DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Dritter Jahrgang.

27. August 1915.

Heft 35.

Der Bau der afrikanisch-arabischen Wüste.

Von Privatdozent Dr. Edw. Hennig,

Berlin-Charlottburg.

Wen je sein Schicksal durch den Suezkanal führte, der wird sich dem unsagbar eigenartigen Reiz dieser künstlichen Meeresstraße nicht haben entziehen können: zu Schiff mitten durch die wasserlose Wüste! Unmittelbar am Bord des Schiffes beginnt das Sandfeld, über das die halbmondförmigen Bogendünen wie die Sicheln des Todes zu schleichen scheinen. Es will etwas bedeuten, von dorthier mit einem Heer modernen Ausmaßes den Krieg heranzutragen gegen das alte Pharaonenland. Ist doch das riesige Niltal durch Wüste in Ost und West, ja selbst im Süden scheinbar wie durch Mauern geschützt. Die Geschichte lehrt, daß die Mauern nicht ganz unübersteigbar sind.

Freilich darf man sich bekanntlich nicht die ganze Sahara und Arabien so vorstellen, wie das Land unmittelbar östlich des Suezkanals, die Wüste im allgemeinen nicht wie einen einzigen sandigen Exerzierplatz ungeheuerlicher Dimensionen. Weder die Ebene noch der Sand sind typisch für die Wüste. *Die Bedingungen der Wüstenei liegen nicht im Boden.* Sondern wie die Erde auch beschaffen und wie mannigfaltig ein Gebiet auch aufgebaut und gestaltet sei, die Verödung der Oberfläche ist eine Erscheinungsform, die von außen her durch klimatische Faktoren aufgeprägt wird. Rauhes Gebirge, weite Plateaus, ausgedehnte Niederungen oder hügelig zerrissenes Gelände sind diesem tödlichen Hauch in gleicher Weise ausgesetzt und tatsächlich in der Saharawüste sämtlich vertreten. Ja es sind nicht einmal die sandigen Teile (Erg, Areg), in denen der Wüstencharakter die menschenfeindlichste, schauerlichste Steigerung erfährt, sondern die Steinregionen, die Felswüste (Hammada). In den algerischen Anteilen werden die ersten geradezu als Weidegelände aufgesucht und geschätzt, weil der sandige Boden allein einige Feuchtigkeit unterirdisch festzuhalten vermag und in den Talläufen hier und da einigen spärlichen Pflanzen Lebensmöglichkeit dadurch gewährt.

So ist denn auch die zuweilen anzutreffende Vorstellung durchaus irrig, der Wüstensand sei Meeressand, durch Abfließen der Gewässer trocken gelegt und unfruchtbar geblieben. Gewiß, ganz Nordafrika und Arabien war einst von Meeresfluten überdeckt. Doch seit der letzten Erhebung über den Meeresspiegel, die in den größten Teilen der Sahara ums Ende der Kreidezeit anzusetzen ist, in Ägypten und der Sinaihalbinsel Schritt

für Schritt in der Tertiärzeit verfolgt werden kann, haben jene Länder glücklichere Tage gesehen: Reiche Waldungen, reiches Leben entfalten sich auf dem emporgestiegenen ehemaligen Meeresboden. Während die nördlichen Kontinente von den Gletschermassen der Eiszeit bedroht wurden, gingen dort reiche Niederschläge nieder und die damals entstandenen Kalktuffe enthalten Abdrücke der Blätter von Laubbäumen (z. B. Steineiche) und sogar von Schilf in großer Zahl. Wenn diese Spuren jetzt in trockener, heißer Wüste gefunden werden, so hat sich die klimatisch ungünstige Zone nur vom Süden her polwärts verlagert und einstmals blühende Gefilde ersticken lassen.

Daß auch der Mensch der Vorzeit noch große Gebiete bewohnen konnte, die heut garnicht oder nur flüchtig auf der Durchreise berührt werden können, beweisen reiche Steinwaffen und -werkzeuge, die in der libyschen Wüste und im südlichen Algerien gefunden werden. Viele Anzeichen deuten scheinbar darauf hin, daß noch in historischer Zeit ein feuchteres Klima geherrscht habe als heut. Indessen haben sorgsame Untersuchungen gleichsam zum eigenen Erstaunen der Wissenschaft diese Annahme mehrfach ablehnen müssen. Die großartigen und zahlreichen Reste römischer Bauten in Tripolitaniern und Tunis, unter denen Wasserleitungen keine geringe Rolle spielen, lassen ebenso wie viele der modernen französischen Anlagen nur erkennen, was eine zielbewußte Verwaltung und eine starke regierende Hand in Friedenszeiten selbst aus diesem scheinbar hoffnungslosen Lande zu machen vermögen. Raub und Krieg haben nie aufgehört unter den Bewohnern der Sahara, und die empfindlichste Stelle, den Gegner zu treffen, sind die Brunnenanlagen. Zerstörungen haben in historischer Zeit weit mehr vernichtet als ein mörderisches Klima, *am heutigen Zustand der Wüstenländer hat der Mensch selbst daher keinen geringen Anteil.* Und doch kann auch heute noch die Wüste im ganzen keineswegs als unbewohnt gelten, ja sie könnte stellenweise einer bedeutend stärkeren Bevölkerung zum Aufenthalt und zur Ernährung dienen, wenn alles vorhandene Wasser methodisch ausgenützt würde. Erstaunlich sind dahingehende Angaben Zittels über die Oasen Dachel und Chargah im südöstlichen Ägypten. Das Grundwasser tritt in diesen Depressionen unter artesischem Druck an die Oberfläche und zwar in durchaus nicht geringer Menge. Die 17 000 Menschen, die Zittel zur Zeit seines Besuches 1883 antraf, könnten sich nach seiner Ansicht verzehnfachen und hätten bei entsprechenden Maßnahmen doch genug Wasser. In mindestens der gleichen Stärke strömten jene, übrigens warmen Quellen,

zum Teil aber schon vor 2000 Jahren! Weither aus regenreichen Gebieten muß dieser Zustrom kommen.

Wie ein Relikt aus alter, besserer Zeit zieht der Nil als einziger oberirdischer Strom quer durch den mächtigen Wüstengürtel und trennt mit seinen fruchtbaren, reichbewässerten Anschwemmungen die ägyptische Sahara in die westliche libysche und die östliche „arabische“ Wüste. Sein Lauf entspricht einem Profil durch die gesamte nördlich einfallende Schichtenreihe und das Profil läßt die erdgeschichtlichen Geschehnisse des Landes ablesen. Hoch oben im Süden begleitet kristallines Grundgestein mit unregelmäßig bergigen Oberflächenformen die weiten Talauen. Etwa 50 km oberhalb des Zusammenflusses vom Blauen und Weißen Nil beginnen Sandsteine sich darauf zu legen, die bis nach Ägypten hinein anhalten und vielfach die Ufer bilden. Wo ein Granitrücken nochmals an die Oberfläche tritt, macht sich für den Fluß der Unterschied in der Gesteins Härte geltend: die weichen Sandsteine sind schneller fortgeräumt als der harte kristalline Fels. So bilden sich immer mehr die Unregelmäßigkeiten des Flußgefälles heraus, die als Schnellen oder Katarakte seit alters her bekannt sind. Die Sandsteine sind in mesozoischer Zeit (Mittelalter der Erdgeschichte) entstanden, und zwar überwiegend auf dem Festlande. Innerhalb Ägyptens gehen sie nach oben hin in marine Schichten ganz allmählich über. Die reiche versteinerte Tierfauna dieser Meeresablagerungen läßt eine genaue Altersbestimmung zu. Da ist es denn höchst bemerkenswert, wie der Übergang von terrestrischen bis fluviatilen Gesteinen in Absätze eines Meeres im nördlichen Ägypten zur mittleren Kreidezeit, nach Süden hin in immer jüngeren Perioden der Kreide erfolgt. Mit anderen Worten: das Vordringen des Meeres über die nördlichen Regionen des alten afrikanischen Kontinentes ist hier Schritt für Schritt in seinem allmählichen Ablauf zu verfolgen. So lagern sich denn Muscheln, Ammoniten, Schnecken, Seeigel usw. des Kreidemeeres in großer Zahl über den Schichten ab, die anfangs Landbewohner und Süßwasserformen, dann Vertreter brackischer Gewässer und Bewohner von Flußmündungen enthalten. Unter den Landformen der mittleren Kreide sind Dinosaurier sehr bemerkenswert, deren Reste sich in einigen Oasen des südwestlichen Ägyptens gefunden haben. Mit ihnen treten Zahnplatten von Lungenfischen, Schildkrötenreste und andere Typen auf, die dadurch noch besonders wertvoll sind, daß unweit Timassinin in der algerischen Sahara eine ganz entsprechende Tierversgesellschaftung in gleichaltrigen Schichten auftritt. In dieser gewaltigen Entfernung finden wir also die Zeugen gleicher geographischer Verhältnisse und ganz der gleichen tiefgreifenden Veränderungen. Denn auch dort, wie in ganz Nordafrika, drang in der mittleren Kreide das Meer weit nach Süden vor. Zur Zeit

seiner größten Ausdehnung mag die Küste vom jetzigen Kamerun-Ästuar an nordwärts in ziemlich gerader Richtung sich erstreckt haben, dann ostwärts abgebogen sein, um etwa über das jetzige Hochland von Tibesti nach Oberägypten weiter zu verlaufen. Ziemlich das gesamte heutige Wüste bedeckte Gebiet lag damals unter Wasserbedeckung und beherbergte ein unendlich reiches marines Tierleben. Aber noch weiter nach Osten zog die Küste: nichts deutete noch die Umgrenzung des späteren Roten Meeres oder Persischen Golfes an. Quer durch Arabien fort bis nach Persien und Indien und südwärts über Ost-Abessinien nach Ostafrika war offene Meeresverbindung, die regen Austausch und Wanderungen der Faunen erlaubte. Das Mittelmeer unserer Tage ist ja nur ein schwacher Abglanz eines Meeresgürtels, der unendlich lange geologische Zeiten hindurch die ostwest gerichtete Zone unserer Hochgebirge vom Atlas und den Alpen bis zum Himalaya und nach Ostasien erfüllte. Wenn unserem Handel und Verkehr erst kunstvoll und mühsam die Pforten des Suez- und Panamakanals gebrochen werden mußten, so sind geologisch recht jugendliche Veränderungen der Erdoberfläche schuld daran. Doch der Beginn dieser Umwälzungen geht bis an den Abschluß der Kreidezeit zurück.

Im Distrikte von Safäga und anderwärts an der ägyptischen Küste des Roten Meeres werden Phosphatlager abgebaut. Diese Lager sind den Schichten der oberen Kreide eingelagert (während solche in Tunis etwas jüngerer Entstehung sind und schon dem Alttertiär angehören). Einen großen Beitrag zu diesen organischen Materialanhäufungen dürften die riesigen Fische Schwärme jenes Meeres geliefert haben. In Ägypten sind es meist die Zähne von Haifischen, die sich in gewaltiger Zahl, doch stets zusammenhanglos finden lassen. Im Libanon aber sind verschiedentlich Fische Schiefer entwickelt. Die vollen unzerstörten Abdrücke von Fischen aller Art legen uns dort zu Tausenden Zeugnis ab von dem Reichtum jener Gewässer. Zur Phosphatbildung dürfte es indes nicht im ganz offenen Meeresraume gekommen sein, sondern in stilleren, abgeschlosseneren Beckenteilen. Denn eine Hebungsperiode begann bereits wieder einzusetzen. Sie ließ das Meer aus den weitaus größten Teilen des zuvor eroberten nordafrikanischen Landes wieder zurücktreten. Die Steinwüsten des inneren Tripolis sind Plateaus, deren Oberfläche von den Absätzen des Kreidemeeres gebildet wird, also den gehobenen und nun wieder zertalten Meeresboden jener Zeit darstellt. Aus harten Kalken wittern die Versteinerungen in riesiger Zahl heraus. So liegen insbesondere Austernschalen und Ammoniten¹⁾ jener Zeit recht häufig in der heutigen Wüste! Ablagerungen des Tertiärs fehlen in dieser Hammada bereits völlig. Sie finden sich aber in den nördlicheren Teilen der algerischen

¹⁾ Der Name hängt mit der Ammons-Oase der libyschen Wüste zusammen.

Wüste und setzen in der Cyrenaika wieder ein, um von dort in immer breiterem Streifen nach Ägypten vorzudringen. Doch auch hier ist nur stellenweis der auf der ganzen Erde seltene direkte Übergang des Kreidemeers in das Tertiärmeer zu beobachten. Höchst auffällig ist der trotzdem auch hier vorhandene scharfe Gegensatz in der Fauna. Wie mit einem Schlage erlöschen so blühende Geschlechter wie die Ammoniten, Belemniten, Rudisten; an ihre Stelle treten gleichsam die in plötzlicher Entfaltung erscheinenden unzähligen Massen großer einzelliger Lebewesen (Operculinen, Alveolinen, Nummuliten usw.). Seltsam aber ist auch die zeitweilige Umgrenzung des Meeres an der Wende von Kreide und Tertiär. Während jener Übergang sich ziemlich ungestört im Gebiete der Oasen der libyschen Wüste vollzog, besteht in der allerobersten Kreide und auch im unteren Tertiär weiter nördlich stellenweise eine Lücke. Das heißt: es bestand zeitweilig Land im nördlichen, Meer im südlichen Ägypten. Etwa im Zuge der Oase Bahariah von SW nach NO gerichtet, entstand eine Aufsattelung, deren nördlichste Spuren bei Kairo in Abu Roash, unter den sich auflagernden jüngeren Schichten verschwinden. Die jüngsten zum Absatz gelangten Kreidehorizonte wurden von dieser schwachen, aber deutlichen Bewegung noch ergriffen, das ältere Tertiär, soweit es überhaupt entwickelt wurde, nicht mehr. Die Zeitbestimmung dieser tektonischen Kraftäußerung ist also ziemlich einfach. Es scheint, als ob in einigermaßen gerader Fortsetzung weit fort im Südosten die ersten Ausbrüche des Kamerunmassivs etwa um jene Zeit einsetzten.

Trotz mannigfacher Schwankungen in der Umgrenzung kam doch das älteste Tertiär (Eocän) im größten Teile Ägyptens zum Absatz. Ungewiß ist noch, ob und in welchem Umfange sich damals schon jener Gebirgszug zu erheben begann, der das heutige Ägypten nach Osten hin gegen das Rote Meer abschließt. Es scheint, als habe im Untereocän das Meer sich noch ungehindert ausgebreitet und seine Aufschüttungen seien erst später durch das entstehende Gebirge zerteilt worden. In Zusammenhang mit dieser neuen großen Aufpressung darf wohl andererseits schon eine neue Landperiode gebracht werden, die dazu führte, daß in ganz Ägypten das Obereocän bereits nicht mehr marin vertreten ist. Schon in der Ausbildung des mittleren Eocäns scheint sich der neue Wechsel anzubahnen: die Nummuliten verschwinden in seinen jüngeren Partien, selbst die Farbe des Gesteins wechselt nach oben hin. Neben dem Mokattamfelsen bei Kairo, der der mitteleocänen Stufe Ägyptens den Namen gegeben hat, sind deren untere Partien vor allem an einer sehr bekannten, von diesem Gesichtspunkte aus freilich selten betrachteten Stelle erschlossen: in der Sphinx. Ihren Leib, Hals und Kopf setzen die horizontal gelagerten Schichten der unteren Mokattamstufe mit allen ihren Versteinerungen

zusammen als einstiger Absatz im Tertiärmeere. Jetzt fegt der Wind an dem berühmten Baudenkmal und schleift mit den feinen, scharfen Körnern dagegen getriebenen Sandes die weicheren Gesteinslagen heraus. Ja, es ist kein Zufall, daß gerade der Hals solche weicheren Lagen enthält. Schon ehe die Ägypter die Hand anlegten, um dem Felsen die rätselhafte Gestalt aufzuprägen, hatte der Wind sein heutiges Spiel längst begonnen. Er ist eigentlich der Schöpfer der Gestalt, die alten Künstler haben nur vollendet, was sie in der natürlichen Erscheinung des Felsens phantasievoll erblickten. Die Sphinx dürfte ursprünglich nur einer der in der Wüste so häufigen Pilzfelsen gewesen sein, entstanden wie sie alle durch den Wechsel harter und weicher Gesteine und durch die modellierende Kraft des durch Jahrtausende wirkenden Windes. Unmittelbar unterlagert wurden die Schichten der Sphinx von Kreidesedimenten. Auch hier fehlt also z. B. das Mittelglied des untern Eocäns; wir befinden uns im Bereiche jener SW—NO gerichteten Aufsattelung.

Viel gewaltiger war die zweite genannte Erhebung. Die beiden z. T. recht hoch (ca. 2500 m) aufragenden Gebirgszüge, die die Ost- und Westküste des Roten Meeres begleiten und im Gebirgskamm der Sinaihalbinsel wieder auftauchen, sind nur nachträglich getrennte Bruchstücke eines in der Entstehung einheitlichen Massivs. Gleichzeitig begannen vulkanische Ausbrüche in beträchtlicher Verbreitung und halten nahezu durch das ganze Tertiär an. Zahlreiche Basaltgänge und -ströme legen Zeugnis ab von diesen Vorgängen. Von dem aufsteigenden Berglande, das ja selbst unter dem heutigen Klima Steigungsregen erhält, ergossen sich alsbald die Gewässer ins Vorland und an ihren Ufern lebten als Bewohner des neugewonnenen Landes Säugetiere an Stelle der Kreidesaurier. Ihre Reste auf ägyptischem Boden haben mannigfache überraschende Aufklärung gebracht über das Emporkommen und die Verbreitung dieser neuen Herrscher des Landes.

Noch einmal freilich drang das Meer an einer Stelle weiter landeinwärts vor, doch nicht mehr bis zur früheren Ausdehnung und nur vorübergehend. Immer mehr bildete sich, wie das *Blanckenhorn* in einer vortrefflichen Studie darlegte, die Hauptentwässerungsader des Niles aus, doch in der Hauptsache zunächst etwas westlicher gelegen als das heutige Bett. In seinem Mündungsdelta war hauptsächlich Gelegenheit gegeben nicht nur für die Erhaltung tierischer und pflanzlicher Reste, sondern auch für die schrittweis verfolgte Anpassung einiger der ursprünglich landbewohnenden Formen an das Leben im Wasser, schließlich im Meere. Es genüge hier die Andeutung, daß die fossilen Vorfahren der Seekühe und der Elefanten, die beide in den älteren Tertiärschichten Ägyptens vertreten sind, einander gar nicht so fern stehen. Unter den Pflanzenversteinerungen ist der oligocäne versteinerte Wald von Kairo zu erwähnen, doch sind Kieselhölzer schon von der

Unter-Kreide an in fast allen Schichten Ägyptens und an den verschiedensten Stellen vertreten, hier und dort zu reicheren Beständen anwachsend. Die Vegetation war eben zu allen Zeiten reich und hat erst in allerjüngster Vergangenheit der Wüste weichen müssen.

In den Ablagerungen der „Urnil“-Mündung (etwa bei Moghara) sind Gerölle aus Gesteinen vertreten, die aus dem östlichen Randgebirge stammen müssen. Im jüngsten Tertiär oder Pliozän hören sie plötzlich auf, obwohl jene Mündung zunächst noch weiter besteht. Der Oberlauf jenes Flusses war plötzlich geköpft worden: Ein langgestreckter Grabenbruch, etwa bei Assuan beginnend, zog die Gewässer der Nähe an sich und bildete das weite Tal, in dem seither der Nil seinen Unterlauf dem Meere zuwälzt, und das allein die Wüste noch nicht hat ertöten können.

Dieser Einbruch aber war nur ein schwaches Glied einer ganzen Kette ähnlicher Erscheinungen im Gefolge der vorangegangenen Aufwölbung. Ihren höchsten Ausdruck fand die Senkungsercheinung in dem ungeheuren Graben des Roten Meeres: der Schlußstein des tertiären Gewölbes sank in die Tiefe. Das Jordantal bildet die Fortsetzung nach Norden hin, der ungeheure Zug ostafrikanischer Grabenbrüche diejenige nach Süden bis über den Nyassasee hinaus. Nicht mit einem Male spielte dieser Vorgang sich ab, nicht im ganzen Verlaufe können wir ihn schon übersehen. Im Jungtertiär und noch im Diluvium sind die Hauptphasen zu suchen. Schon im Miocän vor Entstehung des Niltalgrabens mögen Teile des Roten Meeres sich gebildet haben, drang auch vom Norden her aus dem Mittelmeer eine tiefe Bucht ihm bis in die Gegend von Suez entgegen, ohne sogleich die volle Verbindung nach Süden für das Meer zu gewinnen. Erst während des Diluviums war das Werk vollendet. Zugleich aber wurde die kaum geschaffene Meeresstraße auch wieder geschlossen. Gewaltige Niederschläge der Pluvialzeit ließen die Flüsse schwellen und erhöhten ihre Transportkraft. Einen Arm mindestens entsandte der Nil nach Osten. Er ist es, der mit seinen Delta-Aufschüttungen die flache (Maximum 16 m), erst künstlich durch den Schiffahrtskanal wieder durchstochene Schwelle von Suez zwischen Rotes Meer und Mittelmeer eingeschoben hat. Sein alter Arm ist es auch, der schon im Altertum zu künstlicher Verbindung zwischen beiden benutzt wurde und der noch jetzt als Süßwasserkanal zum Westufer des Suezkanals führt. Aus der Anlage der alten Schleusen in ihm hat *Lesseps* auf eine Hebung des Landes um 3 m in historischer Zeit schließen wollen. Ganz gewiß sind die Bodenbewegungen noch nicht völlig zur Ruhe gekommen, wie vor allem Erscheinungen an historischen Bauten im ganzen Ostteile des Mittelländischen Meeres bezeugen.

Geologisch sehr wenig bekannt ist noch die Sinaihalbinsel. Die Operationen des Türkenheeres gäben hier eine seltene Gelegenheit unsere

Kenntnisse zu bereichern. Doch wissen wir, daß sich dem kristallinen Grundgebirge ganz wie in Ägypten (Wadi Araba) stellenweise paläozoische Sedimente anschließen und daß in der Mittelkreide auch hier der große Meeresvorstoß einsetzte. Ganz neuerdings ist ein weiterer glücklicher Fund gelungen. Östlich von El Kantara stehen in der Sinaiwüste Schichten des Jura-meeres an, die in ganz Nordafrika (außerhalb der Atlasländer) durchaus fehlen und auch früher nie bestanden haben. Wohl aber kennen wir sie wieder aus Persien, aus dem Hinterlande von Aden und von Ostafrika. So beginnt sich auch der ungefähre Küstenverlauf jener fernen Zeit herauszuschälen. Er ist wichtig wegen der engen faunistischen Beziehungen, die zwischen Ostafrika und dem Mittelmeere im Jura offenbar bestanden haben und aus denen nun hier im Sinai eine neue Etappe aufgedeckt ist. Wie unendlich wichtig eine genauere Kenntnis des geologischen Baues für die Wasserversorgung und andere Zwecke eines modernen Heeres wäre, braucht nicht näher ausgeführt zu werden. Da die dringendsten Erfordernisse hierfür gewiß nachgeholt werden müssen, ist vielleicht auch für die Wissenschaft von dem grandiosen Unternehmen mancher Nutzen zu erwarten. Es sei daran erinnert, daß die erste geologische Erforschung Abessyniens dem englischen Einmarsche von Massaua aus vom Jahre 1866 zu verdanken ist, dem sich der Geologe der indischen Survey *Blanford* angeschlossen hatte.

Das Nernstsche Wärmetheorem und seine Bewährung durch Affinitätsmessungen.

Von D. John Eggert, Berlin-Halensee.

Die klassische Thermodynamik hat gelehrt, die Gesetze der Energieänderungen zu beherrschen. Die Ergebnisse und Folgerungen der beiden Hauptsätze haben daher stets die charakteristische Eigenschaft, nur Aussagen über relative, d. h. durch Differenzbildung gemessene Größen zu enthalten. Die absoluten Werte der Energie oder Entropie blieben dagegen nach ihren Ansätzen unbekannt. Erst der jüngsten Forschung war es vorbehalten, die Frage nach diesen Größen durch die Aufstellung eines neuen Wärmesatzes umfassend zu beantworten. Abgesehen von der Bedeutung, die diese Aufgabe für die Thermodynamik an sich hatte, mußte ihre Lösung vor allem für die Thermochemie und die Lehre vom chemischen Gleichgewicht neue, wichtige Gesichtspunkte herbeiführen und es dürfte daher in der Natur der Sache liegen, daß das Problem gerade von dieser Seite mit größtem Erfolg in Angriff genommen wurde. Ehe wir uns jedoch diesen Dingen zuwenden, wollen wir uns einen kurzen Überblick über den Umfang der beiden Hauptsätze verschaffen.

Der erste Hauptsatz der Thermodynamik ist der