ANNALEN

DER PHYSIK UND CHEMIE.

JAHRGANG 1831, ZWEITES STÜCK.

I. *Ueber Moussons und Passat;* *von H. W. Dove.*

In Band 13. S. 589. dieser Annalen habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß in Calcutta die monatlichen barometrischen Mittel innerhalb der jährlichen Periode eine regelmässige Veränderung erleiden*). Daß der Grund dieser Erscheinung in dem gegenseitigen Verdrängen des Moussons zu suchen sey, habe ich dadurch zu beweisen gesucht, daß ich die barometrischen Werthe der Winde für die einzelnen Monate bestimmte, und außerdem zeigte, daß die mittlere Windesrichtung sich analog den Bewegungen des Barometers verändere. Ich entlehne von

*) Daß diese Erscheinung nicht local sey, suchte ich durch Vergleichung der Veränderungen in Calcutta mit denen in Bogota zu zeigen. Die allgemeinere Bedeutung des Phänomens ist aber schon früher von Hrn. von Humboldt, *Relation*, X. p. 448., ausgesprochen worden. Bousaingault's Beobachtungen kannte ich nur aus den *Annales de Ch. et Ph.* XXXIII. p. 432., da der 10. Band der Humboldt'schen Reise damals noch nicht in Königsberg war. Ich konnte daher nicht der sie begleitenden Bemerkungen gedenken, weil sie mir nicht bekannt waren. Die von mir berechneten Beobachtungen in Calcutta sind vom Jahr 1785.

dorthier folgende Tafel (englisches Maafs, den Wind von S. nach W. gezählt):

	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.
Temperat.	66°,6	75°	79°	82°,5	86°	83°
Regen	—	2",9	0",5	8",0	6",0	24",4
Barometer	30",08	30",02	29",95	29",83	29",77	29",58
Wind	156°	80°	355°	337°	348°	321°
	NNW.	WSW.	S.	SSO.	SSO.	SO.

	Juli.	August.	Sept.	Octob.	Novemb.	Dec.
Temperat.	83°	83°	83°	83°	75°	69°
Regen	12",8	9",3	11",7	1",4	0",5	—
Barometer	29",59	29",62	29",71	29",91	29",98	30",01
Wind	314°	299°	285°	94°	118°	135°
	SO.	OSO.	OSO.	W.	WNW.	NW.

Hr. von Buch, welcher später diese periodischen Veränderungen der barometrischen monatlichen Mittel als das Charakteristische der subtropischen Zone bezeichnet hat, giebt von der Erscheinung in Indien, Bd. 15. S. 359., folgende Erklärung:

»Da es erwiesen zu seyn scheint, dafs die verschiedenen Barometerhöhen und ihre Unregelmäßigkeiten von der Natur der herrschenden Winde abhängen, so wird der abnehmende Gang der mittleren Barometerhöhen wahrscheinlich auch von der Veränderung der Winde herrühren, und diefs wird durch die Erscheinungen in Indien bestätigt. Denn hier sind es unmittelbar die regenbringenden Südwestmoussons, welche die Barometerhöhen vermindern, und diefs ganz im Verhältnifs, als sie, *von oben herab*, die Oberfläche berühren. Die Nordostwinde erheben dann das Barometer mit derselben Gleichförmigkeit wieder.«

Hr. v. Buch sucht also ebenfalls in der veränderten mittleren Windesrichtung den Grund der veränderten mittleren Barometerhöhe, nimmt aber an, dafs die SW. Mous-

sons von oben herab die Oberfläche berühren, oder mit anderen Worten, daß sie der herabkommende obere nördliche Passat sind. Die frühere, wie ich glaube, ziemlich allgemein angenommene Ansicht, der ich gefolgt war, ist, daß sie der bis in diese hohen Breiten heraufrückende südliche untere Passat sind. Ich werde jetzt das anführen, was mir für diese ältere Ansicht zu sprechen scheint, weil, wenn sie irrig ist, eine Berichtigung derselben nur dem Verständnisse dieser räthselhaften Erscheinung förderlich seyn kann. Und räthselhaft ist sie: Moussons, Winde der Jahreszeiten. Wie mag Mungo Park erstaunt seyn, als er in Mangi zuerst davon hörte.

Es giebt zwei Arten periodischer Winde, die, welche eine tägliche, und die, welche eine jährliche Periode befolgen.

Zu der ersten Klasse gehören:

1) die Land- und Seewinde in heißen Klimaten, welche im mittelländischen Meere noch so entschieden hervortreten, und welche selbst in höheren Breiten im heißen Sommer sich zeigen. Noch in Pillau kennen sie die Lootsen; in Danzig sind sie sehr merklich.

2) Die abwechselnden Winde in engen Thälern;

3) an den Ufern großer Landseen.

Wenn bei Tage das Land sich stärker erwärmt als die See, so wird die Luft über dem Lande in die Höhe steigen, die kältere Seeluft unten zuströmen. Ueber der See fällt die Luft herab, wie im Schatten einer vorüberziehenden Wolke an einem heißen Sommertage, von der es kalt herweht. In der Nacht kühlt sich das Land stärker ab, als die Oberfläche des Wassers, diese wird endlich wärmer, die Luft strömt vom Lande nach der See.

Jener senkrechte Kreislauf ist also einem gedrehten Rade zu vergleichen. Ist die Temperatur gleich, so steht es, wird sie ungleich, so dreht es sich, zuerst nach der einen Seite hin, dann nach der entgegengesetzten. Es

steht zwei Mal täglich still, wenn die eine Drehung in die andere übergeht.

Ist das Land ein halbes Jahr wärmer als die See, und umgekehrt, so wird das Rad im Jahre zwei Mal stillstehn, und zwei Mal sich drehen. Wir werden also erhalten: zwei Luftströme nach entgegengesetzten Richtungen, getrennt durch Perioden keiner vorherrschenden Richtung.

Diefs ist aber die Erscheinung der Moussons.

In Beziehung auf die Verhältnisse der Winde zur Vertheilung der Temperatur kann man zwei Klassen unterscheiden.

1) Winde, welche von einer kälteren Gegend nach einer wärmeren hinströmen. Diefs sind die Pasate und Moussons.

2) Winde, welche von der wärmeren nach der kälteren hinfließen, diels sind die SW. und NW. Winde an der äußeren Grenze des NO. und SO. Passat.

Erwärmt man in einer Flüssigkeit irgend eine Stelle stärker als die übrigen, so findet von allen Seiten ein Zuströmen der kälteren Theile statt, die einander entgegengesetzten Bewegungen heben einander auf, es entsteht Ruhe, da wo die Wärmequelle ist. Eine rubig brennende Lichtflamme giebt davon das deutlichste Bild.

Stände die Sonne immer senkrecht über einem Punkte des Aequators der unbewegten Erde, so würde nach diesem heißesten Punkte von allen Weltgegenden die Luft zuströmen; es wäre die Erscheinung der Lichtflamme. Aber die Erde dreht sich, es entsteht ein ruhiger Gürtel, dessen Temperatur die höchste ist. Er bildet die Grenze zwischen der von der nördlichen und südlichen Hälfte zuströmenden kälteren Luft, deren jede für sich einen Kreislauf vollführt. Innerhalb dieses ruhigen Gürtels wird die tägliche Periode ihre volle Bedeutung haben, die Erscheinungen des Courant ascendant am Entschiedensten hervortreten. Ich rechne hierzu:

- 1) tägliche Gewitter,
- 2) Abwechselung von Land- und Seewinden,
- 3) tägliche Veränderung des Barometers.

Außerhalb desselben, da, wo die Luft zuströmt, wird die Wirkung des Courant ascendant durch die vorherrschende Windesrichtung geschwächt, und umgekehrt, diese durch jenen modificirt.

Theoretische Untersuchungen über die durch die täglichen Temperaturveränderungen entstehenden Luftströmungen in dem Aequatorialgürtel, unter der Voraussetzung, daß die Ekliptik mit dem Aequator zusammenfalle, und ein Zuströmen von Norden und Süden durch dem Aequator parallele Zwischenwände gehindert werde, findet man *). Doch hat, wie Fourier **) bemerkt, die Temperatur der zuströmenden Luft auf die entstehenden Bewegungen einen wesentlichen Einfluß.

Was wir uns bisher fixirt dachten, ändert sich mit der Abweichung der Sonne, jener ruhige Gürtel rückt mit ihr herauf und herunter. Die nördliche Grenze desselben im Atlantischen Ocean, d. h. die Breite, wo der NO. Passat in der Nähe des Aequators aufhört, ist nach d'Après:

im Januar und Mai	zwischen	6°	und	4°	N. Br.
- Februar	-	3	-	5	- -
- März und April	-	5	-	2	- -
- Juni		bei	10		
- Jul., Aug., Sept.	zwischen	13	-	14	- -

Seller gab im Jahr 1675 folgende Grenzen des NO. Passat, und zugleich die Richtungen des dem NO. entgegenwehenden SO. Passat:

*) *Recherches physiques et mathematiques sur la théorie des vents réglée.* Berlin 1747.

**) *Mémoire d'analyse sur le mouvement de la chaleur dans les fluides.*

im Jan., Febr., März	4° N. Br., wo d. SO. u. O. anfängt
April	5 - - - SO.
Mai	6 - - - SO. etwas südlich
Juni	8 - - - S.
Juli	10 - - - S. etwas westlich
Aug.	11 - - - S. etwas westlich
Sept.	10 - - - S.
Oct.	8 - - - S. etwas östlich.
Nov.	6 - - - SO.
Dec.	5 - - - SO.

Wir sehen also, dafs, je weiter der SO. Passat über den Aequator nördlich herauf rückt, er desto mehr südlich und südwestlich wird, eine nothwendige Folge der mit der Entfernung vom Aequator abnehmenden Rotationsgeschwindigkeit der Erde. Zwischen beiden Passaten sind die Winde, nach Seller, veränderlich, und zwar im nördlichen Theile des Zwischengürtels mehr zwischen N. und NO. *), im südlichen zwischen S. und SO. Die vollständigsten Bestimmungen der Grenzen beider Passate, welche ich die *inneren* nennen werde, im Gegensatz zu den den gemäßigten Zonen zugewandten, welche die *äußern* heißen mögen, verdanken wir Horsburgh, welcher sie aus den Angaben von 149 Schiffen, die aus dem NO. in den SO. Passat gingen, und von 88, welche aus jenem in diesen kamen, zwischen 18° und 26° W. L. bestimmt hat. Sie sind in der folgenden Tabelle enthalten.

*) Dasselbe behauptet Basil Hall, *on the Trade Winds considered with reference to Mr. Daniells Theory of the Constitution of the Atmosphere.*

Innere Grenzen der Passate.

	Hinfahrt. NO. Passat hörte auf		Herfahrt. NO. Passat fing an		Herfahrt. SO. Passat hörte auf		Hinfahrt. SO. Passat fing an		Mittlere Bestimmung aus Hin- und Herfahrt.		Breite des Gürtels zwischen beiden Passaten.
	zwischen	im Mittel bei	zwischen	im Mittel bei	zwischen	im Mittel bei	zwischen	im Mittel bei	Südliche Grenze des NO. Passat.	Nördliche Grenze des SO. Passat.	
Januar . .	5° — 10° N. B.	7° N.	3° N.	6° N.	4° 30' N.	0° 30' N.	— 4° N.	2° 15' N.	5° 45' N.	2° 45' N.	3°
Februar . .	5 — 10	7	2	7	5	2 S.	— 3° N.	1 30	6	1 15	4 45'
März . . .	2 30' — 8	5 30'	2	7	5	1 S.	— 2 30'	1 1	5	1 15	3 45
April . . .	4 — 9	6	4	8	5 30	2 S.	— 2 30'	1 30	5	1 15	4 30
Mai . . .	5 — 10	7	4 30'	7	6	1 N.	— 4	3	6	2 45	3 45
Juni . . .	7 — 13	9	7	12	9	1	— 5	3	9	3	6
Juli . . .	8 30 — 15	12	11	14	12	1	— 6	4	12	3 30	8 30
August . .	11 — 15	13	11	14 30'	13	3	— 5	4	13	3 15	9 45
September	9 — 14	11 30	11	14	12	2	— 4	2 30	11	45	8 45
October . .	7 30 — 13	10	8 30	14	10	2	— 5	3	10	3	7
November	6 — 11	9	7	14	7	3	— 4	4	8	3 45	4 15
December	5 — 7	6	3	6	5	1	— 4 30	4	5	3 15	2 15

Fig. 1. Taf. III. ist eine graphische Darstellung dieser Tabelle. Die Linie ab ist die mittlere südliche Grenze des NO. Passat, $a'b'$ verbindet die nördlichsten, $a''b''$ die südlichsten Punkte, wo man in einzelnen Fällen das Aufhören des NO. Passat beobachtet hat. Die Linie cd ist die mittlere nördliche Grenze des SO. Passat, die Linie $c'd'$ verbindet die nördlichsten Punkte, $c''d''$ die südlichsten, wo man diese Grenze wahrgenommen hat. Die windstille Gegend, welche beide Passate trennt, ist also im Mittel der Raum $abcd$; in einzelnen Fällen aber liegt sie nördlicher oder südlicher, und zwar ist die nördlichste Lage, die man beobachtet hat, $a'b'c'd'$, die südlichste $a''b''c''d''$, zwischen diesen schwankt sie. Sie ist am breitesten im August $9\frac{3}{4}^{\circ}$, am schmalsten im December $2\frac{1}{4}^{\circ}$, nach Basil Hall ist sie im stillen Ocean im September am breitesten, 550 Meilen, im December und Januar am schmalsten. 150 Meilen. Ihre mittlere Breite beträgt also, nach Horsburgh, $5\frac{1}{2}^{\circ}$; Prevost schrieb ihr nur eine Breite von 2° zu. Die Seelente nennen sie »die Gegend der Veränderlichen,« auch die Gegend der Windstillen« im Gegensatz zur constanten Richtung des Passats. Nach den Angaben der einzelnen Schiffe bei Horsburgh sind SW. und SSW. am häufigsten in ihr beobachtet. Heftige Stürme erscheinen in ihr als Wirbelwinde in ihrem Andrang gegen die widerstehende Atmosphäre, vorzüglich häufig und länger dauernd in der Nähe des Landes, auf der offenen See nur 1 bis 2 Stunden lang heftig. Um die Grenzen in den Jahreszeiten zu bestimmen, werde ich, da die Anzahl der Schiffe in den einzelnen Monaten sehr ungleich ist, die Mittel aus den Monaten nehmen. Man erhält dann:

	Grenze des NO. Passat.	Grenze des SO. Passat.	Breite der Zwischenzone.
Winter	5° 45'	2° 25'	3° 20'
Frühling	5 47	1 45	4 2
Sommer	11 20	3 15	8 5
Herbst	9 55	3 15	6 40
Jahr	<u>8° 12'</u>	<u>2° 20'</u>	<u>5° 52'</u>

Die Veränderungen der Breite der Zwischenzone entstehen hauptsächlich durch das plötzliche Zurücktreten der Südgrenze des NO. Passat im Sommer, während die Nordgrenze des SO. Passat nur wenig sich erhebt, und überhaupt viel constanter ist als jene.

Wir wollen nun die mittlere Breite des Gürtels zunächst als unveränderlich im Jahre annehmen, und uns denken, daß er mit der Sonne um $23\frac{1}{2}^{\circ}$ herauf- und herunterrücke, so daß er also im Juni sich unter dem Wendekreise des Krebses, im December unter dem des Steinbocks befinde. Es werden dann alle Orte der heißen Zone eine Zeit lang im nördlichen Passat liegen, eine Zeit lang im südlichen; beide Perioden werden durch Zwischenperioden keiner vorherrschenden Windesrichtung getrennt seyn. Strömt nämlich die Luft immer nach dem Parallelkreise, über welchem die Sonne im Zenith steht, so wird an allen Orten, wo sie zwei Mal durch das Zenith geht, die Luft zwei Mal nach entgegengesetzten Richtungen fließen. Die Zeitdauer beider Luftströme wird unter dem Aequator gleich seyn, in der nördlichen Hälfte wird der nördliche, in der südlichen der südliche länger dauern. Die Unterschiede der Dauer beider werden mit der Entfernung vom Aequator zunehmen, an den Wendekreisen wird nur ein Passat stattfinden, unterbrochen durch Windstille zur Zeit des Solstitium. Wir würden also für jeden Ort in der heißen Zone Moussons: Winde der Jahreszeiten erhalten.

Bei dieser Betrachtung haben wir zunächst darauf

nicht Rücksicht genommen, daß die Quantität der durch die Gegend der Windstillen getrennter Luftmassen zu verschiedenen Jahreszeiten sehr verschieden ist, indem nämlich die Luftmasse der heißen Zone bei dem Wintersolstitium in den nördlichen Kreislauf mit aufgenommen wird, bei der Sommersonnenwende in den südlichen, und nur bei den Aequinoxien beide gleich sind. Dieß mit den Jahreszeiten sich fortdauernd ändernde Verhältniß wird hemmend auf das Herauf- und Herunterrücken wirken. Außerdem ist die Temperatur eines Monats nicht allein bedingt durch die Höhe der Sonne, sondern durch das ganze Verhältniß der periodischen Veränderungen derselben*), der heißeste Monat fällt daher später als der höchste Stand der Sonne im Jahre, so wie die heißeste Stunde später als der höchste Stand am Tage, welches ebenfalls hemmend wirken muß. Drittens findet der senkrechte Kreislauf nicht in einem überall gleich weiten Gefäß statt, sondern in einem sich immer mehr verengenden, denn der Raum zwischen zwei Meridianen kann als die Grundfläche eines gleichschenkligen dreiseitigen Prisma's betrachtet werden, dessen Grundlinie die höchste Temperatur hat. Die über derselben aufsteigende Luft wird daher nicht an der Spitze, sondern bei einer Parallele derselben herunterkommen. Viertens endlich wird der entgegenwehende Passat selbst dem Zurückdrücken ein Hinderniß entgegenstellen. Die Zusammenwirkung dieser vier Ursachen wird auf der Erde, wenn sie mit einer nicht verdampfenden Flüssigkeit bedeckt wäre, die Verminderung der Veränderung mit den Jahreszeiten quantitativ bestimmen, die Verdampfung sie noch modificiren. Aber die Erde ist nicht eine mit Wasser bedeckte Kugel, die Masse des Landes auch nicht auf beiden Erdhälften symmetrisch vertheilt, im Gegentheil auf der nörd-

*) Die Temperaturformeln für den Aequator, die Wendekreise und die Breite von 45° hat Lambert gegeben, Pyrometrie, S. 634 — 636.

lichen Erdhälfte so überwiegend, daß nach der größten Masse gezeichnete Planigloben fast Polarprojectionen werden. Wir wollen annehmen, die ganze nördliche Erdhälfte sey fest, die südliche flüssig, das feste Land werde zugleich im jährlichen Mittel durch die Einwirkung der Sonne wärmer als das Meer, so wird die ganze nördliche Erdhälfte eine höhere Temperatur erhalten als die südliche (abgesehen von der mit der Entfernung der Erde von der Sonne abnehmenden Dichtigkeit der Strahlen, welche durch die Zunahme der Dauer der Wirkung compensirt wird), der Aequator wird daher nicht mehr die heißeste Linie der Erde seyn, diese, welche wir den thermischen Aequator nennen wollen, wird vielmehr nördlicher fallen, die mittlere Lage der Gegend der Windstillen ihn bezeichnen. Sehen wir diese nämlich als die Scheidelinie zwischen den Erdhälften gleicher Wärmequantität an, so muß sie ungleiche Raumtheile abscheiden, wenn die Temperatur nicht gleich auf beiden Seiten des Aequators vertheilt ist.

Aus den schönen Untersuchungen von Atkinson ergibt sich für den Aequator eine höhere Temperatur, als die, welche Hr. v. Humboldt ihm in seinen Isothermen zugeschrieben hat. Ein ähnliches Resultat wie Atkinson hat Brewster gefunden, welcher die Polarprojectionen der thermischen Vertheilung betrachtete, und daher die Temperatur eines Ortes nach dem Abstand von den Kältepolen bestimmte, von welchen die Erde viere zu haben scheint. Die Temperaturformeln beider sind hauptsächlich auf Beobachtungen der nördlichen Erdhälfte gegründet; die für den Aequator aus diesen Formeln berechnete Temperatur ist also der aus der Gesamtbeobachtung der Beobachtungen aller Zonen der nördlichen Erdhälfte auf die Wärme der Linie gezogene Schluss. Hr. von Humboldt hat aber neuerdings gezeigt, und Brewster *) dieß durch neue Beobachtungen bestätigt,

*) *Journal of Science*, XV. p. 60.

dafs dieser Schluss nicht mit der Erfahrung übereinstimmt, dafs nämlich die Temperatur des Aequators niedriger ist, als sie jene Formeln geben. Diefs kann als ein indirecter Beweis angesehen werden, dafs der thermische Aequator auf die nördliche Erdhälfte fällt, und bei der Aequatorialprojection der thermischen Vertheilung könnte man die Temperatur eines Ortes nach seiner Entfernung von diesem bestimmen.

Aber der Gegensatz zwischen fest und flüssig auf der nördlichen und südlichen Erdhälfte ist nicht für alle Meridiane gleich. Da nun auf das Heraufziehen des thermischen Aequators das Festland in der Nähe desselben den entschiedensten Einfluss äufsert, so wird Südamerika eher hemmend wirken, entschieden hingegen Afrika, dessen gröfsere Breite unmittelbar nördlich über dem Aequator liegt. Der thermische Aequator wird also in Afrika höher liegen als in Amerika.

Ein breites Continent in der nördlichen Hälfte der heifsen Zone selbst, nahe dem Aequator, würde demnach die Gegend der Windstillen an eine höhere Breite fixiren, ohne die Verrückung derselben in den Jahreszeiten sehr zu befördern; in unserer Figur wird $abcd$ nördlicher fallen, ohne dafs der Unterschied zwischen $a'b'c'd'$ und $a''b''c''d''$ dadurch gröfser wird.

Liegt hingegen das Continent an der nördlichen Grenze der heifsen Zone, so wird von einer mittleren Lage $abcd$ der Gegend der Windstille gar nicht mehr die Rede seyn, der Unterschied von $a'b'c'd'$ und $a''b''c''d''$ in den Jahreszeiten hingegen sehr grofs seyn. Moussons entstehen nur, wenn dieser Unterschied sehr grofs ist, dafs $a'b'c'd'$ in der einen Hälfte des Jahres nördlich vom Beobachtungsorte, $a''b''c''d''$ in der andern Hälfte südlich liegt. Bezeichnet O den Ort, so erhalten wir folgendes Schema.

	$a' b'$	}	südlicher Mousson.
Sommer	$c' d'$		
	O		

Frühling	$a\ b$ O $c\ d$	} trennende Periode keiner vorherrschenden Richtung.
Herbst	O $a''\ b''$ $c''\ d''$	
	} nördlicher Mousson.	
Winter	$a\ b$ O $c\ d$	} trennende Periode keiner vorherrschenden Richtung.

Moussons sind also die Erscheinung des Passats an demselben Orte der Zeit nach nach einander geschehen, wie wir sie zu derselben Zeit an verschiedenen Orten neben einander sehen, wobei nur zu bemerken ist, daß SO. Winde, wenn sie von Süd her die Linie überschreiten, wegen der mit der Entfernung vom Aequator abnehmenden Rotationsgeschwindigkeit der Erde, durch S. in SW. übergehen, NO. Winde hingegen, wenn sie von der nördlichen Erdhälfte kommen, auf der südlichen durch N. in NW. umsetzen müssen.

In Indien finden wir nun diese Erscheinung vollständig, Bruchstücke derselben in der ganzen heißen Zone. Da aber schon an den Grenzen derselben die Aequatorialströme als SW. auf der nördlichen Erdhälfte, als NW. auf der südlichen herabkommen, so müssen wir, um die Totalität der Windverhältnisse der heißen Zone zu betrachten, die äußeren Grenzen der Passate mit berücksichtigen. Man erhält dann im jährlichen Mittel neben einander:

- 1) Die Gegend der Windstillen zwischen beiden Passaten mit den stärksten tropischen Regen, oder die Regenzone, gleichsam zwei Regenzeiten, die sich an einander anschließen. Die Windesrichtung scheint hier in manchen Gegenden O. zu seyn, als Componente des zusammentreffenden NO. und SO. Passat.
- 2) Die Passatzonen, das ganze Jahr hindurch Passat,
nur

nur schwächer und mehr östlich, wenn die Sonne höher steht, und dann mit Niederschlag.

- 3) Die subtropischen Zonen, wenn die Sonne am niedrigsten steht mit Winterregen bei herabkommen- den Westwinden, wenn sie am höchsten steht ohne Niederschlag im Passat.

Die erste Zone ist sehr schmal, und findet vielleicht in ihrer ungestörten Eigenthümlichkeit nirgends statt. Die zweite nördliche liegt im Atlantischen Ocean zwischen 15° und 24° N. Br. Die dritte zwischen 24° und 32° .

Aus dem Ineinandergreifen der Gegend der Windstillen und der Zone constanter Passate entstehen nun zwei Klassen von Winden.

- 1) *Intermittirende*, wenn ein Passat im Jahre mit der Zeit der Windstillen abwechselt, also eine constante Windesrichtung eine Zeit lang unterbrochen wird ohne entgegengesetzten Wind. Die Zeit des Intermittirens ist die Regenzeit, die Zeit der Wolken, wie sie die Indianer nennen im Gegensatz der Zeit der Sonnen, wo der Passat herrscht; durch Hrn. v. Humboldt näher beschrieben *Ann. de chim. et phys. T. VIII. p. 179.*

- 2) *Alternirende*, wenn beide Passate mit einander wechseln; das erste Beispiel derselben sind die *West - Moussons der Linie*, wie sie die Guinea- fahrer nennen. Durch die Lage von Ober-Guinea wird nämlich der Passat so heraufgezogen, daß vom Juni bis September regenbringende SW. und WSW. bis zu den Capverdischen Inseln heraufwe- hen. Die reine Darstellung der Erscheinung sind die indischen Moussons.

Bisher habe ich nur die Modificationen des Passats durch den Gegensatz von fest und flüssig in Nord und Süd betrachtet. Dieser Gegensatz in O. und West ge- legen, giebt nun die zahlreichen Seitenablenkungen des Passats, die sogenannten *Küstenwinde*. Diese sind häufig

innerhalb der täglichen Periode intermittirend. Der bei der von N. nach S. sich erstreckenden Küste vorbeiziehende Passat wird nämlich, wenn das Land am Tage wärmer wird, nach dem Lande hingezogen, ohne in der Nacht diese Ablenkung zu erfahren. Die Land- und Seewinde hingegen sind alternirend in der täglichen Periode. Eben so kann längere Zeit hindurch eine solche Seitenablenkung des Passats dauern, und dadurch eine Art Moussons entstehen. Sie unterscheiden sich von den eigentlichen Moussons dadurch, daß die abwechselnden Winde nicht entgegengesetzte Richtung haben, sondern einen mehr oder weniger stumpfen Winkel mit einander machen. Durch eine constante Seitenablenkung des Passats kann zwischen dem abgelenkten und dem ungestörten Passat eine windstille Gegend entstehen, welche alle Eigenschaften der Gegend der Windstillen hat. Das bekannteste Beispiel ist die *Regen-* oder *Donnersee* bei Guinea, welche auf den Karten von Halley, Dampier, Muschenbroek angegeben ist. Eine ähnliche Stelle scheint zwischen Mexico und dem Galapagos zu liegen. Hauptquelle über alle diese Erscheinungen ist Dampier *), der mit der ihm eigenen Klarheit in dem Gewirre von Thatsachen die allgemeinen Bedingungen herausgehoben hat.

Zur Vergleichung der für die Moussons abgeleiteten Bestimmungen mit der Erfahrung werde ich nun die vorzüglichsten Beobachtungen über die Indischen Moussons zusammenstellen.

Halley **) beschreibt sie p. 158.: Zwischen 10° und 30° S. Br., zwischen Madagascar und Neu-Holland, findet man den allgemeinen Passat SO. bei O. das ganze

*) *A discours of Winds, Breezes, Storms, Tides and Currents.*

**) *An historical Account of the Trade Winds and Monsoons, observable in the Seas between and near the Tropicks, with an attempt to assign the Physical cause of the said Winds. Phil. Trans. 1686, p. 158.*

Jahr hindurch. Diese SO. Winde nähern sich bis auf 2° dem Aequator vom Juni bis zum November, zu welcher Zeit zwischen 3° und 10° S. Br. in der Nähe des Meridians des Nordendes von Madagascar, und zwischen 2° und 12° S. Br., in der Nähe von Sumatra und Java, die entgegengesetzten NW. Winde einsetzen und die Hälfte des Jahres wehen, nämlich vom Anfang December bis Mai, und dieser Mousson wird bis zu den Moluckischen Inseln beobachtet, nicht weiter. Nördlicher als 3° S. Br. über der ganzen Arabischen und Indischen See und dem Golf von Bengalen weht vom October bis zum April ein anderer Mousson von NO., und in der andern Hälfte des Jahres, nämlich vom April bis October, von SW. und WSW. mit geringerer Kraft als der vorige, und mit trübem regnigen Wetter, da es während des NO. hingegen klar ist. Im Golf von Bengalen sind diese Winde weder in Kraft noch Richtung so beständig als auf der Indischen See. An der Afrikanischen Seite sind sie mehr südlich, an der Indischen mehr westlich. Ostwärts von Sumatra und Malacca, im Norden der Linie und längs der Küste von Camboja und China, sind die Moussons N. und S., d. h. die NO. Winde sind mehr nördlich, die SW. Winde mehr südlich. Diese Richtungen findet man bis östlich von den Philippinen, und so weit nördlich als Japan. Der nördliche Mousson setzt in dieser Gegend im October und November ein, der südliche, welcher den Sommer hindurch weht, im Mai; beide sind weniger beständig in Kraft und Richtung. Unter demselben Meridian, aber südlich von der Linie zwischen Neu-Guinea im Ost, und Sumatra und Java im West, sind dieselben Moussons NW. und SO. Die Zeit des Wechsels tritt bei ihnen einen Monat oder 6 Wochen später ein. In der Zeit des Uebergangs eines Moussons in den entgegengesetzten herrschen in einigen Gegenden Windstillen, in andern veränderliche Winde. Das Ende des westlichen Moussons an der Küste Coroman-

del, und die beiden letzten Monate des südlichen auf der See von China sind sehr stürmisch. Die Heftigkeit dieser Stürme ist so groß, daß sie von der Art der »West-India Huricanes« zu seyn scheinen.

Diese Stürme nennen die Seeleute das Ausbrechen des Mousson.

Eine nähere Beschreibung dieser Zwischenperiode giebt Capper *): »An der Küste von Coromandel, zwischen dem Aufhören des einen Moussons und dem Anfange des andern, sind die Winde veränderlich, theilnehmend an beiden. Oft sind Windstillen den ganzen September hindurch bis in den October hinein. Beginnt die Sonne von Süd her sich dem Zenith wieder zu nähern, so verliert der NO. Mousson seine Kraft, und dann wechseln täglich Land- und Seewinde, welches zu Anfang desselben nicht stattfindet **). Dabei scheint der Wind an der Küste regelmäfsig dem Laufe der Sonne zu folgen, indem er in 24 Stunden durch den ganzen Compass hindurchgeht. Die heftigen Stürme finden nicht bei dem Ausbruch des Moussons statt, sondern einige Zeit nach demselben.« Ausser bei Capper finden sich auch bei Horsburgh ***.) Beschreibungen ihrer furchtbaren Wirkung; auf der Chinesischen See heissen sie Ty-Foong's »grofse Winde.« Es sind locale Erscheinungen in der Nähe der Küsten, die, wie fast alle heftige Stürme tropischer Gegenden, gegen die herrschende Windesrichtung wehen, und daher, wo sie andringen, einen Wirbel erzeugen. Vom Juli bis zum September erscheinen sie gegen den

*) *Observations on the Winds and Monsoons. London 1801. p. 42.*

**) Dalrymple's allgemeiner Satz, *Phil. Trans. 1806, p. 255.*: Innerhalb der Tropen bewirkt der nach der Küste wehende Mousson regniges Wetter, wenn er vom Lande her weht Land- und Seewinde, scheint einer Einschränkung zu bedürfen.

***) *India Directory, II. p. 233.*

SW. Mousson, nahe der Küste ist die Drehung NW., N., NO., O., SO., S., 2° bis 3° von der Küste entfernt gerade entgegengesetzt N., NW., W., SW., S., während der Barometer fällt, dessen tägliche Veränderungen *) während der Regenzeit an den Küsten verdeckt werden, obgleich sie in einiger Entfernung auf der See ungestört fort dauern.

Der Unterschied zwischen den Moussons nördlich von der Linie und denen südlich von ihr besteht, nach Dampier **), darin, daß wenn der West-Mousson einsetzt nördlich von der Linie, SSW. Winde südlich von ihr anfangen, welche der SSW. Mousson heißen; und im September, wenn der Ost-Mousson nördlich von der Linie einsetzt, wehen in südlicher Breite NNO. Winde und heißen NNO. Mousson. Während der West-Mousson in nördlicher Breite von Regen und Tornados begleitet ist, ist schön Wetter beim SSW. Mousson, welcher zu derselben Zeit in südlicher Breite weht. Der Ost-Mousson nördlich hat schönes Wetter, während schlechtes Wetter und Tornados den NNO. im Süden begleiten. Stürme erwartet man an der Küste Coromandel im April und September (Dampier nennt sie Mousson, und unterscheidet die periodischen Moussons von ihnen durch die Vorsilbe Ost und West), welches die Monate sind, wo die Winde in die entgegengesetzte Richtung umsetzen. An der Malabar-Küste sind sie häufiger während der ganzen Zeit des West-Mousson. Der Ost-Mousson bricht aber mit einem furchtbaren Sturm aus, den die Portugiesen Elephanta nennen.

Nach Horsburgh ist die äußerste östliche Grenze der Erscheinung der Moussons 145° O. L. bei den Marianen-Inseln, October und Mai die Wendemonate für

*) *Phil. Trans.* 1805, p. 178.

**) *Discourse of Winds, ch. 3 of the coasting Trade-Winds that shift, ch. 4 of storms.*

SW. und NO. Mousson nördlich von der Linie, April und October für den NW. und SO. Mousson südlich von der Linie, die nördliche Grenze des letzteren 2° N. Br., die südliche 10° bis 12° S. Br. Das ganze Werk enthält eine reiche Sammlung einzelner Beobachtungen, mannigfache Einzelheiten auch Romme *).

Die Erscheinung der Moussons zieht sich zwischen Madagascar und der Ostküste von Afrika am weitesten südlich herab **). Der NO. Mousson beginnt bei den Comoro-Inseln 10° S. Br. im November, also später als an der Malabar-Küste, und erstreckt sich bis zum Cap Corientes, also bis zum Wendekreis des Steinbocks. Der SW. Mousson beginnt im April und dauert bis November, und zwar ist im Canal von Mosambique beim SW. Mousson klares Wetter, bei dem NO. regniges. Während des Uebergangs beider in einander im November wechseln täglich Land- und Seewinde. Küstenwinde scheinen diesen Mousson mannigfach zu modificiren.

Durch die Gesammtheit dieser Beobachtungen scheint mir erwiesen, dafs zwischen den SW. Winden an den äufseren Grenzen des NO. Passat im Atlantischen Ocean und denen im Indischen Ocean ein wesentlicher Unterschied stattfindet. Jene erscheinen im Winter, diese im Sommer, jene werden südlich durch NO. Winde begrenzt, diese durch SO. Nach der Halley'schen Theorie derselben, welcher Muschenbroek, Capper, Hube, Horsburgh gefolgt sind, sind diefs untere Luftströme, nicht von Oben herabkommende, wie Halley es von jenen vermuthete und Hr. v. Buch bewiesen hat. Aber eine Schwierigkeit bleibt bei dieser Theorie, welche auch Halley gefühlt hat, warum ist diese Erscheinung in dem Atlantischen Ocean so verschieden von dem in dem Indischen? Ausserdem aber, dafs Neu-Holland im Win-

*) *Tableau des vents et marées.*

**) Capper, p. 69.

ter herabziehend auf die Erscheinung wirkt, kann diese Schwierigkeit, glaube ich, durch die schöne Bemerkung des Hrn. v. Buch beseitigt werden, daß die meteorologischen Veränderungen das Himalaya-Gebirge gar nicht übersteigen *), daß jenseits dieses Gebirges ein ganz neues meteorologisches System anfangt. Nach den früher entwickelten Gründen glaube ich nämlich, muß man nicht fragen, warum im Atlantischen Ocean und im stillen Meere die Veränderungen nicht so bedeutend sind, wie im Indischen, sondern warum sie hier nicht so unbedeutend sind, wie dort. Hemmt nun das Hochland Asiens den Zufluß der nördlichen Luftströme, so tritt dem von unten heraufdrängenden Passat kein anderer Luftstrom entgegen, als die Luftmasse zwischen der Gegend der Windstillen und jenen hohen Gebirgen. Die bei südlicher Declination der Sonne nach dem Aequator von Norden strömende Luft bildet einen senkrechten Kreislauf. Bei dem Heraufrücken der Sonne wird die in ihm sich bewegende Luftmasse immer mehr vermindert, endlich vermag sie dem SO. nicht zu widerstehen, und der Kreislauf beginnt gerade in der entgegengesetzten Richtung. Ich glaube daher, daß die nördlichen Moussons herabkommen. Capper sagt, p. 173.: es ist eine allgemeine Annahme, daß der NO. Mousson in jedem Theile von Indien in der Nähe der Gebirge anfängt. Aber wenn es von oben herabkommende Luftströme wären, so sollte man meinen, daß sie bei ihrem Anfange heiß seyn müß-

*) Während, wie die Beobachtungen von Madras (vollständiger als die von Heyne findet man in Capper, p. 173.), verglichen mit denen von Seringapatam und Bungalore, und den vom Plateau Khatmandu, eine rasche Abnahme der periodischen Veränderungen des Barometers mit der Höhe zeigen, findet in der gemäßigten Zone gerade das Umgekehrte statt, nämlich eine periodische Veränderung mit steigender Wärme, entschiedener in der Höhe als in der Ebene, wie die 10jährigen Mittel der Bernhardtbeobachtungen zeigen.

ten. »Woher kommt es, fragt Heyne *), dafs die Landwinde so heifs sind? die Antwort, weil sie über eine weite Landstrecke wehen, kann nicht genügen, denn keine Zaara ist es, sondern ein gebirgiges, bebautes Land. Oftmals hat man beobachtet, dafs an der Mündung der Thäler sie heifser sind, als irgend wo anders.«

Sollte in dem Herabkommen der nördlichen Moussons nicht ein neuer Erklärungsgrund für die merkwürdige Erscheinung liegen, dafs diese auf der Nordseite der Gebirge mit den heftigsten Niederschlägen begleitet sind, sollte dadurch nicht das Herabziehen der Schneegrenze auf der Südseite des Himalaya noch näher motivirt werden.

Anmerkung. Dafs der Uebergang der Moussons in einander durch eine Drehung geschehe, scheint nach der Analogie mit den täglichen Land- und Seewinden zu folgen; ich fand es für Calcutta, bei den Passaten findet es theilweise statt. Wenn ein SW. Wind einen NW. verdrängt, so wird diese Drehung S., O., N. seyn. In Europa siegt, wenn SW. und NW. lange mit einander kämpfen (eine Erscheinung, die ich zurückspringende Wirbel nannte, die vents par rafales der Franzosen), endlich, wie ich bewiesen habe, immer der NW., und wird, nachdem er den SW. zur Seite gedrängt hat, NO. Die Drehung ist also dort die Umgekehrte. Durch die Beobachtungen in Calcutta (dies. Ann. Bd. XIII. S. 589.) wollte ich zeigen, dafs, weil ich im Mittel einen südlichen Strom fand, diese mit einem NW. Strom zusammentreffen müsse, eben weil die Drehung S., W., N. sich zeigte, denn ich hielt es für nothwendig, dafs, wenn man annimmt, dafs an der Grenze des NO. Passat SW. herabkomme, diefs nicht überall stattfinden könne, weil doch die nach dem Aequator strömende Luft einen Zuflufs haben mufs. Einander durchsetzende Winde kann es nicht geben, denn,

*) *Statistical Fragments on the Carnatic.*

wenn auch tönende Schwingungen einander ungestört durchkreuzen, so gilt dieß doch keinesweges von bewegten Luftmassen. Die Drehung sollte also ein Beweis seyn, daß zwischen den SW. Winden an den ostasiatischen Küsten und den SW. Winden, welche im Mittel über dem Atlantischen Ocean und Westeuropa herrschen, auch im Mittel ein nördlicher Strom herrschen müsse, als dessen südliches Vorkommen ich den NW. oder N. ansah, welcher durch den SW. Mousson im Sommer zur Seite gedrängt wurde. Jene Stelle ist nun (dies. Annal. Bd. XIV. S. 551.) so verstanden worden, als wenn ich die 1 bis 20 Tage dauernden Drehungen in Europa in unmittelbare Verbindung brächte mit der 1 Jahr dauernden Veränderung der Moussons. Die Stelle selbst kann aber nicht so verstanden werden. Sie ist: »Bei den Seemoussons zeigt sich die der europäischen entgegengesetzte Drehung entschieden. Außerdem ist hier im Mittel ein entschieden südlicher Strom. Eben so werden unter den Tropen zwischen Amerika und Afrika die einander ablösenden Passate eine ganze Drehung oder zwei halbe erzeugen müssen. Aus den Beobachtungen von Bous-singault muß sich dieß bestimmen lassen, denn einjährige Beobachtungen in Bogota zeigen im Gange der barometrischen Mittel deutlich eine periodische Veränderung.«