichmässig gestaltet hätten, sondern ein jeder wird zu der wenigstens unbestimmten Ueberzeugung kommen, dass diese Gleichbildung von aussen her bewirkt sein und auf gleichartigen oder identischen kosmischen Ursachen beruhen müsse. Solche Ursachen sind aber für alle aufgezählten Weltkörper nirgendwo anders als in einem schräge gegen ihre Rotationsachsen wirkenden Einflusse der Sonne zu suchen, sei er nun ein die blossen Aussenflächen betreffender, oder auch die Planetenkugeln durchhin umgestaltender. Rein oberflächlich werden dieselben sammt und sonders, wie bekannt, periodisch wechselnd in einer zu ihrer Drehungsachse mehr oder minder schiefen Richtung durch den zwiefachen Einfluss der Sonnen-Erwärmung und -Anziehung berührt, in ihrem Inneren aber lediglich durch die letztere. Die dauernde Umgestaltung einer Planeten-Oberfläche durch verschiedene Grade der Sonnenbestrahlung hat sich im vorigen Kapitel an Mars, gleichwie an der Erde schon früher, als Fiktion erwiesen, folglich bleibt und blieb nur die Attraktion als Zuflucht übrig. Aber auch diese, insofern sie nur die verlegbaren Theile an der Aussenseite eines Planetenkörpers zu Ortsveränderungen zwingt, ist durch neueste Untersuchungen für sich allein als unzureichend erkannt worden für die Erklärung der bei dem Erdkörper feststehenden langsamen periodischen Wandlungen. Es war somit die Annahme unerlässlich, dass die Sonnenanziehung sogar in erster Reihe bildsame Innenstoffe der ihr unterliegenden Weltkörper umlegen und auf diese Weise, durch Aenderungen des Gleichgewichtes, äusserlich bemerkbare Wirkungen hervorrufen müsse. Solchermaassen bildete sich eine Lehre aus, welche nach den verschiedensten Seiten der Erderforschung hin schon als durchaus stichhaltig erkannt werden konnte, darum auch bei Mars wohl sicher die Probe bestehen dürfte. Sie hat den Namen einer „Theorie der Stoffumsetzung“ angenommen und lehrt die gegenseitige langsame Umformung benachbarter bildsamer Weltkörper durch Wechsel in der auf einander ausgeübten Attraktion. Die hierauf bezüglichen Untersuchungen, obschon den Fachgelehrten geläufig, werden vielen der Leser, an welche sich diese Schrift namentlich richten soll, noch gar nicht oder nur wenig bekannt sein, und für sie folge daher nachstehende ganz kurze Auseinandersetzung

der leitenden Prinzipien, welche strengste Folgerungen aus dem Attraktionsgesetze *Newton's* sind:

Es stelle Fig. 8 die Kugel eines Weltkörpers dar, welchen ein anderer, nach der Richtung  $a d$  hin befindlicher, anziehe. Diese Anziehung



Figur 8.

verhält sich bekanntlich einmal umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen und zweitens gerade wie die Masse des anziehenden Körpers, d. h. ein doppelt so weit absteher zieht 4 mal so schwach, ein halb so weit entfernter 4 mal so stark an; einer mit doppelter Masse hat eine doppelte Wirkung dieser Art. Aus dem ersten Satze folgt, dass der in unserer Figur nach  $d$  hin liegende Weltkörper den Punkt  $a$  der Kugel stärker anzieht als die Stelle  $c$ , ihren Mittelpunkt, und den Punkt  $c$  stärker als den Ort  $b$ .

Wenn der angezogene Körper durchhin fest ist, seine Bestandtheile also nicht gegen einander verschiebbar sind, so hat der verschiedene Grad der auf die gedachten 3 Punkte ausgeübten Attraktionsstärke keine weitere Bedeutung als die, dem angezogenen Ganzen mit einer Durchschnittskraft seine Stelle im Weltenraume anzuweisen. Wäre aber die angezogene Kugel etwa durchhin flüssig oder weich, so würden die 3 ungleichen Anziehungsgrade ihre Verlängerung in der Richtung der Anziehung verursachen. Ihr nächster angezogener Punkt  $a$  gäbe nun nämlich dem ihn betreffenden höchsten Maasse des Zuges mehr nach als ihr Mittelpunkt  $c$  dem mittleren, und ihr entferntester Punkt  $b$  folgte der geringsten Anziehung weniger, als  $c$  der mittleren. Die Kugel würde ein sogenanntes Ellipsoid, mit dem längsten Durchmesser in der Richtung  $b a$ . Diese Umänderung der Gestalt würde zuwege gebracht dadurch, dass sich jedes Massenthelchen des Balles um ein Geringes von seiner Stelle bewegte, und ein anderes in seine Stelle rückte.

Die Verlängerung der Kugel würde zugleich, von ihrem Mittelpunkte an gemessen, beträchtlicher sein nach dem anziehenden Körper hin, als von ihm weg. Nehmen wir an, letzterer stehe von dem ihm zugekehrten, nächsten angezogenen Punkte in der Entfernung 5, von dem abgekehrten in dem Abstände 6, so würde nach dem angeführten ersten Attraktionsgesetze die Wirkung am nächsten Punkte  $6.6 = 36$  betragen gegen  $5.5 = 25$  am fernsten. (Der Unterschied kann natürlich immer nur ein viel kleinerer sein, da in jedem Falle der Durchmesser der angezogenen Kugel nur einen unbedeutenden Bruchtheil des Abstandes des anziehenden Weltkörpers bildet, bei der Erde z. B. bloss  $\frac{1}{29}$ stel der Strecke bis zum Monde,  $\frac{1}{11,628}$ stel derjenigen bis zur Sonne.)

Weltkörper der gedachten, durchhin flüssigen Beschaffenheit kennen wir nicht mit Bestimmtheit, vermuthen sie aber als noch heute bestehend, jedenfalls als in der Vergangenheit vorhanden gewesen. Wir kennen dagegen mit voller Sicherheit als noch theilweise flüssig oder bildsam einen solcher Weltbälle, nämlich unsere eigene Erde. Sie besitzt über den bei weitem grössten Theil ihrer Oberfläche hin eine flüssige Hülle, das Meerwasser, und in ihrem Inneren ebenso geartete, durch Hitze geschmolzene Stoffe, welche gelegentlich an den verschiedensten Stellen über ihre feste Aussenschale hervorquellen. Beiderlei Erdbestandtheile müssen daher in der dargelegten Weise der Anziehung namentlich zweier Aussenwelten, des Mondes und der Sonne, nachgeben, derjenigen des ersteren, weil er, obgleich kleiner, so sehr nahe, derjenigen der letzteren, weil sie, obschon ziemlich fern, so ungeheuer gross ist. Bei dem Meerwasser haben wir die Anbequemung an Mond- und Sonnenattraktion täglich in Flut und Ebbe vor Augen, bei den Erdstoffen dagegen nicht, wenigstens nicht in derselben regelmässigen Weise, müssen aber den Vorgang unbedingt als stattfindend annehmen.

Die ellipsoidische Verlängerung einer durchhin-flüssigen Kugel würde selbstverständlich am bedeutensten sein, da alle ihre Massentheilchen nachgeben und sich verschieben könnten. Wenn aber nur eine dünne Aussenhülle wie unser Meerwasser, etwa den 1720sten Theil des Kugelhalbmessers mächtig, nachgeben kann, so wird die Gestaltveränderung im Verhältnisse zum Körperganzen unscheinbar wenig ausmachen. Sie ist in Folge der Mondanziehung durchschnittlich nicht grösser als etwa 32 Zoll, in Folge der Sonnenattraktion stark 1 Fuss.

Diese Unerheblichkeit rührt freilich in weit höherem Grade daher, dass die Erde selbst in Bezug auf ihre bewegliche Hülle einen anziehen-

den Körper bildet, dessen Kraft man sich in seinem Mittelpunkte vereinigen denken kann, und der somit aus 58 mal so grosser Nähe wirkt als der Mond, aus 23,256 mal so grosser als die Sonne, folglich die Kugelverlängerung in einem ungeheuren Maasse verhindert.

In welchem Betrage sie sich wirklich noch bilden kann, findet sie, wie gesagt, stets in der Richtung der Anziehung statt, und wenn der angezogene Körper rotirt, wie die Erde, so betrifft sie innerhalb 24 Stunden alle Punkte eines grössten Kreises des Aequators, oder zweier Parallelkreise rings um die Erde.

Wenn die durch die Aussenanziehung bewegten Stoffe eines Weltkörpers stets flüssig blieben, so würde durch ihre beständige Bewegung keine dauernde Veränderung bewirkt werden. Es würde lediglich bei der Erscheinung bleiben, welche wir Flut und Ebbe nennen.

Ebenso wenig würde bei allmäliger Erstarrung der beweglichen Stoffe eine äusserlich merkbare dauernde Umgestaltung der angezogenen Kugel hervorgerufen werden, wenn die Verlängerung derselben immerfort denselben Umfang der Erde, den Aequator, oder unveränderlich dieselben zwei Parallelen beträfe, wofern dabei die Anziehung genau gleich stark bliebe.

Diese beiden letzteren Bedingungen sind aber bei der Anziehung der Erde durch Mond und Sonne nicht erfüllt. Sie trifft senkrecht weder immer denselben Erdumfang oder die nämlichen zwei Parallelkreise, noch bleibt sie sich in der Stärke gleich.

Die Wechsel in der Anziehungsrichtung und -stärke des Mondes, obschon sie gerade dazu gedient haben, der Theorie einer Stoffumsetzung den Stempel des Naturgesetzes aufzudrücken, lassen wir hier unerörtert, weil sie nach kurzen Perioden immer wieder zu voriger Weise zurückkehren und keine dauernde Umgestaltung von erheblichem Belange bewirken können. Die für die Sonnenattraktion geltenden Perioden der Richtung und Stärke sind aber von so ausserordentlich beträchtlicher Länge, dass sie durch Aufsummierung kleiner Effekte zu gewaltigem Einflusse anwachsen müssen.

Während einer 10,500jährigen Zeit nämlich, von welcher oben bei *Adhémar* und *Croll* gesprochen wurde, fällt der nächste Punkt der Erdkugel für die Sonnenanziehung immer nur auf eine und dieselbe Hemisphäre, entweder auf die nördliche oder die südliche, und innerhalb der nächstfolgenden 10,500 Jahre ist das gerade Umgekehrte der Fall. Wenn daher Innenstoffe der Erde auf diese Weise näher zu ihrer Oberfläche hin bewegt und dabei durch die beständig fortschreitende Erstarrung

unbeweglich und an der neuen Stelle fixirt werden, so muss ein einseitiges Uebermaass dieser Wirkung nothwendig das Gleichgewicht des Erdganzen ändern, d. h. die so betroffene Halbkugel muss schwerer werden, weil die versetzten Innenstoffe immer an das Ende eines längeren Hebels gelangt sind. Der Schwerpunkt des Ganzen wird nach dieser Seite hin verlegt, und da er stets das genaue Centrum der Hohlkugel des Meerwassers bilden muss, so hat letzteres nach der mehrbeschwerten Erdhälfte abzufließen, dieselbe tiefer und breiter zu bedecken. Diese Erscheinung sammt allem, was eine nothwendige Folge höheren oder niedrigeren Seespiegelstandes sein wird, ändert sich stark in der Beträchtlichkeit nach Perioden von viel grösserer als 10,500 jähriger Dauer, während welcher die Sonnenanziehung jährlich zwischen viel weiteren oder engeren Grenzen der Stärke wechselt. —

Dieser an gegenwärtigen Schwankungen des irdischen Seespiegels letztlich als Thatsache erwiesene, terrestrische Bodengestaltungen aller Vorzeiten alleinig vollkommen enträthselnde Zusammenhang des Geschehens verspricht somit von vornherein auch eine befriedigende Erklärung der Physiognomie des Mars, soweit uns dieselbe in allergrössten Zügen entgegentritt, da kein Grund vorliegen könnte, bei diesem oder irgend einem anderen Weltkörper eine andere Entwicklung als die durch Verdichtung und langsame Erstarrung vorauszusetzen. Die betreffenden Züge des Marsangesichtes sind nach Kap. 4:

Um jeden Pol herum befindet sich ein Meeresbassin. Das südliche ist sehr bedeutend viel grösser als das nördliche. Beide Becken sind getrennt durch eine breite Zone Festland, welche durch zahlreiche enge Wasserkanäle in eine Menge ziemlich gleich grosser inselartiger Stücke zerlegt wird. Diese Kanäle haben vorherrschend die Richtung der Meridiane oder eine solche, wie sie nordsüdlich strömendes Wasser durch vorherrschend ebenes Land reissen würde, wenn es sich unter viel Druck den kürzesten Weg suchte. Wie gleichfalls Kap. 4 hervorgehoben, sind die beiden Mündungen aller Kanäle im Süden und Norden buchtartig erweitert, oder sind — was daselbe ist — alle Inselländer an den Kanalecken abgerundet, so dass augenscheinlich eine Abspülung durch von beiden Richtungen her andrängendes Wasser stattgefunden hat. Diese Abspülung erweist sich zudem als sicher vorgegangen durch die Anschwemmungen, welche nach Süden zu sich an fast alle Inseln derselben Breite anlehnen und übereinstimmend einen südöstlichen Verlauf nehmen, wie die Rotation des Planeten eine Strömungsbewegung dirigiren musste. Dass diese Anschwemmungen, welche

nur bei tiefem Wasser entstehen konnten, jetzt trotz der vorherrschenden Ueberflutung der Südhemisphäre sichtbar sind, beweist, ausser der oben erwähnten grossen Abnahme des Gesamt-Marswassers, dass die Kanäle nur als letzte Reste von viel breiteren alten Wasserstrassen aufgefasst werden müssen, welche durch Strömungen hin und her gesucht oder allmählig gebildet wurden. Diese auf die Konfiguration der äquatorialen Marsfläche gebauten Schlüsse scheinen die einzig möglichen zu sein. Wenn das aber der Fall, so steht mit ihnen der alternirende Wasseraustausch zwischen Süd- und Nordbecken fest.

Der Umstand, dass die Aequatorialzone des Mars, namentlich nach Norden hin, vorherrschend Festland ist, bildet demnach einen Zug im Charakter seiner Oberfläche, welcher uns deren Entwicklungsgang verfolgen hilft, während bei der Erde die sehr tiefen und breiten Meere der Tropenzone wenigstens jetzt noch nicht die nordsüdlichen Wasserversetzungen und Strömungen durch Umformungen ihres Bodens verrathen könnten. Das entschiedene Uebergewicht des Landes gerade in niederen Marsbreiten ist wahrscheinlich an sich schon ein Sachverhalt, welcher einer alten lebhaften nordsüdlichen Schwankung des meerischen Niveaus zugeschrieben werden muss und dieselbe mitbeweist. Zwar könnte man der Meinung sein, die Marskugel habe ihre Rotation sehr verlangsamt, und das Feste derselben habe sich ursprünglich in weit höherem Grade als Sphäroid ausgebildet, denn es jetzt von der flüssigen Hülle bei langsamerem Umschwunge dargestellt werde; aber dagegen würde in etwa die verhältnissmässig geringe Grösse des Planeten sprechen, bei welcher, der *Kant-Laplace'schen* Theorie gemäss, die Drehungsgeschwindigkeit nicht wohl je grösser gewesen sein könnte im Vergleiche zu derjenigen der Erde; (die Schnelligkeit der ursprünglichen Achsendrehung kann doch nur abgehangen haben von der Mächtigkeit des Gasball-Ringes, welcher sich zur Kugel zusammenzog) auch fehlten ja die hohen Fluten, welche der Erdmond erzeugt, und von denen man anzunehmen hat, dass sie nach und nach die Rotation der Erde verzögern werden und schon immer verzögert haben. (Die beiden äusserst winzigen Marsmonde konnten um so weniger einen derartigen, verlangsamen den Einfluss haben, weil sie ja fast in gleicher Schnelle mit der täglichen Umdrehung des Hauptkörpers denselben umkreisen.) Ausserdem läge wohl sicher das Trockene mehr symmetrisch zum Marsäquator, wenn es bloss eine schärfere Sphäroidwölbung darstellte. Wenn aber von jeher eine langsame, starke Schwankung des Meerniveaus von Norden nach Süden und umgekehrt bestand, so musste das Gewicht des Wassers in Urzeiten

die noch dünnere Aussenkruste des Festen in beiden Polargebieten alternirend hinabdrücken, und das konnte wohl nicht anders als in etwa asymmetrisch zum Aequator, d. h. auf beiden Halbkugeln in ungleichem Maasse geschehen, weil, wie des Verfassers Untersuchungen über die terrestrischen periodischen Wasserversetzungen durch den Mond dargethan haben, immer eine Anzahl kürzerer derselben innerhalb solcher von viel längerer Dauer fielen, welche letzteren eben dieser grösseren Länge und entsprechend bedeutenderen Leistung wegen in weit höherem Maasse das Feste unterhalb umgestalten mussten. Dass auch bei Mars die schrumpfende Kugel, je nach der lokalen Ungleichartigkeit ihrer Stoffe, lokale Ungleichmässigkeiten der Senkung hervortreten liess, war nicht anders zu erwarten; jedoch sind diese Verschiedenheiten der Bodenfläche sehr unbedeutend im Vergleiche zu denen der festen Erdoberfläche.

In der Art dieser Verschiedenheit aber tritt uns bei Mars ein Zug entgegen, der ebenso entschieden wider die Verlangsamung seiner Rotation, als für die Formung seiner festen Oberfläche durch alternirende säkulare Verlegung grosser Wassermassen von Pol zu Pol redet. Wenn wir auf der hier beigegebenen Karte *Schiaparelli's* den Aequator von einer Serpentine in den Punkten  $240^{\circ}$  und  $60^{\circ}$  der areographischen Länge durchschneiden lassen, welche in  $330^{\circ}$  derselben um etwa  $20^{\circ}$  nach Norden, in  $150^{\circ}$  um  $20^{\circ}$  nach Süden ausweicht, so bemerken wir, dass zu dieser Serpentine nicht bloss sämtliche Aequatorilländer, sondern alles im Jahre 1877 sichtbare Feste fast ganz symmetrisch liegt, und dass in gleicher Weise Wasserkanäle und Schwemmbänke sich nach ihrer von uns vorausgesetzten Entstehung einer solchen Schlangenlinie weit besser anpassen als dem heutigen Aequator. Die ersteren zeigen vollkommener gegen sie theils den auffälligen meridionalen, theils den durch Westströmungen erzeugten Verlauf; die letzteren ergeben sich noch handgreiflicher als Wirkungen einer grossen Nordwestströmung rings um die Kugel, wie sie die durch die täglichen Sonnenfluten erzeugte polare Verlängerung derselben seit je hervorrufen musste. Der Marsäquator, einst, in Urzeiten des Planeten, in der Lage der auf der Karte durch Punkte angedeuteten Serpentine gedacht, würde die Rotationsachse um  $20^{\circ}$  von heute verschieden liegend, den Südpol um diesen Betrag nach Nordosten, den Nordpol nach Südwesten verschoben bedingen. Wäre nun das heutige Übergewicht des Festlandes in den Marstropen die Folge einer Verlangsamung der Rotation, so würde eine solche Verschiebung der Drehungsachse unmöglich gewesen sein, weil alsdann der ursprünglich entstandene äquatoriale Wulst des Festen dieselbe

nach bekannten physikalischen Gesetzen hätte verhindern müssen. Dagegen würde sie sehr wohl denkbar sein in Folge einer zum heutigen Aequator asymmetrischen Nachgiebigkeit der ersten dünneren Marskruste gegen die Pressung der schwankenden Mächtigkeit der oberflächlichen Wasserdecke, durch welche der kürzeste Durchmesser um ein Gewisses verlegt werden konnte.

Nach dem, was wir oben, Kap. 4, auf Grund der Hypothese *Kant-Laplace*, der Wassermenge, der Dichtigkeit des sichtbaren atmosphärischen Wasserdampfes, über das relative Alter der Marskugel gesagt haben, lässt sich nicht annehmen, dass letztere noch heutzutage hinreichend viele verschiebbare Innenbestandtheile enthalte, um durch deren Umlegung in nennenswerthem Grade genöthigt zu werden, ihr ozeanisches Niveau zu verändern. Sie wird, wenn nicht schon durchhin, wenigstens in ihren Aussentheilen bis zu beträchtlichen Tiefen erstarrt sein müssen, daher ziemlich oder vielleicht schon ganz in das Stadium absoluter Stabilität dem Sonneneinflusse gegenüber eingetreten sein. Die heute sichtbare Land- und Wasservertheilung an der Marsoberfläche ist demnach als eine definitive für alle Zukunft aufzufassen und kann mit der Umsetzungstheorie nicht in Widerspruch treten, weil deren Geltung nur so weit reicht wie die Bildsamkeit der mehr peripherischen Innentheile eines Weltkörpers. Ein solcher Widerspruch (oder möglicherweise eine Bestätigung) kann nur und muss auch durch den heutigen Zustand ausgesprochen sein der Theorie *Croll's* gegenüber, welche sich lediglich auf Wärmeeffekte an der Oberfläche gründet.

Wenn wir daher nunmehr auf den stoffversetzenden Sonneneinfluss rücksichtlich des Mars näher eingehen, so kann das Dargelegte nur von einer grauen Vergangenheit gelten, welche bei der Erde noch in gewissem Grade Gegenwart ist.

Eine richtige Schätzung dieses ehemaligen Einflusses wird uns durch eine Vergleichung mit demjenigen gegeben, welchen wir heute an der Erde in Wirksamkeit sehen.

Mars steht im Mittel in einem Abstände von der Sonne, welcher  $1\frac{3}{5}$  dessen der Erde vom Centrum des Systems beträgt. Die Anziehung der Sonne ist für diesen Planeten also  $1\frac{3}{5} \cdot 1\frac{3}{5}$ tel oder stark  $2\frac{1}{2}$  ( $2\frac{14}{25}$ tel) mal so schwach. Daher würden Flutwellen und innere Stoffverschiebungen, wenn sie vom Marskörper und seiner Grösse ganz unabhängig wären, ebenfalls  $2\frac{1}{2}$ mal so niedrig und schwach ausfallen als die von der Sonne bewirkten irdischen, wenn diese gleichfalls ohne Zuthun des Erdkörpers sich ausbilden könnten. Nun verhindert aber die ausserordentlich viel grössere

Anziehung des sehr nahen fluttragenden und bewegliche Stoffe einschliessenden Weltkörpers diese Ausbildung und Bewegung im geraden Verhältnisse seiner Masse und im umgekehrten des Quadrates seines Halbmessers, (da man, wie schon gesagt, seine gesammte Eigenanziehung sich in seinem Mittelpunkte vereinigt denken kann). Die (wahrscheinlich) knapp 7 mal so geringe Marsmasse würde demnach ihren (einzigen) solar erregten Fluten und Stoffbewegungen eine 7 mal so grosse relative Höhe gestatten, als die Erde den ihrigen, wenn nicht das bei ersterer fast nur halb so weit abstehende eigene Attraktions-Zentrum diesen Vortheil wieder auf fast die Hälfte (um 3,73) reduzirte. Daher werden sich die Marsfluten und Innenbewegungen zu den irdischen relativ, d. h. der Körpergrösse entsprechend, wie  $[7 : (2^{14/25} \cdot 3,73)] : 1$  oder wie 0,73 : 1 verhalten haben, eine proportionale Menge des Beweglichen vorausgesetzt.

Die durch Anziehung von aussen her verursachte Umlegung von Meerwasser und Innenstoffen eines Weltkörpers hängt aber nicht sowohl von der Fluthöhe oder Stoffverschiebung als solcher, sondern vielmehr zunächst von dem Verhältnisse ab, in welchem die diametral entgegengesetzten Fluten und Innenbewegungen rücksichtlich der Grösse zu einander stehen. Dieses Verhältniss jedoch gründet sich auf dieselben Faktoren, wie die Fluthöhen und Versetzungsbeträge selbst, ist daher bei Mars gleichfalls 0,73 gegen 1 bei der Erde, Volumina und verlegbare Stoffe beider Planeten als gleich angenommen. Weiterhin bestimmt sich die säkulare Stoffverschiebung und Wasserspiegel-Umlage durch die dauernd verschiedenen Sonnenabstände bei entgegengesetzten Bahnlagen oder den Grad der Exzentrizität, mit welchem beiderlei, wie leicht nachweisbar, in geradem Verhältnisse zu- und abnimmt. Daher mussten Wasser- und Stoffversetzungen von Nord nach Süd und umgekehrt bei Mars stark  $5\frac{1}{2}$  mal so stark sein gegen die heutigen irdischen zu allen Zeiten, wann seine Bahn gestaltet war wie in der Gegenwart, und somit alsdann selbst die grössten noch bedeutend übertreffen, denen die Erdkugel nach *Leverrier's* Formeln jemals ausgesetzt sein konnte. Eine weitere Steigerung schliesslich hatte Mars ab und zu, wie heute, gegen die Erde voraus durch den Umstand, dass bei ihm die Anziehungen zwischen grösseren Deklinationen schwankten (zwischen 56 gegen 47°) und ihre Versetzungswirkungen um den Unterschied der Sinus beider Bögen, ein Fünftel etwa, beträchtlicher waren.

Die durch kosmischen Einfluss erzeugten periodischen Schwankungen des ozeanischen Niveaus sind also, nach vorstehenden Vergleichspunkten, bei Mars durchschnittlich relativ grösser gewesen als bei der Erde, und

wir haben in diesem Mehrmaasse der Ursachen somit die volle Erklärung der im 4. Kapitel besprochenen Folgen, der bedeutenderen Ungleichheit der Wasservertheilung zu beiden Seiten des Aequators, der nordsüdlichen Kanäle, der grossartigen Abnagungs- und Schwemmeffekte.

Bei allgemeiner Zusammenfassung der vorstehenden Betrachtungen dürfen wir füglich den Planeten Mars als ein kleineres Abbild der Erde hinstellen, wie sie sich dereinst, in Zukunftsfernen ungeahnten Abstandes, ausnehmen wird, und andererseits die heutige Erde als ein grösseres Konterfei des Mars in ebenso unennbar weit zurückliegenden Tiefen der Vergangenheit ansehen, wobei wir natürlich Verschiedenheiten nicht mitverstehen müssen, welche auf etwa abweichender Konsistenz der zusammensetzenden Stoffe, auf ungleicher Schwere an den Oberflächen, auf differirender Luftdichte etc. immer beruhen. Die halb so grosse Zusammenpressung der Marsatmosphäre z. B., wofern sie übrigens der irdischen gleichgeartet sei, hat im Zusammenwirken mit dem kleineren scheinbaren Sonnendurchmesser immerfort extreme Hitze in der Tropenzone dieser anderen Erde verhindert, die polare Eis- und Schneeschmelze auf etwa die doppelte Dauer der terrestrischen ausgedehnt. Dagegen aber dient die um 5 Grade höhere Erhebung der Sommersonne über den Horizont der Marspole noch immer dazu, deren gefrorene Winterniederschläge weit vollständiger wieder in Flüssigkeit umzuschaffen, als es auf Erden der Fall, wobei freilich nicht zu vergessen ist, dass bei der augenscheinlichen verhältnissmässigen Wasserarmuth des Mars seine polaren Schneedecken entsprechend dünner sein müssen.

Wenn bei ungeschwächter Intensität der Sonnenbestrahlung diese Rückverwandlung des Eises in Wasser demnach auch noch an der äussersten Oberfläche eines alternden Planeten stattfinden wird, so dürfen wir doch, nach unserer Erfahrung bei der Erde, sicher sein, dass die Erwärmung von aussen her nicht mehr hinreichen werde, um organisches Leben in allen Formen kräftig gedeihen zu lassen. Ist die Eigenwärme eines Weltkörpers einmal stark gesunken, so hat in demselben Maasse seine Fähigkeit zur Hervorbringung und Erhaltung ganzer Reihen von Lebewesen für immer aufgehört. Unsere irdischen Polarländer, deren Schnee- und Eisdecken auch noch im Sommer theils zerfliessen, und deren alleräusserste Rinde noch unter vierteljährigem ununterbrochenen Sonnenscheine aufthaut, bleiben ja schon froststarr bis zu bedeutender Tiefe und sind todte Strecken im Vergleiche zu dem üppigen Leben, welches einst dort der von unten her erwärmte Boden trotz Winternacht und halbjährig gänzlich fehlender oder äusserst schwacher äusserer Wärmezufuhr zu erzeugen und erhalten vermochte.

Ebenso sicher wie diese aus den polaren Petrefakten geschöpfte Ueberzeugung ist die andere, dass der Prozess der Erkaltung und des Absterbens weiter gehen und zuletzt den Erdäquator erreichen müsse, und in diese Erdenzukunft ist uns ein schwacher Blick verstattet, indem wir, wie schon bemerkt, den benachbarten Planetengreis betrachten.

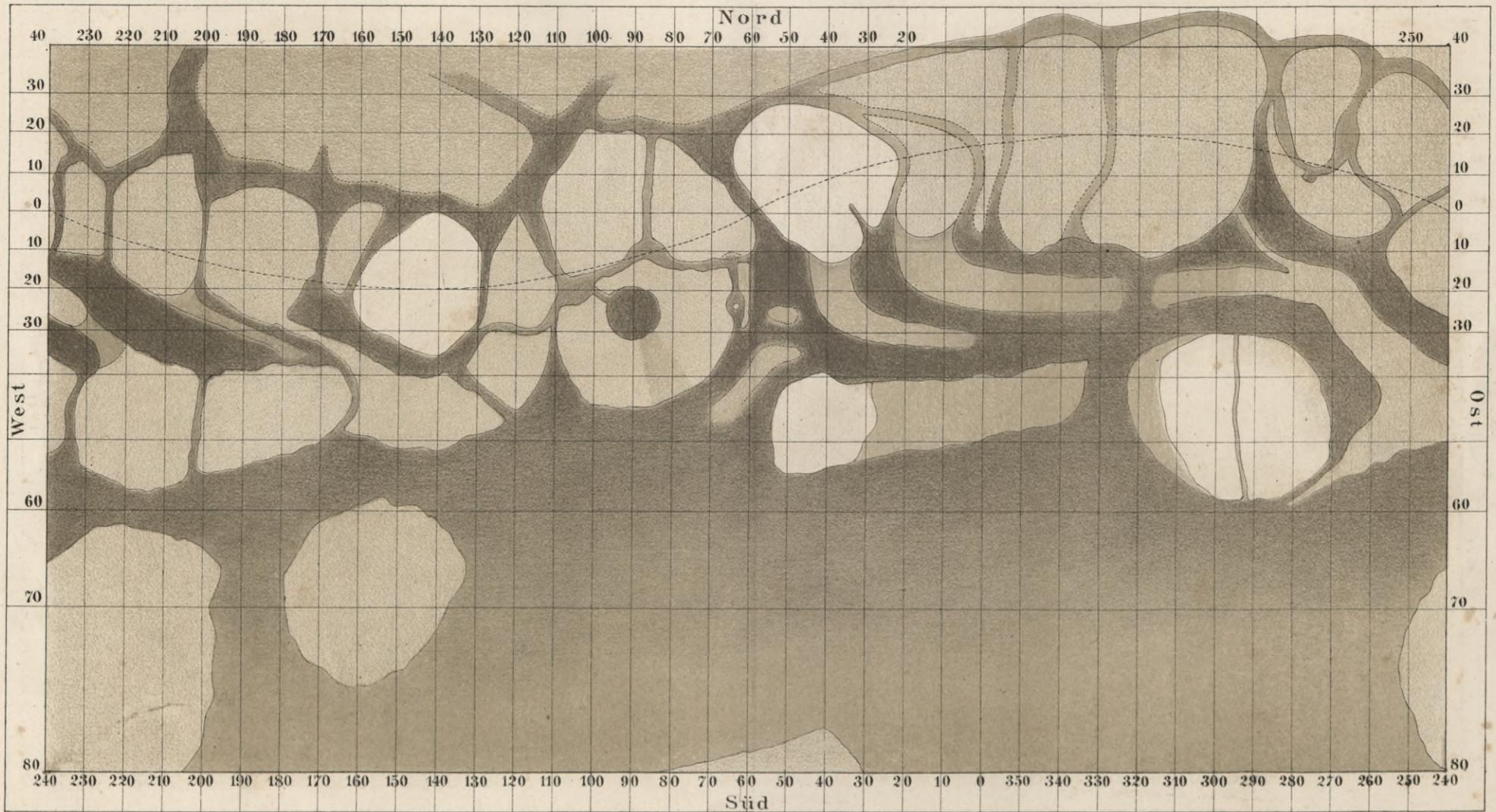
Obgleich nicht erwartet werden kann, dass unser Auge noch Farbenunterscheidungen bis zum Mars hin machen werde und einen Schimmer von Pflanzenwuchs, falls er, wie unser heimathlicher, grün wäre, zu entdecken im Stande sei, so haben wir doch allen Grund, eine uns aus solcher Ferne her entgegentretende Umfärbung des zugesandten weissen Sonnenlichtes der Natur des reflektirenden Bodens zuzuschreiben und dabei nach Sachverhalten der Erde zu schliessen. Wenn wir uns die bemoosten nordsibirischen Tundren, die ähnlich bekleideten hochnorwegischen Berge, die nördlichsten Schottenhöhen etc. etc. mit ihren braunen Tinten glänzend hell erleuchtet und dieses Licht durch grosse Entfernung stark verdichtet denken, oder wenn wir, wie schon oben geschehen, uns den vollkommen nackten Erdboden unter gleichem Umstande das weisse Sonnenlicht rückstrahlend vorstellen, so muss der Gesamteindruck ein dem Marsglanze ähnlicher sein. Letzterer würde demnach eine Stufe der Erkaltung verrathen, welche dicht an oder schon vollständig bei absoluter Sterilität angekommen sei. Dieser Schluss wird gestützt durch die Beobachtung *Schiaparelli's*, dass einzelne der inselförmigen Landstrecken, während sie ziemlich hohen Sonnenstand genossen, auf einmal, d. h. von einem Tage zum anderen, besonders stark weissglänzend statt sonst röthlich schimmernd erschienen, die Schneefarbe der Polarflecke vorübergehend erreichten. Wahrscheinlich war also selbst in den niederen Breiten der Sommerhalbkugel, trotz der kräftigeren Erwärmung, Schnee statt Regens auf die betreffenden Distrikte herabgefallen, der freilich wohl nicht lange liegen bleiben konnte, über gleichliegenden Erdenstrecken indessen dermalen noch eine Unmöglichkeit wäre.

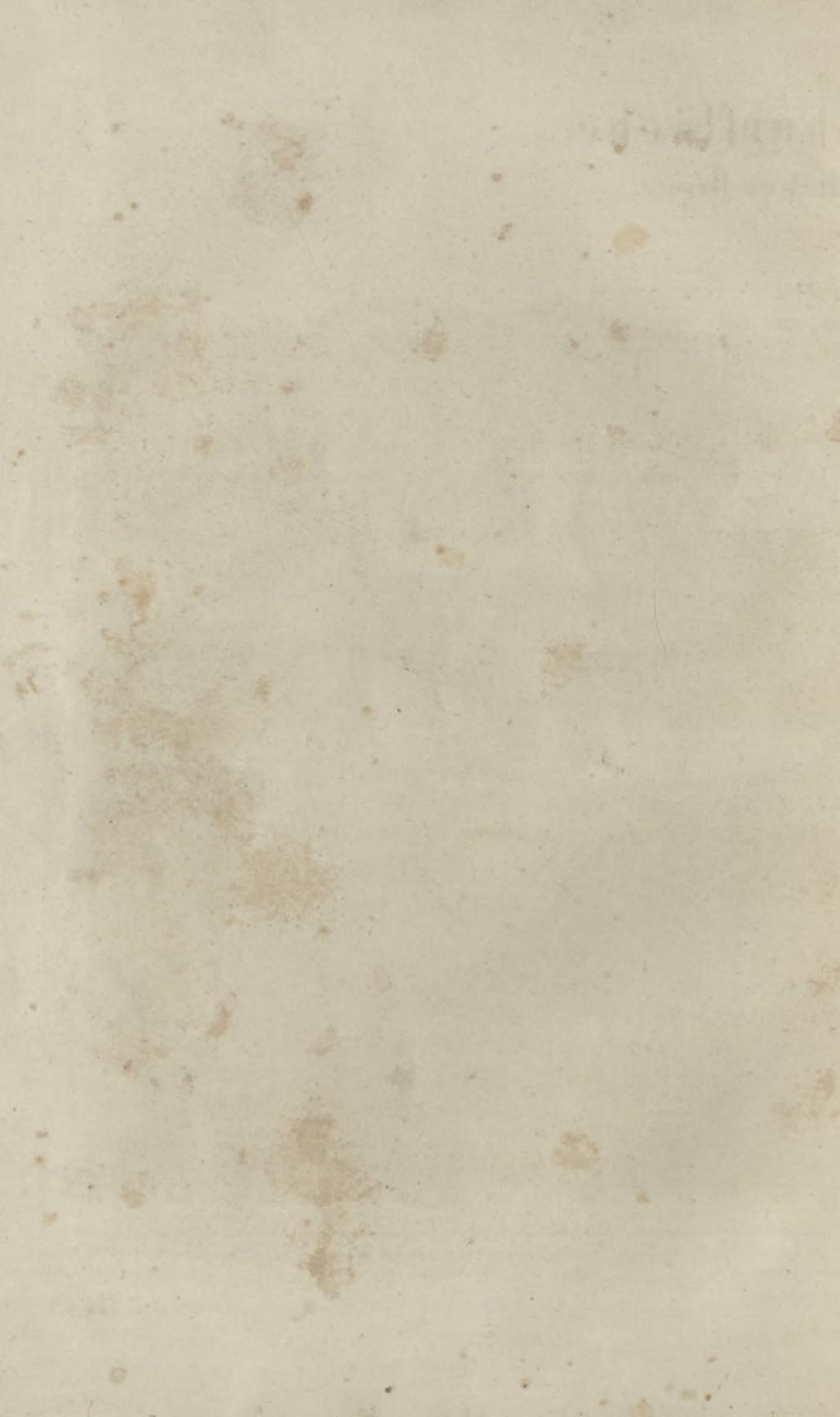
Mit einem letzten Stadium der Erkaltung verglichen ist aber auch Mars noch ein warmer Planet zu nennen, da seine Wasserhülle zum allergrössten Theile noch nicht der dauernden Starre verfallen ist. Den noch vorhaltenden Flüssigkeitszustand dankt sie jedenfalls hauptsächlich der Eigenwärme der Kugel, da die Sonnenwärme allein in den Polargebieten der Erde die Temperatur einer alleräussersten Bodenschicht um höchstens 50 Zentigrade zu erhöhen vermag, mithin bei einer schliesslichen Eisstarre von mehren 100 Zentigraden unter Null für die Umänderung des Aggregatzustandes ganz und gar unzureichend sein würde.

Der im Vergleiche zu Mars mit doppelter, gegen die Erde gehalten mit fast vierfacher Geschwindigkeit seine Eigenwärme verlierende Mond muss dem Schlusszustande erkaltender Weltkörper bedeutend näher gerückt sein und verräth in der That durch keine uns wahrnehmbaren Symptome irgend eine noch andauernde Umgestaltung an seiner Oberfläche unter dem Einflusse der möglichst unbehinderten Sonnenstrahlen.



# Karte der Marsoberfläche bis zum 40. Grade nördlicher Breite.











Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349240

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-2535

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000308763

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297319